

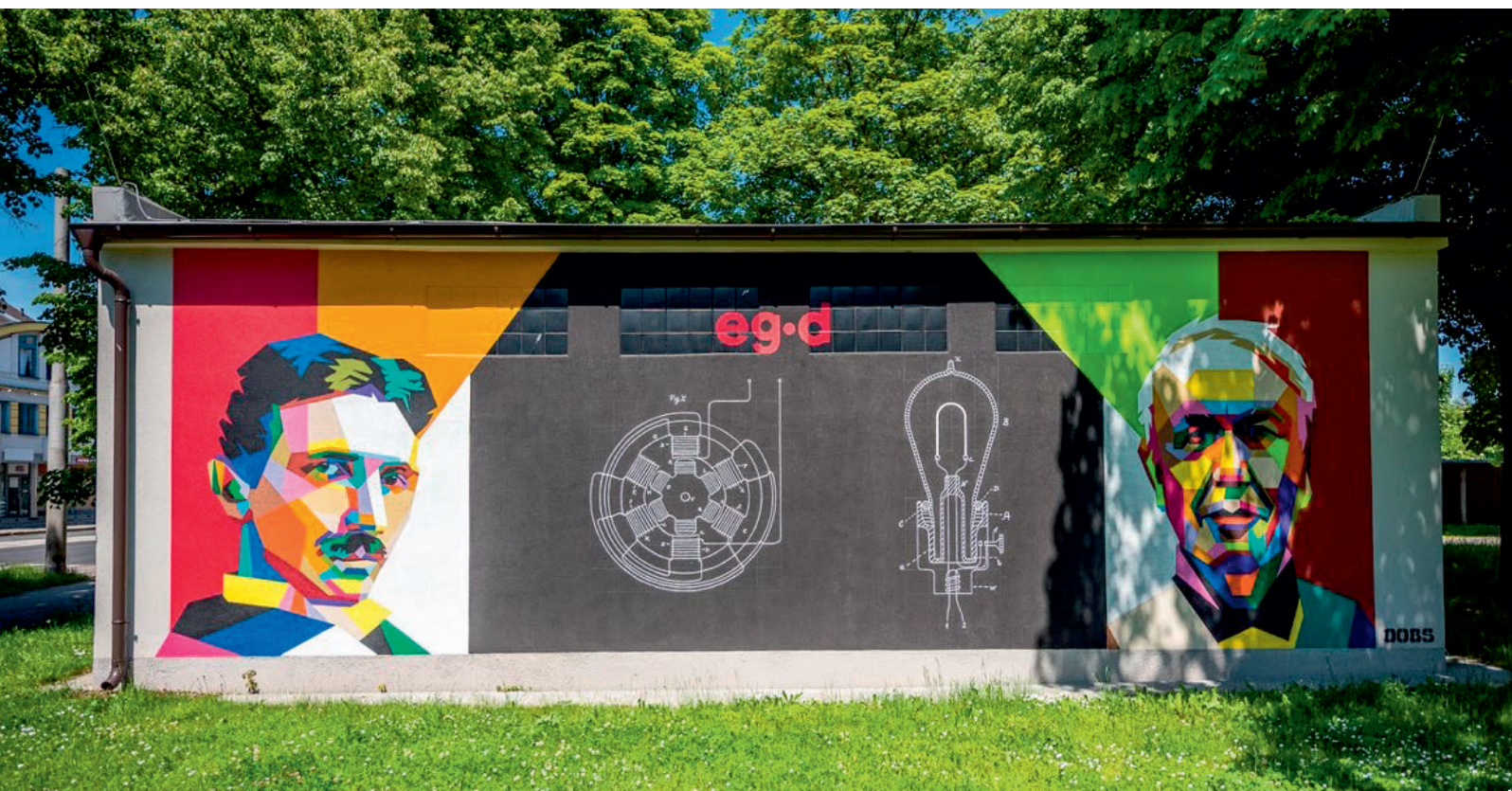
eg·d

ČLEN SKUPINY E.ON

Příručka nejen pro provozního pracovníka

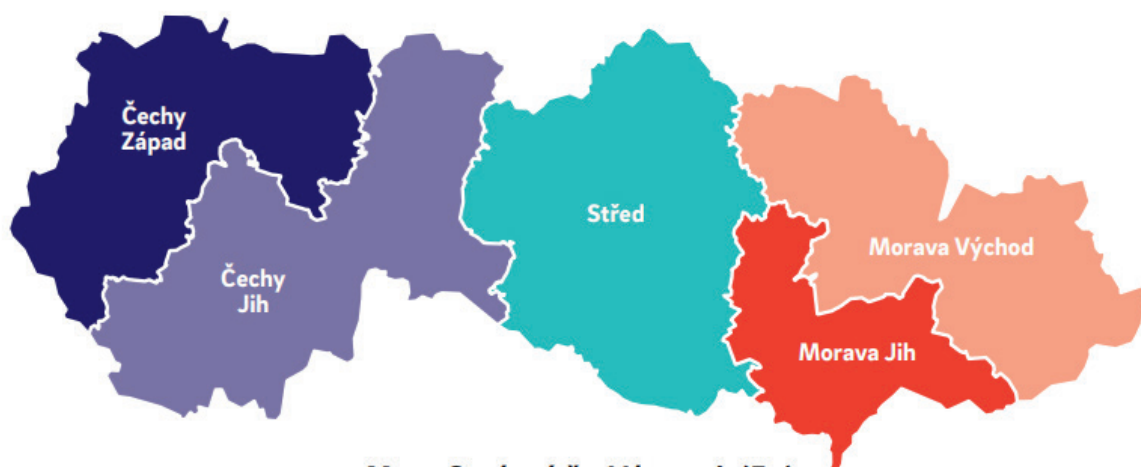
3. vydání / 2024

VYPRACOVAL: kolektiv autorů EG.D a SŠEE Sokolnice





Mapa Provozů sítě (11x)



Mapa Správ sítě a Výstaveb (5x)

Příručka provozního pracovníka EG.D

3. vydání, Brno 2024

Tato Příručka je duševním vlastnictvím společnosti EG.D, a.s. Podle příslušného autorského zákona je zakázáno tento materiál šířit v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu členů redakční rady Příručky.

Vydání neprošlo jazykovou úpravou.

Předmluva	10
Seznam zkratk	11
Úvod	12
1 Názvosloví, základní jednotky, vzorce a pojmy	13
1.1 Elektrické zařízení a jeho části	13
1.1.1 Živá část elektrického zařízení	13
1.1.2 Neživá část elektrického zařízení	14
1.1.3 Části současně přístupné dotyku	14
1.1.4 Související základní pojmy	15
1.2 Základní jednotky, vzorce, jmenovité hodnoty	18
1.2.1 Základní jednotky soustavy SI	18
1.2.2 Základní vzorce	20
1.3 Značení vodičů, svorek, značky v elektrotechnických schématech	26
1.3.1 Značení elektrických zařízení	28
1.4 Základní pojmy (DS, PS, přípojka, HDV, odběrné místo)	29
1.4.1 Elektrizační soustava	29
2 Elektrické sítě, distribuční a přenosová soustava	34
2.1 Rozdělení sítí dle napětí, druhu, způsobu uzemnění zdroje a spotřebičů	36
2.1.1 Rozdělení sítí dle velikosti napětí	36
2.1.2 Rozdělení sítí dle druhu napětí	36
2.1.3 Rozdělení sítí dle provedení a způsobu uzemnění zdroje a spotřebičů	36
2.2 Odběrné zařízení, přípojka, DS, PS	41
2.2.1 Odběrné zařízení	41
2.2.2 Elektrická přípojka	41
2.2.3 Distribuční a přenosová síť	44
2.3 Sítě NN — druhy sítí, způsob provozu	47
2.3.1 Způsob provozu jednotlivých úseků vedení NN	47
2.3.2 Druhy vedení NN	47
2.4 Sítě VN — druhy sítí, stanice VN/VN, VN/NN, způsob provozu	53

2.4.1	Druhy vedení	53
2.4.2	Elektrické stanice VN/VN a VN/NN	58
2.5	Sítě 110 kV – druhy sítí, stanice VVN/VN, způsob provozu	61
2.5.1	Nadzemní vedení AlFe	61
2.5.2	Kabelová vedení VVN	64
2.5.3	Elektrické stanice VVN/VN	64
2.6	Sítě 220 a 400 kV – přenosová soustava ČR, základní informace	68
2.7	Transformátory VVN/VN, VN/NN, uzlové odporníky, kompenzační tlumivky	70
2.7.1	Transformátory	70
2.7.2	Uzlové odporníky	75
2.7.3	Kompenzační tlumivky	76
2.8	Zdroje elektrické energie – dynamo, alternátor, FV panel, akumulátor	77
2.8.1	Dynamo	77
2.8.2	Alternátor	77
2.8.3	FV Panel	78
2.8.4	Akumulace elektřiny	79
2.9	Uzemnění elektrických zařízení v distribučních sítích a objektech	82
2.9.1	Součásti uzemňovací soustavy	82
2.10	Ochrana proti přepětí v sítích NN, VN, VVN	85
2.10.1	Ochrana proti přepětí v síti NN	85
2.10.2	Ochrana proti přepětí v síti VN	87
2.10.3	Ochrana proti přepětí v síti VVN	89
2.11	Ochrana před bleskem, metody výpočtu, uzemnění	90
2.11.1	Ochrana před bleskem	90
2.11.2	Řízení rizika	90
2.11.3	Orientační zařazení objektů podle třídy ochrany před bleskem LPS	90
2.11.4	Vnější ochrana před bleskem	91
2.11.5	Soustava svodů	93
2.11.6	Uzemňovací soustava	93
2.11.7	Vnitřní ochrana před bleskem	93

2.11.8	Jak se mohu chránit před bleskem venku	95
2.12	Ochranná pásma elektrických vedení a stanic	97
2.12.1	Ochranná pásma nadzemních vedení	97
2.12.2	Ochranná pásma podzemních kabelových vedení	98
2.12.3	Ochranná pásma elektrických stanic	98
2.12.4	Ochranná pásma výroben elektřiny	98
2.12.5	Zakázané činnosti v ochranném pásmu	98
2.13	Prostorové uspořádání prvků sítí NN, VN, VVN, výšky vodičů nad terénem.....	99
2.13.1	Prostorové uspořádání prvků sítí NN	99
2.13.2	Prostorové uspořádání prvků sítí VN	102
2.13.3	Prostorové uspořádání prvků sítí VVN (110 kV)	105
3	Řízení, provoz a údržba distribuční soustavy.....	108
3.1	Dispečerské řízení elektrizační soustavy ČR a DS.....	108
3.1.1	Struktura dispečerského řízení elektrizační soustavy ČR	108
3.1.2	Dispečerské řízení sítí 110 kV a 22 kV a nízkého napětí v EG.D	109
3.2	Dispečerské řídicí systémy	117
3.2.1	Centrální dispečerské systémy	117
3.2.2	Řídicí systémy rozvoden VVN/VN.....	122
3.2.3	Řídicí systémy v distribuční síti VN (DOUS, Reclosery, OZE, DTS)	124
3.2.4	Řídicí systémy v distribuční síti VN/NN (Smart Grids)	125
3.3	Ochrany, automatiky, HDO a vlastní spotřeba rozvoden	127
3.3.1	Ochrany	127
3.3.2	Automatiky	131
3.3.3	Systém HDO v EG.D	134
3.3.4	Vlastní spotřeba	137
3.4	Komunikační infrastruktura.....	140
3.5	Přenosy informací optickými vlákny	142
3.5.1	Struktura skleněného optického vlákna a jevy na rozhraní dvou prostředí ..	142
3.5.2	Základní rozlišovací kritéria světla a jeho typy	143
3.5.3	Konstrukce optických kabelů.....	143

3.5.4	Instalace optických kabelů.....	145
3.5.5	Spojování optických vláken	146
3.5.6	Přejímka po montáži, údržba a měření parametrů optických vedení	146
3.6	Fyzická a kybernetická bezpečnost	148
3.6.1	Fyzická bezpečnost.....	148
3.6.2	Krizové řízení a řízení kontinuity činností.....	150
3.6.3	Informační a kybernetická bezpečnost	151
3.7	Provoz sítě 22 kV, vymezení poruch	154
3.7.1	Zhášená síť	154
3.7.2	Odporová síť.....	156
3.8	Měření poruch, diagnostika zařízení DS	157
3.8.1	Analýza, lokalizace a dohledání poruch na kabelových vedeních	157
3.8.2	Diagnostika a zkoušky kabelových vedení.....	158
3.8.3	Identifikace kabelů ze svazku	160
3.8.4	Probití kabelů pro následnou montáž kabelových souborů.....	160
3.8.5	Fázování vedení VN před sepnutím do kruhu.....	161
3.8.6	Označení sledu fází na provozovaném zařízení	161
3.8.7	Trasování kabelových sítí	162
3.8.8	Zkoušky zkratovacích souprav	162
3.8.9	Periodické přezkušování OOPP a pracovních plošin pro PPN VN.....	162
3.9	Práce pod napětím.....	163
3.9.1	Základní členění prací pod napětím.....	163
3.9.2	Výhody PPN	165
3.9.3	Hlavní rizika a jejich eliminace při PPN	167
3.10	Měření distribuované elektrické energie.....	169
3.10.1	Důležitá související legislativa	169
3.10.2	Periodické přezkoušení měřidla (cejch)	171
3.10.3	Typy měření dle vyhlášky o měření č. 82/2011 Sb.....	172
3.10.4	Provedení měřicí soupravy podle typu a způsobu měření a Připojovací podmínky.....	172

3.10.5	Smart Metering	177
3.10.6	Procesy spojené s měřením, elektroměrovou činností a jejich návaznosti na další činnosti distributora	179
3.11	Dokumentace zařízení DS	186
3.12	Řád preventivní údržby	189
3.12.1	Jak je pravidelná údržba organizována	190
3.13	Revize — zásady, obsah RZ, měřicí přístroje	195
3.13.1	Druhy revizí	195
3.13.2	Obsah RZ a používané měřicí přístroje	195
3.13.3	Revize a kontroly elektrických spotřebičů	196
3.14	Kvalita dodávky elektřiny	199
3.14.1	Související nejdůležitější legislativa	199
3.14.2	Průběh měření kvality elektrické energie	200
3.14.3	Průběh měření zatížení v DS — MEG 37	201
3.14.4	Poruchy, kumulace poruch, SAIDI a SAIFI	201
3.14.5	Identifikace špatných proudových spojů v sítích NN	202
3.14.6	Nastavování napětí v DTS	202
3.14.7	Spotřebiče ovlivňující kvalitu elektrické energie	203
3.14.8	Měření impedance smyčky a kontrola jištění v DS NN	203
4	Ochrana před úrazem elektrickým proudem	205
4.1	Působení elektrického proudu na lidský organismus	205
4.1.1	Úrazovost způsobená elektrickým proudem	206
4.2	Prostředí, krytí el. předmětů	208
4.2.1	Značení vnějších vlivů	208
4.2.2	Rozdělení prostorů	210
4.2.3	Krytí elektrických předmětů	211
4.2.4	Max. dotyková napětí v závislosti na druhu prostoru	213
4.3	Elektrické instalace NN, zapojení spotřebičů	214
4.3.1	Složení klasické elektrické instalace	214
4.3.2	Stupně elektrizace bytů	215

4.3.3	Třídy ochrany elektrických zařízení	215
4.3.4	Instalační zóny pod omítkou	218
4.3.5	Elektroinstalace v koupelnách	218
4.4	Základní předpisy pro ochranu před úrazem elektrickým proudem	221
4.4.1	ČSN EN 61140	221
4.4.2	ČSN 33 2000-4-41	221
4.4.3	PNE 33 0000-1	221
4.4.4	PNE 33 3201.....	222
4.5	Rozdělení prostředků ochrany před úrazem elektrickým proudem	224
4.6	Popis jednotlivých prostředků ochrany před úrazem el. proudem	225
4.6.1	Prostředky ochrany základní	225
4.6.2	Prostředky ochrany při poruše	229
4.6.3	Prostředky zvýšené ochrany (základní i při poruše)	244
4.6.4	Prostředky doplňkové ochrany	245
4.6.5	Ochranná opatření.....	245
4.7	Ochrana před úrazem elektrickým proudem v sítích VN a VVN	248
4.7.1	Dovolené dotykové napětí pro omezené trvání průtoku proudu u EZ nad AC 1 000 V	248
4.7.2	Rozdělení ochran.....	248
5	Poskytování první pomoci.....	252
5.1	Cíle, možnosti a prostředky	252
5.1.1	Cíl první pomoci	252
5.1.2	Přivolání odborné pomoci	252
5.2	Vyhodnocení situace	255
5.2.1	Stavy ohrožující život.....	255
5.2.2	Následky úrazu elektrickým proudem.....	256
5.3	Postup záchranných prací.....	256
5.3.1	Vyproštění.....	257
5.3.2	Zjištění stavu zraněného	257
5.3.3	Zahájení poskytování první pomoci.....	257

5.3.4	KPR — Kardiopulmonální resuscitace	259
5.3.5	Popáleniny	260
6	Autoři a citace	264
6.1	Složení redakční rady Příručky provozního pracovníka EG.D	264
6.1.1	Autoři odborných článků.....	264
6.2	Citace odborných příspěvků	264

PŘEDMLUVA

Vážené kolegyně, vážení kolegové, i Vy všichni ostatní, které elektroenergetika zajímá, vítejte na úvodních stránkách již třetího vydání naší Příručky. První vydání, ještě s logem E.ON, vyšlo v roce 2020 a v Předmluvě jsme uváděli, že „Účelem Příručky je poskytnout provozním pracovníkům společnosti E.ON Distribuce ucelený přehled o výstavbě, provozu a údržbě elektrického zařízení distribuční soustavy, ...“. První vydání vyšlo jen v tištěné podobě a připravených 100 kusů bylo v několika dnech rozebráno.

Zájem byl obrovský a tak druhé vydání vyšlo ihned v následujícím roce, již v barvách a s logem společnosti EG.D, počet výtisků byl 2000 kusů a bylo k dispozici i v elektronické podobě na Intranetu. Zmíněný zájem o Příručku nebyl jen ze strany provozních pracovníků naší společnosti, kromě kolegů z dalších útvarů EG.D se přidali i zájemci ze společností ECE a ECZR. To nás velmi těší, je to nakonec i v souladu se slůvkem „nejen pro“, která jsme vložili do názvu Příručky. Ostatně například informace o možných úrazech elektrickým proudem či o poskytování první pomoci se mohou hodit každému, a to nejen na pracovišti, ale i doma či na zahradě.

Náš původní pohled na účel Příručky se tak trochu změnil i díky velkému zájmu o její získání ze strany našich zhotovitelů a našich partnerských škol. I to je velmi důležité – zaměstnanci zhotovitelů pracují na naší síti, partnerské školy připravují studenty pro práci v naší společnosti.

Přípravu třetího vydání jsme avizovali v Distribučních listech s prosbou o Vaše připomínky, upozornění na možné chyby, případně o náměty, jak dále. Byli jsme příjemně překvapeni, jak důkladně někteří z Vás Příručku studovali a děkujeme nejen za připomínky k profesní správnosti textu, ale i za jeho jazykovou korekturu. Autoři jednotlivých kapitol pak posoudili, co se v dané oblasti změnilo, upravili texty, případně vyměnili či doplnili obrázky. Ohmův zákon, ani Kirchhoffovy zákony se (naštěstí) nezměnily, ale například v oblasti dispečerských řídicích systémů, fyzické a kybernetické bezpečnosti a zejména v oblasti ochrany před úrazem elektrickým proudem bylo změn hodně a texty byly náležitě upraveny a doplněny. Nově byla do Příručky zapracována problematika přenosu informací optickými sítěmi.

Vydání Příručky v tištěné podobě představuje nemalé náklady a nelze je průběžně aktualizovat. Třetí vydání bude tedy opět k dispozici i v elektronické formě s tím, že důležité změny zapracujeme operativně a Příručka tak bude alespoň v této podobě stále aktuální. Jména členů redakční rady a jména autorů jednotlivých článků jsou uvedena v kapitole 6. Všem autorům děkujeme a velký dík náleží také vedení SŠEE Sokolnice, jehož vstřícnost a podpora vydání Příručky umožnily.

Přejeme Vám hezké čtení a pokud Vám v Příručce něco chybí, nebo pokud v ní naleznete nějakou nesrovnalost, nebo máte nápad, jak ji vylepšit, prosím, kontaktujte nás na adrese prirucka@egd.cz.

Redakční rada Příručky

1. vydání 2020 2. vydání 2021 3. vydání 2024 4. vydání 2026?

Brno, leden 2024



SEZNAM ZKRATEK

AC	— Střídavá soustava (Alternating Current)
AFDD	— Oblouková ochrana (Arc Fault Detection Device)
ČSN	— Česká technická norma
DC	— Stejnosměrná soustava (Direct Current)
DS	— Distribuční soustava
ERÚ	— Energetický regulační úřad
ES	— Elektrizace soustava
EVA	— Ethylen-vinylacetát
EZ	— Elektrické zařízení
FVE	— Fotovoltaická elektrárna
HDO	— Hromadné dálkové ovládání
HDV	— Hlavní domovní vedení
HDS	— Hlavní domovní skříň
JE	— Jaderné elektrárna
JIV	— Jednoduché izolované vedení
KVET	— Kombinovaná výroba elektrické energie a tepla
LDS	— Lokální distribuční soustava
NN	— Nízké napětí
OM	— Odběrné místo
OTE	— Operátor trhu s elektřinou
OZE	— Obnovitelné zdroje energie
PD	— Projektová dokumentace
PDS	— Provozovatel distribuční soustavy
PNE	— Podniková norma energetiky
PPN	— Práce pod napětím
PS	— Přenosová soustava
RCD	— Proudový chránič (Residual Current Device)
TIČR	— Technická inspekce ČR
TPM	— Technické prostředky měření
TR, TS	— Trafostanice
TNS	— Technická norma společnosti
VE	— Větrná elektrárna
VO	— Veřejné osvětlení
VN	— Vysoké napětí
VVN	— Velmi vysoké napětí
ZVN	— Zvláště vysoké napětí

V současné moderní době je vysoká míra využívání elektřiny nedílnou součástí chodu každého hospodářsky rozvinutého státu a života každého z nás. Schopnost samostatně vyrobit, transformovat, přenést a distribuovat elektrickou energii lze považovat za měřítko samostatnosti a vyspělosti daného státu. Tato skutečnost je potom důležitá pro jednu ze základních hodnot trvale udržitelného rozvoje, tzn. zajištění potřeb společnosti po technické stránce.

Samotná elektrická energie je z hlediska obchodování považována za komoditu, stejně jako např. plyn. Přesto, že velká část elektrické energie je přeměněna v místě spotřeby zpět na mechanickou práci (např. v elektromotoru), je z hlediska přenosu na velkou vzdálenost velmi užitečná, protože jsou zde, na rozdíl od přenosu mechanické práce, mnohem menší ztráty. Pro zajištění stability elektrizační soustavy je nutno neustále udržovat výrobu a spotřebu elektrické energie v rovnováze. Z tohoto důvodu je nutné mít vybudovanou potřebnou infrastrukturu zdrojů, vedení, rozvoden, transformačních stanic a spotřebičů elektrické energie, a také systém řídicích pracovišť – energetických dispečinků.

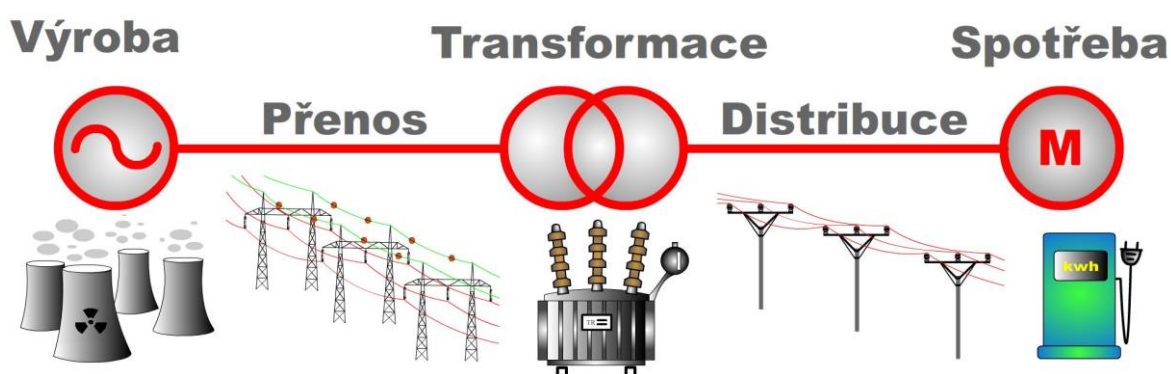
Pro usnadnění orientace v jednotlivých elektrických schématech, výpočtech a normách je první kapitola této Příručky věnována základním pojmům, značkám a vztahům mezi elektrickými veličinami. Další kapitoly již vysvětlují problematiku elektrických sítí, transformátorů, točivých elektrických strojů, energetické legislativy apod.

1 NÁZVOSLOVÍ, ZÁKLADNÍ JEDNOTKY, VZORCE A POJMY

V elektrotechnice a technických normách, popř. zákonech s ní souvisejících, se používají **specifická názvosloví**, která jsou přiřazená k jednotlivým **elektrickým zařízením**, dále jen **EZ**. Pro **správné pochopení elektrotechnických norem a zákonů** je nutné se nejdříve s tímto elektrotechnickým názvoslovím a pojmy seznámit. Mezi nejpoužívanější elektrotechnické pojmy a názvosloví patří:

1.1 ELEKTRICKÉ ZAŘÍZENÍ A JEHO ČÁSTI

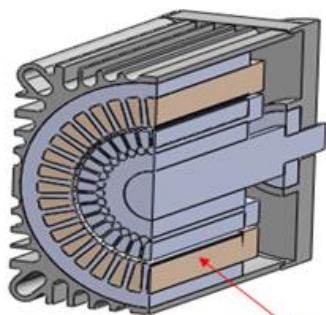
Je zařízení, které **ke své činnosti** nebo působení využívá **účinků elektrických** nebo **elektromagnetických jevů**. Toto zařízení může sloužit k **výrobě, přenosu, přeměně a spotřebě** elektrické energie. Technicky lze EZ provést jako **stabilní** i **mobilní**.



Obrázek 1:1 Elektrické zařízení

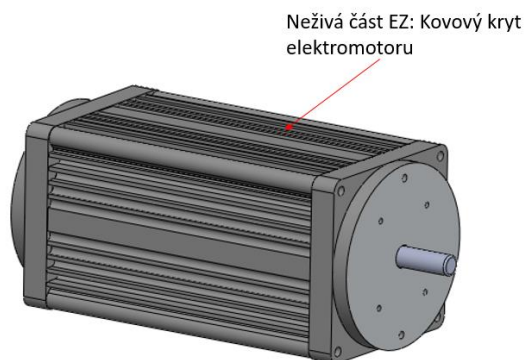
1.1.1 ŽIVÁ ČÁST ELEKTRICKÉHO ZAŘÍZENÍ

Je ta část, která je za normálního provozu EZ **určena k vedení elektrického proudu**. Mezi živou část lze zařadit např. holý vodič elektrického vedení, vinutí elektrických strojů nebo vodivé kontakty.



Živá část EZ: Vinutí elektromotoru

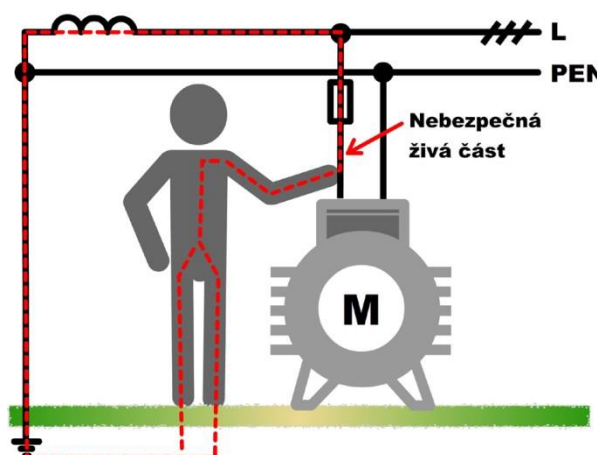
Obrázek 1:2 Živá část EZ: Vinutí elektromotoru



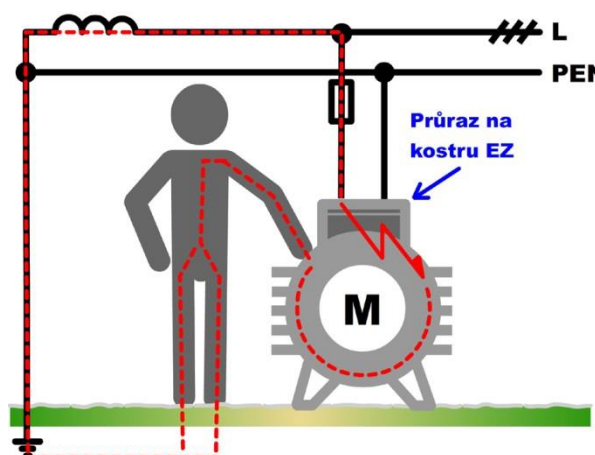
Obrázek 1:3 Neživá část EZ

1.1.1.1 PŘÍMÝ DOTYK S NEBEZPEČNOU ŽIVOU ČÁSTÍ ELEKTRICKÉHO ZAŘÍZENÍ

Je dotyk s nebezpečnou živou částí, jako je např. dotyk s vodičem nebo vodivým kontaktem.



Obrázek 1:4 Jednopolový přímý dotyk s nebezpečnou živou částí



Obrázek 1:5 Nepřímý dotyk s neživou částí, která se stala nebezpečnou

1.1.2 NEŽIVÁ ČÁST ELEKTRICKÉHO ZAŘÍZENÍ

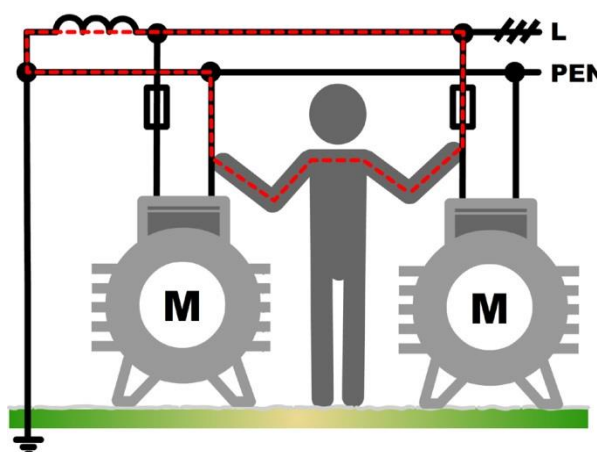
Je část EZ, která není za normálního provozu určena k vedení elektrického proudu a není pod napětím. Jedná se např. o ocelové kryty rozváděčů, motorů atd.

1.1.2.1 NEPŘÍMÝ DOTYK S ČÁSTÍ ELEKTRICKÉHO ZAŘÍZENÍ

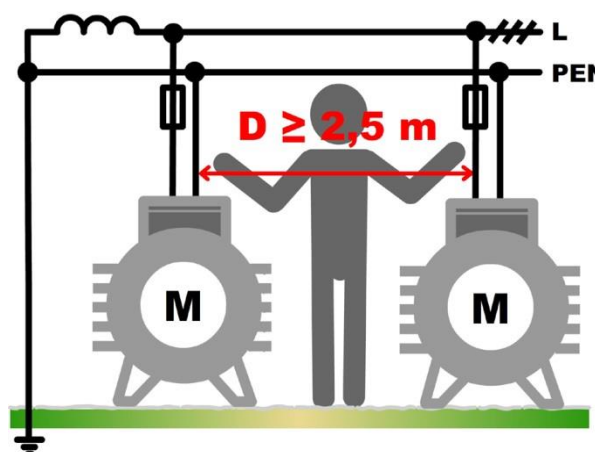
Je dotyk s neživou částí, která se stala nebezpečnou (dostala se pod napětí) v důsledku poruch tzn. v důsledku spojení živé části s neživou.

1.1.3 ČÁSTI SOUČASNĚ PŘÍSTUPNÉ DOTYKU

Jsou **vodivé části**, které jsou od sebe **vzdáleny méně jak 2,5m**.



Obrázek 1:6 Dvoupólový přímý dotyk s nebezpečnou živou částí



Obrázek 1:7 Vodivé části současně nepřístupné dotyku

1.1.4 SOUVISEJÍCÍ ZÁKLADNÍ POJMY

1.1.4.1 DOTYKOVÉ NAPĚTÍ

Je napětí mezi vodivými částmi, kterých se osoba nebo zvíře dotýká současně.

1.1.4.2 ZKRAT

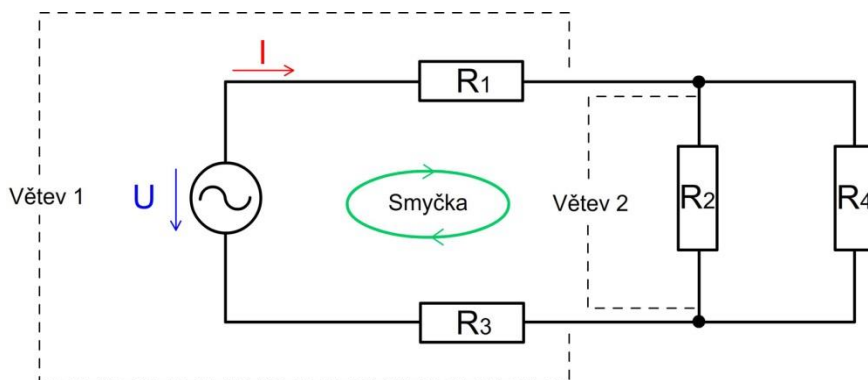
Náhodné nebo úmyslné **vodivé spojení mezi dvěma nebo více vodivými částmi**, které způsobuje, že rozdíly elektrických potenciálů mezi těmito vodivými částmi se rovnají nebo se blíží nule.

1.1.4.3 ZEMNÍ ZKRAT

Zkrat **mezi vodičem vedení a zemí** v síti s účinně uzemněným středem nebo uzlem uzemněným přes impedanci.

1.1.4.4 ELEKTRICKÝ OBVOD

Jedná se o **uspořádání zařízení** nebo **prostředí**, kterým může protékat elektrický proud. Dle druhu proudu a napětí rozlišujeme **stejnoseměrný** elektrický obvod a **střídavý** elektrický obvod.



Obrázek 1:8 Elektrický obvod

1.1.4.5 UZEL A VĚTEV V ELEKTRICKÉM OBVODU

- **Uzel:** jedná se o místo, ve kterém se stýkají dva a více vodičů.
- **Větev:** jedná se o dráhu mezi dvěma uzly tvořenou jedním prvkem nebo několika prvky spojenými za sebou.

za sebou = sériově

vedle sebe = paralelně

1.1.4.6 SMYČKA V ELEKTRICKÉM OBVODU

Je uzavřená dráha v části elektrického obvodu složená z větví. Na obr. je vidět smyčka, která představuje uzavřenou dráhu složenou z větví 1 a 2, viz Obrázek 1:8.

1.1.4.7 ELEKTRICKÝ PŘEDMĚT

Jedná se o **konstrukční část**, **sestavu**, nebo **celek**, které se připojují do elektrického obvodu.

1.1.4.8 ELEKTRICKÁ INSTALACE

Jedná se o sestavu navzájem spojených elektrických předmětů a částí zařízení v daném prostoru nebo místě.

1.1.4.9 ELEKTRICKÝ SPOTŘEBIČ

Jedná se o EZ určené k **přeměně elektrické energie** v **jinou formu energie**, jako např.

- **světlo** – žárovky, výbojky,
- **teplo** – topné spirály,
- **mechanická energie** – elektromotor, ventilátor.



Obrázek 1:9 Žárovka



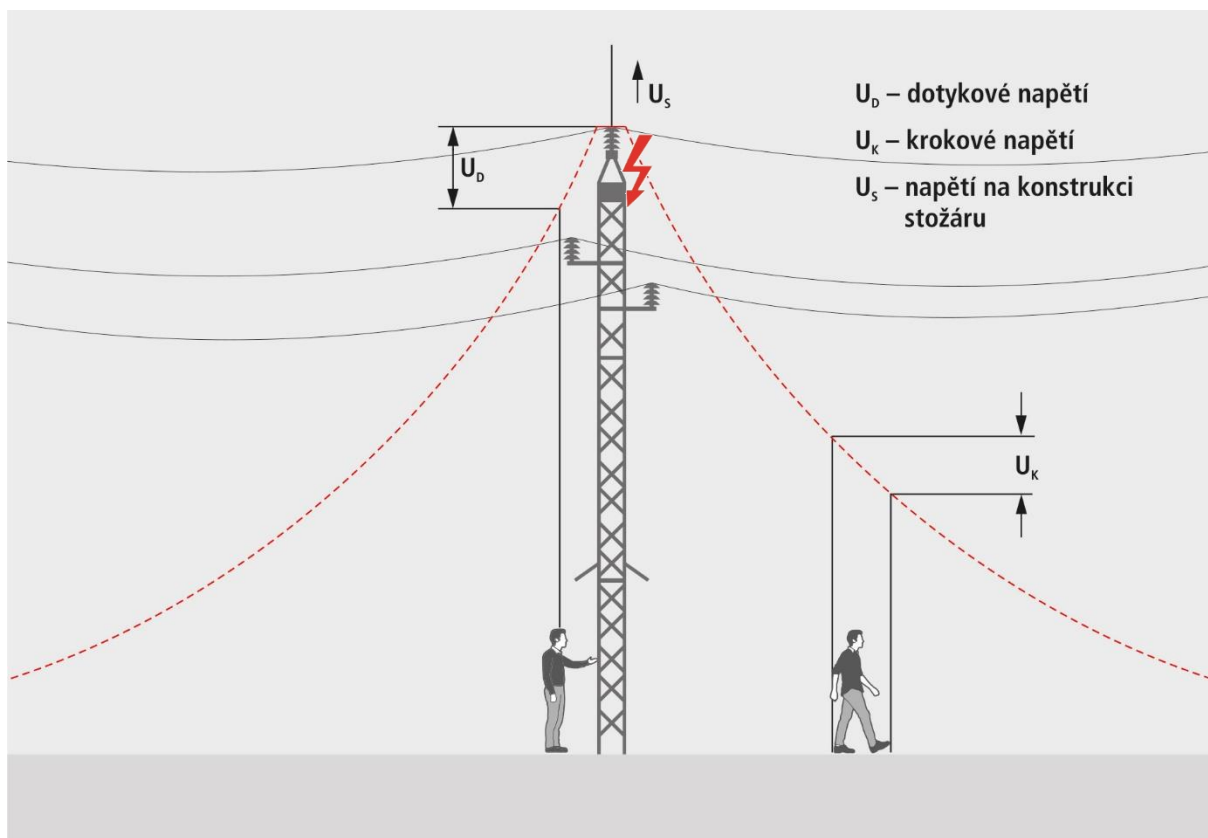
Obrázek 1:10 Topné spirály



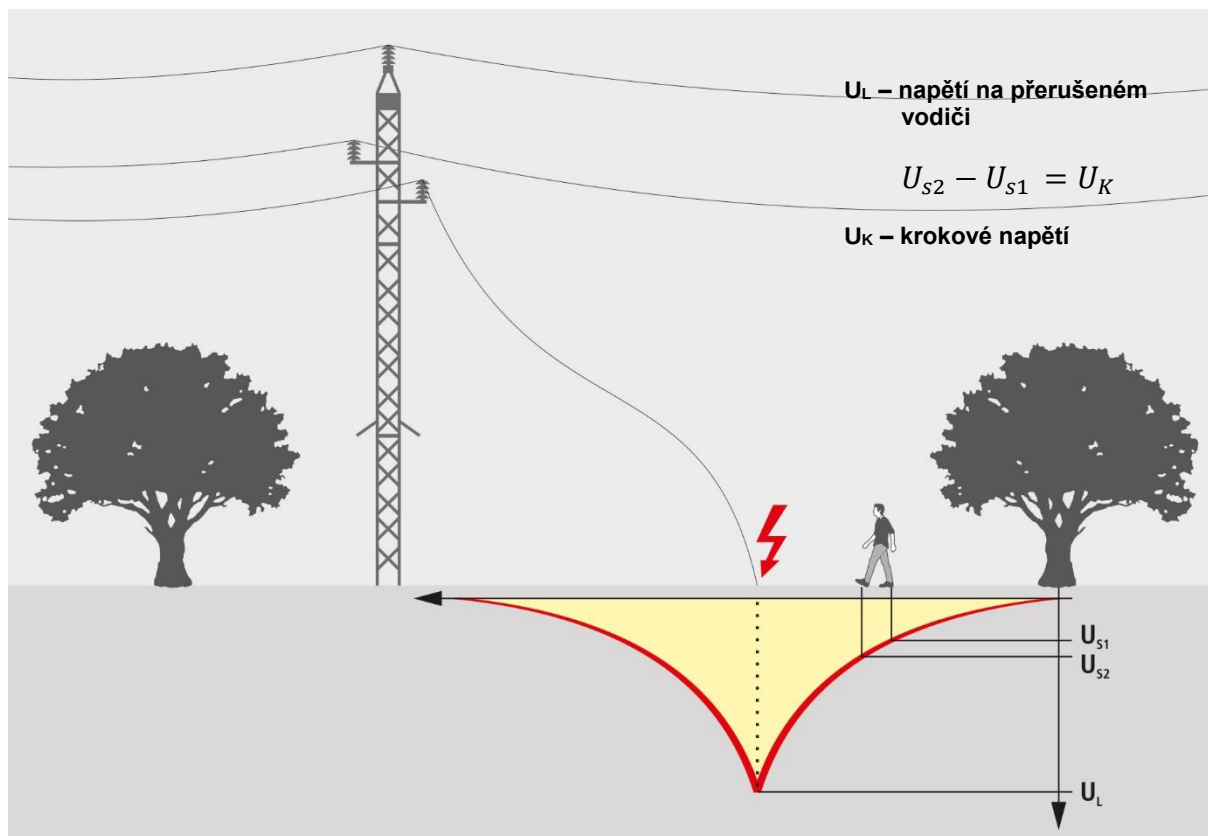
Obrázek 1:11 Elektromotor

1.1.4.10 KROKOVÉ NAPĚTÍ

Jedná se o napětí vzniklé rozdílem potenciálů země dvou míst, na kterých osoba stojí. Vyskytuje se v okolí náhodných či strojených zemničů, kterými protéká proud do země.



Obrázek 1:12 Krokové a dotykové napětí od konstrukce stožáru



Obrázek 1:13 Spadený vodič vedení VN/VVN – nebezpečí krokových napětí

KONTROLNÍ OTÁZKY

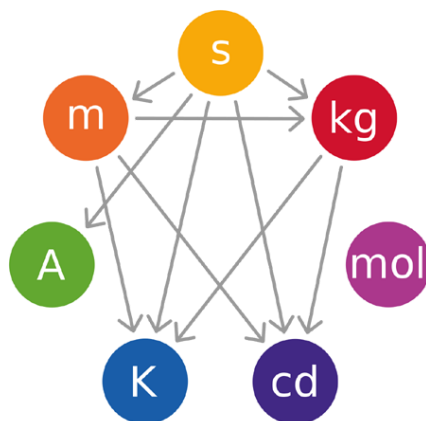
1. Definujte pojem živá a neživá část EZ a přímý a nepřímý dotyk.
2. Definujte pojem elektrické zařízení.
3. Jak je definována vzdálenost pro části současně přístupné dotyku?
4. Definujte pojmy uzel, větev a smyčka v elektrickém obvodu.
5. Co znamená pojem krokové napětí?

1.2 ZÁKLADNÍ JEDNOTKY, VZORCE, JMENOVITÉ HODNOTY

Jednotlivé elektrotechnické veličiny, které charakterizují daný elektrický obvod, se mohou změřit nebo dopočítat. K **početní metodě** slouží **elektrotechnické vztahy a zákony**. Každé elektrotechnické veličině je přiřazena jednotka. Ta může být, buď **jednotkou základní**, to znamená, že se nedá odvodit, anebo **jednotkou odvozenou**. Výjimku tvoří specifické veličiny jako je např. **účinnost** nebo **skluz** u asynchronního motoru, které se udávají bezrozměrně nebo v procentech. Často se také používají násobky jednotek z důvodu pohodlnějšího vyjádření nebo z důvodu vhodnějšího přepočítání na finanční hodnotu.

1.2.1 ZÁKLADNÍ JEDNOTKY SOUSTAVY SI

Système International d' Unités znamená v českém překladu **Mezinárodní systém jednotek**. Jedná se o mezinárodně domluvenou soustavu jednotek fyzikálních veličin, která je složena ze **sedmi základních jednotek**, na nich aritmeticky závislých odvozených jednotek a dekadickými předponami tvořených násobků a dílů jednotek. Definice těchto jednotek a uchovávání případných etanolů garantuje **Mezinárodní úřad pro míry a váhy** v Sévres (Francie).



Obrázek 1:14 Základní jednotky soustavy SI

Tabulka 1:1 Základní jednotky soustavy SI

Veličina	Název jednotky	Značka
Délka	metr	m
Hmotnost	kilogram	kg
Čas	sekunda	s
Elektrický proud	ampér	A
Termodynamická teplota	kelvin	K
Svítivost	kandela	cd
Látkové množství	mol	mol

Tabulka 1:2 Dekadické násobky jednotek - předpony SI

Činitelé >1	Předpona	Značka	Činitelé <1	Předpona	Značka
10^{12}	tera	T	10^{-1}	deci	d
10^9	giga	G	10^{-2}	centi	c
10^6	mega	M	10^{-3}	mili	m
10^3	kilo	k	10^{-6}	mikro	μ
10^2	hekto	h	10^{-9}	nano	n
10	deka	da	10^{-12}	piko	p

1.2.1.1 PŘEVODY JEDNOTEK

Jednotky se mezi sebou mohou převádět, jak v jejich řádech viz Tabulka 1:2, tak v různých typech.

PŘÍKLAD MOŽNOSTI VYJÁDŘENÍ ELEKTRICKÉ PRÁCE

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$$

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

$$1 \text{ hod} = 3600 \text{ s}$$

$$1 \text{ kWh} = (1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s}) = 3600000 \text{ J}$$

$$3600000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$$

POZNÁMKA: Z uvedeného vztahu je vidět, že elektrickou práci, která se měří elektroměrem, lze vyjádřit jak pomocí kWh z důvodu vhodnějšího finančního vyčíslení, tak v MJ.

PŘÍKLAD MOŽNOSTI VYJÁDŘENÍ TLAKU A TEPLoty

$$0 \text{ K} = -273,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$0^{\circ}\text{C} = 273,15 \text{ K}$$

$$1 \text{ Bar} = 100\,000 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ Bar} = 100 \text{ kPa}$$

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Vysvětlete, co znamená pojem SI.
2. Jakou jednotku má svítivost?
3. Kolik máme základních jednotek SI?
4. Jak velkou hodnotu energie v kJ představuje 1 kWh?
5. Jak velkou teplotu ve stupních Celsia představuje teplota 273,15 K?

1.2.2 ZÁKLADNÍ VZORCE

V průběhu času, kdy člověk začal chápat a využívat elektrickou energii, byly formulovány základní vztahy a zákony, které v elektrotechnice platí.

1.2.2.1 OHMŮV ZÁKON

Jedná se o základní zákon elektrotechniky a udává vztah mezi elektrickým napětím, proudem a odporem.

Stejnoseměrný obvod

$$R = \frac{U}{I} \quad [\Omega]$$

Střídavý obvod

$$Z = \frac{U}{I} \quad [\Omega]$$

Kde:

U — elektrické napětí [V]

I — elektrický proud [A]

R — elektrický odpor [Ω]

Z — zdánlivý odpor neboli impedance [Ω]

1.2.2.2 VÝPOČET ELEKTRICKÉHO ODPORU

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad [\Omega]$$

Kde:

R — elektrický odpor [Ω]

l — délka vodiče [m]

S — průřez vodiče [mm²], [m²]

ρ — rezistivita materiálu vodiče $\left[\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}\right]$, [Ω · m]

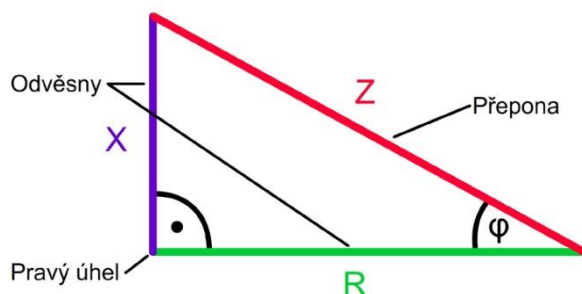
Z uvedeného vztahu vyplývá, že **odpor roste s menším průřezem a větší délkou vodiče**. Pokud je naopak **průřez vodiče větší a délka kratší, odpor vodiče klesá**.

1.2.2.3 VÝPOČET IMPEDANCE

Impedance neboli zdánlivý odpor je odpor vodiče, který se definuje v obvodech střídavého proudu. Na rozdíl od stejnosměrných sítí, kde lze uvažovat jen činnou složku způsobenou činným odporem **R**, se u střídavých sítí objevuje jalová neboli reaktanční složka **X**. Reaktance může mít dle prvku, který ji způsobuje, kapacitní **X_C**, nebo induktivní **X_L** charakter.

$$\bar{Z} = R \pm jX \quad [\Omega]$$

POZNÁMKA: Čárka nad písmenem **Z** znamená, že se jedná o komplexní hodnotu složenou právě z činné a jalové části.



Obrázek 1:15 Trojúhelník impedancí

1.2.2.4 JMENOVITÉ HODNOTY NAPĚTÍ A PROUDU

Jmenovitá hodnota je hodnota **určená výrobcem** nebo **technickými normami**, jejíž dodržení **zajišťuje spolehlivý provoz**, bezpečnost a životnost elektrických předmětů a zařízení. Hodnoty jmenovitého napětí DS NN, VN a VVN jsou uvedeny v Tabulce 1:3. Na tyto hodnoty se pak navrhuje a vyrábějí pro příslušnou síť stroje, přístroje a spotřebiče.

1.2.2.4.1 EFEKTIVNÍ HODNOTA NAPĚTÍ (U_{ef}) A PROUDU (I_{ef})

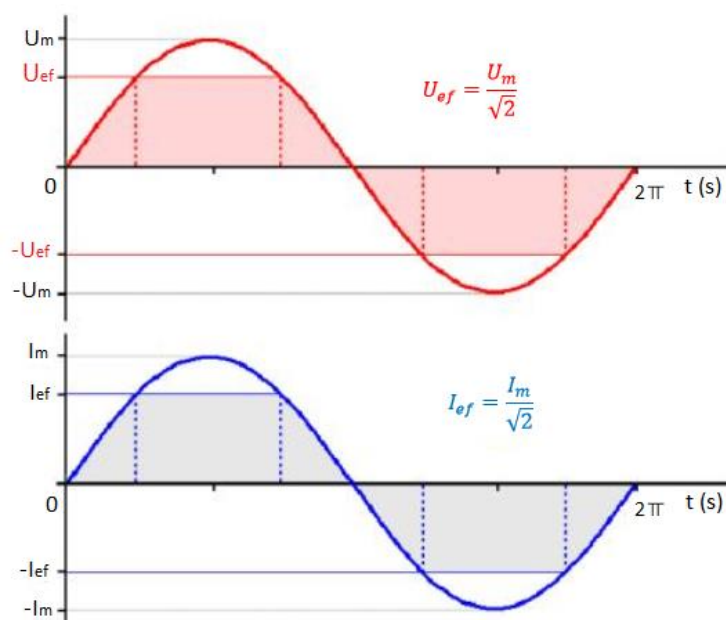
V obvodech střídavého napětí a proudu se hodnoty těchto veličin uvádí v tzv. efektivních hodnotách a v těchto hodnotách jsou také cejchovány měřicí přístroje. Takže např. efektivní hodnota jmenovitého fázového napětí DS NN je 230 V a přibližně tuto hodnotu také voltmetrem v této síti naměříme.

Efektivní hodnota střídavého proudu je hodnota proudu stejnosměrného, který v daném obvodu vykoná za stejný čas stejnou práci jako proud střídavý.

Sinusový průběh střídavého napětí a proudu a vztah mezi efektivní a maximální hodnotou těchto veličin je uveden v Obrázku 1:16. S hodnotou U_{max} nebo I_{max} , tedy s velikostí amplitudy, se v naší praxi nesetkáváme, všechny údaje o napětí a proudech uvádíme v efektivních hodnotách.

1.2.2.4.2 VÝPOČET ÚHLOVÉ FREKVENCE

Jedná se o veličinu, která se používá pro popis periodických harmonických dějů ve střídavých obvodech. Frekvence sítě v ČR je **50 Hz**, tzn., že jedna perioda, tedy děj od nuly do hodnoty 2π v grafu níže, trvá 20 ms.



$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \text{ [rad} \cdot \text{s}^{-1}]$$

Kde:

ω – úhlová frekvence [$\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$]

2π – perioda

U_{ef} – efektivní hodnota napětí [V]

U_{max} – maximální hodnota napětí (amplituda) [V]

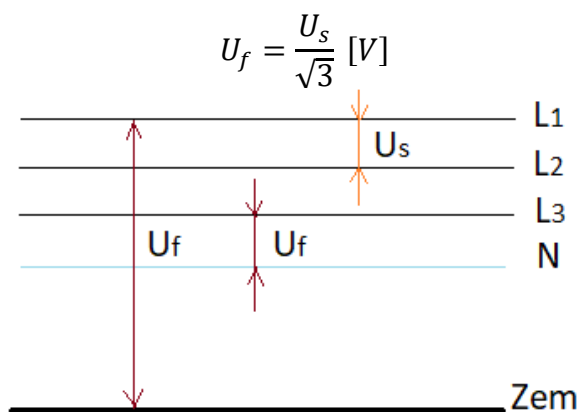
I_{ef} – efektivní hodnota proudu [A]

I_{max} – maximální hodnota proudu (amplituda) [A]

Obrázek 1:16 Harmonický průběh střídavého napětí a proudu¹

¹ <https://www.slideserve.com/meli/3-elektromagnetick-indukce>

1.2.2.5 VÝPOČET FÁZOVÉHO A SDRUŽENÉHO NAPĚTÍ



Obrázek 1:17 Fázové a sdružené napětí

$$U_s = \sqrt{3} \cdot U_f [V]$$

Kde:

U_f – je fázové napětí, které se naměří mezi fází a zemí, nebo mezi fází a nulovým (středním) vodičem.

U_s – je sdružené napětí, které se naměří mezi dvěma fázemi.

POZNÁMKA: Jmenovitá hodnota napětí DS NN se uvádí ve tvaru **400/230 V**, v projektové dokumentaci (PD) se lze setkat s velikostí fázového napětí rozvodu NN **231 V**. Je to z důvodu vydělení sdruženého napětí NN 400 V odmocninou ze tří. Výsledek vychází 230,9 V tzn. téměř 231 V.

Tabulka 1:3 Jmenovité hodnoty fázového a sdruženého napětí v distribuční síti

Síť	U_s	U_f
110 kV	110 kV	63,5 kV
22 kV	22 kV	12,7 kV
0,4 kV	400 V	230 V

1.2.2.6 VÝPOČET ELEKTRICKÉHO VÝKONU

V elektrotechnice se ve stejnosměrném obvodu definuje pouze jeden druh výkonu, ale ve střídavé síti se vlivem indukčnosti nebo kapacity vyskytují tři druhy výkonů a to: činný, jalový a zdánlivý.

1.2.2.6.1 VÝPOČET VÝKONU VE STEJNOSMĚRNÉ SÍTI

$$P = U \cdot I [W]$$

Kde: P — je elektrický výkon [W]

1.2.2.6.2 VÝPOČET VÝKONU VE STŘÍDAVÉ SÍTI

Jednotlivé výkony ve střídavé síti se dají vypočítat z tzv. **trojúhelníku výkonů**, který je pravoúhlý. V tomto trojúhelníku je vyznačen zdánlivý výkon S , činný výkon P a jalový výkon Q .

$$S = U \cdot I [VA]$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi [W]$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \Rightarrow P = S \cdot \cos \varphi$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi [VAr]$$

$$\sin \varphi = \frac{Q}{S} \Rightarrow Q = S \cdot \sin \varphi$$

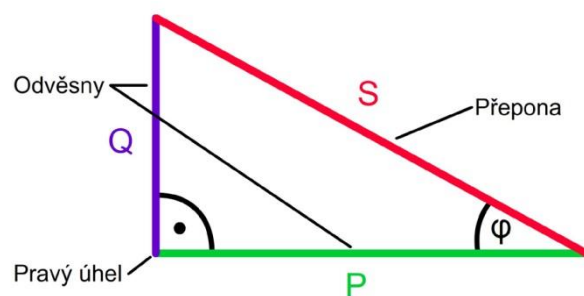
Kde:

S — zdánlivý výkon [VA]

Q — jalový výkon [VAr]

P — činný výkon [W]

$\cos \varphi$ — účinník [-]



Obrázek 1:18 Trojúhelník výkonů

1.2.2.6.3 VÝPOČET TŘÍFÁZOVÉHO VÝKONU VE STŘÍDAVÉ SÍTI:

Při tomto výpočtu se ve vztahu dá použít jak sdružené, tak fázové napětí. Pokud použijeme **fázové napětí**, používá se u vzorce **konstanta 3**, pokud se použije **sdružené napětí**, tak **konstanta $\sqrt{3}$** .

$$S_3 = 3 \cdot U_f \cdot I \text{ [VA]}$$

$$S_3 = \sqrt{3} \cdot U_s \cdot I \text{ [VA]}$$

$$P_3 = 3 \cdot U_f \cdot I \cdot \cos\varphi \text{ [W]}$$

$$P_3 = \sqrt{3} \cdot U_s \cdot I \cdot \cos\varphi \text{ [W]}$$

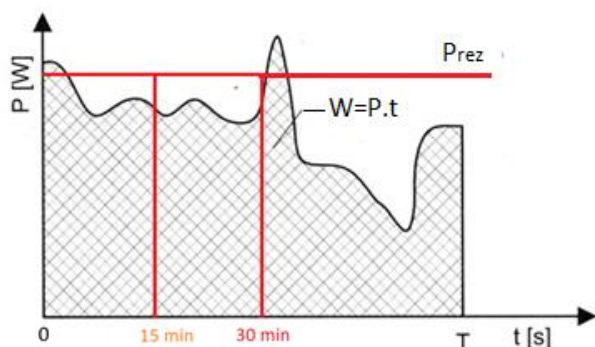
$$Q_3 = 3 \cdot U_f \cdot I \cdot \sin\varphi \text{ [Var]}$$

$$Q_3 = \sqrt{3} \cdot U_s \cdot I \cdot \sin\varphi \text{ [Var]}$$

1.2.2.7 VÝPOČET ELEKTRICKÉ PRÁCE (ENERGIE)

Elektrická práce je součin výkonu/příkonu a času, po který je odebírán. Pokud je odběr nerovnoměrný (viz Obrázek 1:19), lze práci spočítat pomocí integrálu, kdy se stanoví jeho meze jako časový interval od začátku do konce odběru, nebo zjednodušeně pomocí plochy obdélníků, kterými s určitou nepřesností nahradíme nerovnoměrný průběh křivky odběru. V praxi se měření elektrické práce provádí elektroměrem.

V průmyslových podnicích s větším odběrem elektřiny je z provozních důvodů sledovaný časový úsek stanoven na 15 minut – čtvrt hodinu. Kromě odebrané elektrické energie se každých 15 minut zaznamenává ještě tzv. čtvrt hodinové maximum. Čtvrt hodinovým maximum se rozumí hodnota průměrného čtvrt hodinového elektrického příkonu, který zákazník za sledovaný časový úsek odebíral.



Obrázek 1:19 Diagram zatížení²

$$W = U \cdot I \cdot t \text{ [J]}$$

$$W = P \cdot t \text{ [J]}$$

Kde:

W – elektrická práce [J]

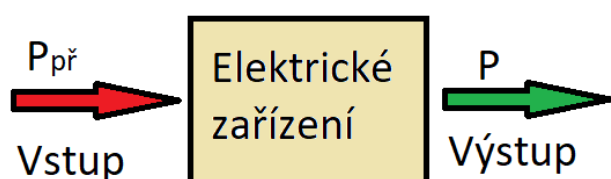
t – čas [s]

P – elektrický výkon [W]

² https://elektrika.cz/obr/08_ben_elektr_04v.jpg

1.2.2.8 ÚČINNOST

Účinnost je **fyzikální veličina**, která udává **poměr** mezi **energií získanou** tzv. užitečnou, což může být například strojem vykonaná mechanická práce a **energií dodanou**, která může mít např. charakter tepelný, nebo elektrický. Na tomto základě lze určit tzv. **energetickou bilanci** každého technického zařízení. V elektrotechnice je nejčastěji účinnost stanovena z poměru výkonu k příkonu. Příkon je elektrickému zařízení dodán ze zdroje napájení tzn. např. ze sítě nebo alternátoru a výkon je výstup z daného elektrického zařízení snížený o ztráty. Ztráty mohou být způsobené například úbytkem napětí na vedení, teplem apod. Účinnost se vyjadřuje jako bezrozměrná veličina, nebo v procentech, pokud ji vynásobíme stem. **Účinnost** zpravidla **nikdy není větší nebo rovna 1**, protože neexistuje zařízení, které by pracovalo, bez ztráty energie tzn., že příkon bude vždy větší jak výkon.



$$\eta = \frac{P}{P_{př}} [-]$$
$$\eta = \frac{P}{P_{př}} \cdot 100 [\%]$$

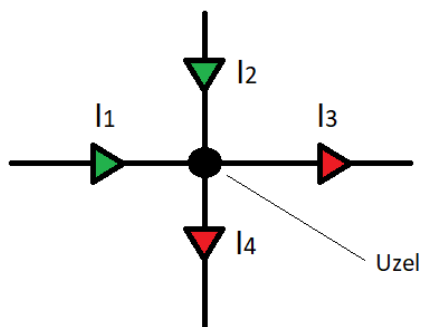
Kde:
 η - účinnost
 P - výkon
 $P_{př}$ - příkon

1.2.2.9 KIRCHHOFFOVY ZÁKONY

Spolu s Ohmovým zákonem se jedná o základní zákony elektrotechniky. Pomocí těchto zákonů se provádějí výpočty elektrických obvodů.

1.2.2.9.1 PRVNÍ KIRCHHOFFŮV ZÁKON [I. KZ]

Jedná se o zákon zachování elektrického náboje. První Kirchhoffův zákon nám říká, že algebraický součet všech proudů v uzlu se rovná nule.



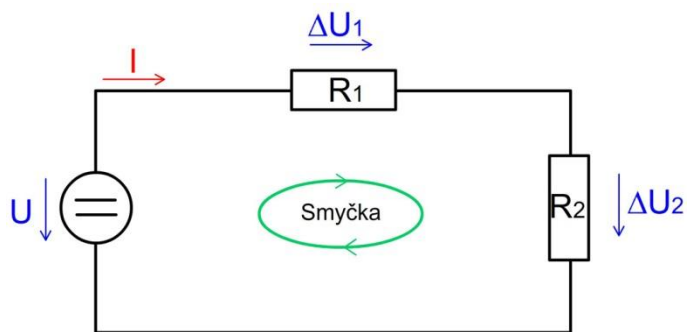
$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

Obrázek 1:20 Proudů vtékající do uzlu a vytékající z uzlu

1.2.2.9.2 DRUHÝ KIRCHHOFFŮV ZÁKON [II. KZ]

Tento zákon platí pro uzavřený elektrický obvod. **Jedná se o zákon zachování energie.** Druhý Kirchhoffův zákon nám říká, že algebraický součet všech svorkových napětí zdrojů a všech úbytků napětí na spotřebičích se v **uzavřené smyčce** rovná nule.



$$\Delta U_1 + \Delta U_2 - U = 0$$

$$\Delta U_1 + \Delta U_2 = U$$

Obrázek 1:21 Uzavřený elektrický obvod se stejnosměrným zdrojem

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Vyjmenujte druhy výkonů ve střídavé síti.
2. Mezi jakými vodiči se naměří sdružené napětí?
3. Co vyjadřuje II. KZ?
4. Jaká je frekvence sítě v ČR?
5. Mezi jakými vodiči se naměří fázové napětí?

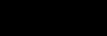
1.3 ZNAČENÍ VODIČŮ, SVOREK, ZNAČKY V ELEKTROTECHNICKÝCH SCHÉMATECH

Pro **zobrazení elektrických obvodů** nám slouží **schémata** a **elektrotechnické značky**. K popisování elektrických obvodů a sítí v ČR využíváme **písmeno-číslicové značení**, přičemž číslice jsou arabské. **Římské číslice se nepoužívají**. U písmenného označení se zpravidla vyhýbáme písmenům **O** a **I**, aby nedošlo k záměně s nulou a jedničkou. Písmenné označení se pro stejnosměrné sítě volí z první poloviny latinské abecedy a pro střídavé sítě z druhé poloviny latinské abecedy.

Tabulka 1:4 Označení vodičů a svorek

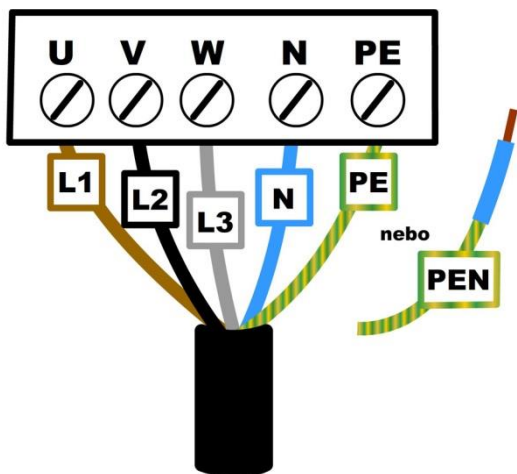
Název	Označení	
	Vodič	Svorka
Střídavá soustava		
Libovolná fáze	L	U
1. fáze	L1	U
2. fáze	L2	V
3. fáze	L3	W
Nulový (střední) vodič	N	N
Stejnoseměrná soustava		
Kladný pól	L+	+
Záporný pól	L-	-
Vyvedený střed	M	M
Zvláštní druhy vodičů a svorek		
Ochranný vodič	PE	PE
Vodič slučující funkci ochranného vodiče a nulového (středního) vodiče	PEN	PEN

Tabulka 1:5 Barevné značení izolovaných vodičů v AC síti

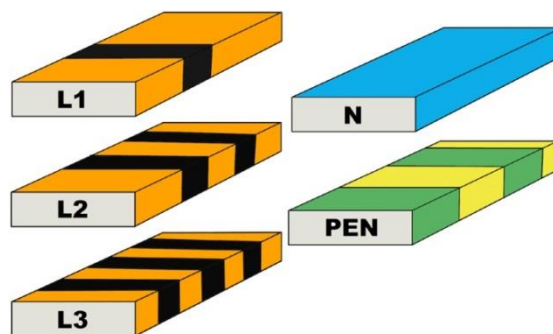
Vodič		Barevné značení	
L1	Fázový	hnědá	
L2	Fázový	černá	
L3	Fázový	šedá	
N	Nulový (střední)	světle modrá	
PE	Ochranný	zelená/žlutá	
PEN	Vodič PEN	zelená/žlutá (+ světle modrá)*	

*Světle modrá barva se u vodičů PEN používá v místech, kde by mohlo dojít k záměně s vodičem PE.

POZNÁMKA: Pokud se jedná o distribuční síť NN, nemusí se v případě kabelového vedení vodič **PEN** značit modrým pruhem, protože je zde vždy přítomna síť **TN-C**.



Obrázek 1:22 Značení vodičů a svorek v AC síti



Obrázek 1:23 Barevné označení plochých holých vodičů v AC síti

Tabulka 1:6 Barevné značení izolovaných vodičů v DC síti

Vodič		Poznávací barva	
L+	Kladný pól	tmavě červená	
L-	Záporný pól	tmavě modrá	
M	Vodič středu	světle modrá	
PE, PEM	Ochranný	zelená/žlutá	

Tabulka 1:7 Barevné značení holých vodičů v AC síti

Vodič		Poznávací barva	
L	Fázový	oranžová	
N	Nulový (střední)	světle modrá	
PE, PEN	Ochranný	zelená/žlutá	

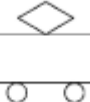
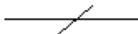
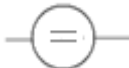
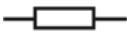
POZNÁMKA: Při značení fází u holých vodičů se jednotlivé fáze označují černým pruhem, tzn. že, první fáze jedním, druhá fáze dvěma a třetí fáze třemi černými pruhy (viz Obrázek 1:23).

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Jakou barvu má fázový holý vodič ve střídavé síti?
2. Jaké barevné označení se používá pro kladný pól ve stejnosměrné síti?
3. Jakým písmenem se označuje ochranný vodič ve střídavé síti?
4. Jaké barevné označení se používá pro záporný pól ve stejnosměrné síti?
5. Jaké označení se používá u EZ třídy ochrany I, II a III?

1.3.1 ZNAČENÍ ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ

Tabulka 1:8 Značení EZ

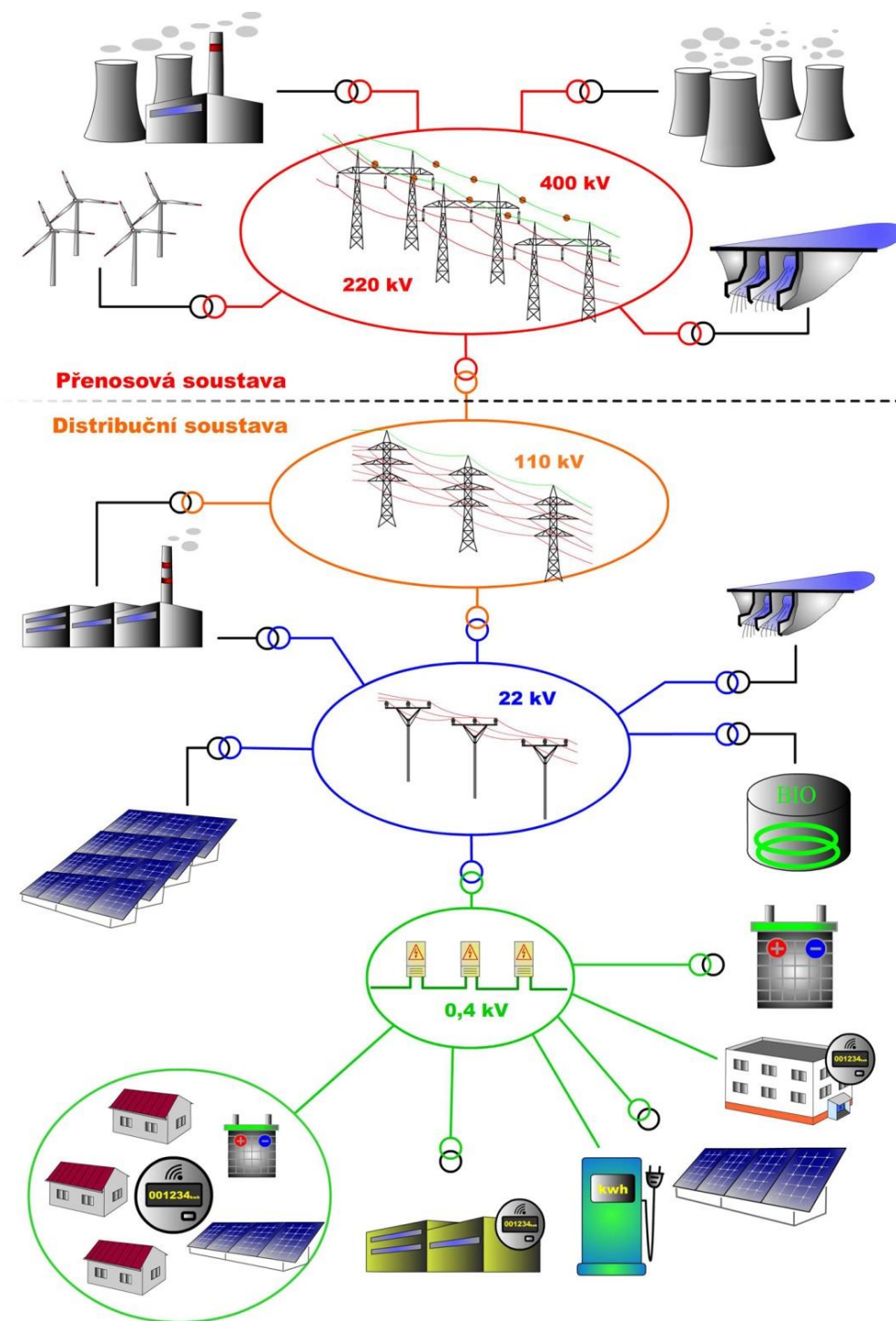
Značka	Název EZ	Značka	Název EZ
	transformátor		bezpečnostní transformátor
	bezpečnostní transformátor u hraček		jednopolový vypínač 1
	pojistka		sériový vypínač 5
	jistič		schodišťový přepínač 6
	proudový chránič		křížový přepínač 7
	kladný pól		měřicí transformátor proudu
	záporný pól		dioda
	fázový vodič		jednoduchá zásuvka, přisazená
	nulový vodič		dvozásuvka, přisazená
	ochranný vodič		uzemnění
	vodič slučující funkci ochranného vodiče a nulového vodiče		dvojitá izolace
	stejnoseměrný zdroj		ochrana malým napětím
	střídavý zdroj		elektrický odpor
	elektrický kondenzátor		indukčnost, cívka

1.4 ZÁKLADNÍ POJMY (DS, PS, PŘÍPOJKA, HDV, ODBĚRNÉ MÍSTO)

V ČR je elektrická energie vyráběna a dopravována k jednotlivým odběratelům pomocí tzv. **Elektrizační soustavy (ES)**.

1.4.1 ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVA

Elektrizační soustava je vzájemně propojený soubor zařízení pro výrobu, přenos, transformaci a distribuci elektřiny, včetně elektrických přípojek, přímých vedení, a systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky, a to na území České republiky.



Obrázek 1:24 Elektrizační soustava

1.4.1.1 DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA (DS)

Distribuční soustava je vzájemně propojený soubor vedení a zařízení o napětí **110 kV**, s výjimkou vybraných vedení a zařízení o napětí 110 kV, která jsou součástí přenosové soustavy, a vedení a zařízení o napětí **0,4 kV**, 1,5 kV, 3 kV, 6 kV, 10 kV, **22 kV**, 25 kV nebo 35 kV sloužící k zajištění distribuce elektřiny na vymezeném území České republiky, včetně systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky včetně elektrických přípojek ve vlastnictví provozovatele distribuční soustavy, distribuční soustava je zřizována a provozována ve **veřejném zájmu**.

1.4.1.2 LOKÁLNÍ DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA (LDS)

Soustava napojená na některou z hlavních distribučních soustav (PRE, ČEZ, EG.D), která na základě udělené licence sama distribuuje elektřinu k odběratelům na **vymezeném území**. LDS vzniká v místech, kde je více odběratelů připojeno do distribuční sítě z jednoho připojovacího místa. Často tedy fungují například v obchodních a průmyslových zónách a centrech nebo bytových komplexech.

POZNÁMKA: Dle Energetického zákona **č. 458/2000 Sb.** smí být na každé území přidělena pouze jedna licence na distribuci elektrické energie.

1.4.1.3 PŘENOSOVÁ SOUSTAVA (PS)

Přenosová soustava je vzájemně propojený soubor vedení a zařízení 400 kV, 220 kV a vybraných vedení a zařízení 110 kV, uvedených v příloze Pravidel provozování přenosové soustavy, sloužící pro zajištění přenosu elektřiny pro celé území České republiky a propojení s elektrizačními soustavami sousedních států, včetně systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky, přenosová soustava je zřizována a provozována ve **veřejném zájmu**.

1.4.1.4 HLAVNÍ DOMOVNÍ VEDENÍ (HDV)

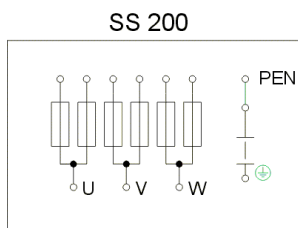
Hlavní domovní vedení je vedení od přípojkové skříně až k odbočce k poslednímu elektroměru. Systém hlavního domovního vedení a jeho provedení se volí podle dispozice budovy.

Začíná na výstupních svorkách (šroubech) v **HDS** (hlavní domovní skříně) a je vedeno až k odbočce pro poslední elektroměr. **HDV** je většinou provedeno jako TN-C z čehož vyplývá, že minimální průřez bude 10 mm², což je minimální dovolená hodnota průřezu měděného PEN vodiče. Obecně se průřez vodičů HDV volí dle očekávaného zatížení.

Hlavní domovní vedení musí svým umístěním a provedením znemožnit neoprávněný odběr.

1.4.1.5 ODBĚRNÉ MÍSTO (OM)

Odběrným místem se rozumí místo, které je připojeno k přenosové nebo k distribuční soustavě a kde je instalováno odběrné elektrické zařízení jednoho zákazníka, včetně měřicích transformátorů, do něhož se uskutečňuje dodávka elektřiny.



Obrázek 1:25 Připojení odběrného místa ze smyčkovací přípojkové skříně SS 200



Obrázek 1:26 Elektroměrový rozváděč s přijímačem HDO

1.4.1.6 ELEKTRICKÁ PŘÍPOJKA

Elektrická přípojka začíná odbočením od rozvodného zařízení provozovatele distribuční soustavy směrem k odběrateli. Odbočením se rozumí odbočení od spínacích prvků nebo přípojníc v elektrické stanici, vychází-li el. přípojka z elektrické stanice. Mimo elektrickou stanici začíná elektrická přípojka odbočením od venkovního nebo kabelového vedení.

1.4.1.6.1 ZAČÁTEK ELEKTRICKÝCH PŘÍPOJEK

Odbočením od přípojníc v elektrické stanici se rozumí, že přípojnice je součástí rozvodného zařízení PDS, upevňovací šrouby, svorky apod. jsou již součástí přípojky.

Odbočením od venkovního vedení (jakékoliv konstrukce) se rozumí, že vodiče hlavního venkovního vedení jsou součástí zařízení PDS. Svorka (jakéhokoliv provedení) je již součástí přípojky. Odbočný podpěrný bod (byť by byl zřizován současně s přípojkou) je součástí rozvodného zařízení PDS.

1.4.1.6.2 UKONČENÍ ELEKTRICKÝCH PŘÍPOJEK

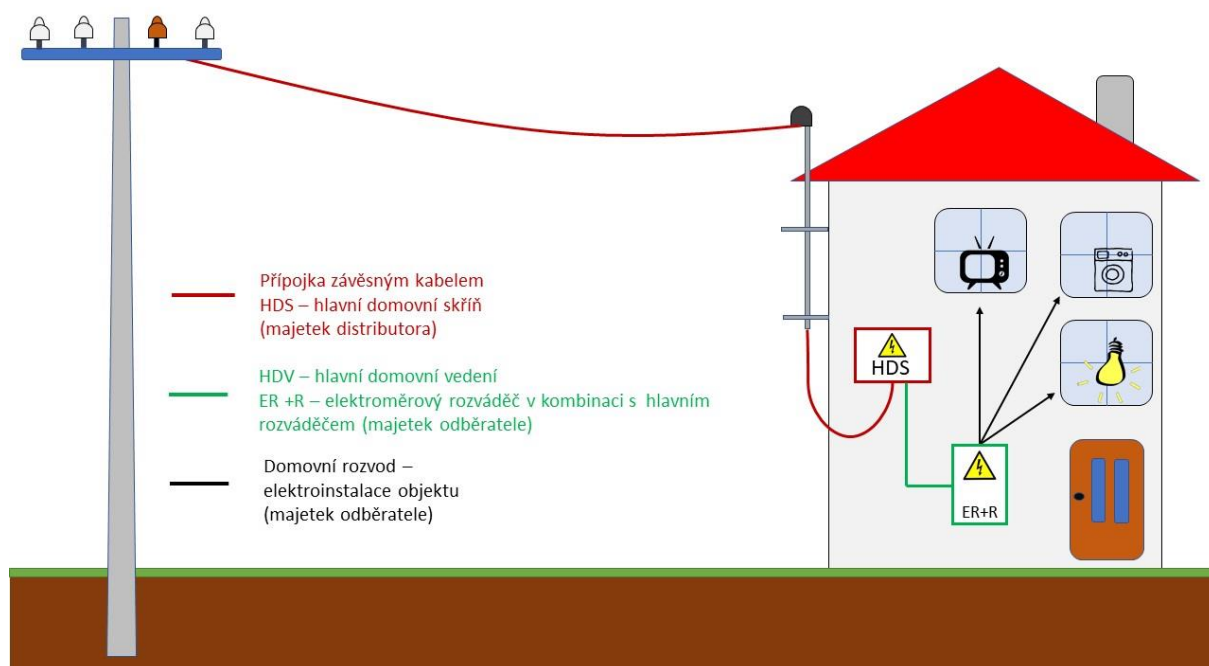
Přípojka nízkého napětí končí standardně v přípojkové skříni, není-li dohodnuto jinak.

Přípojkovou skříní je:

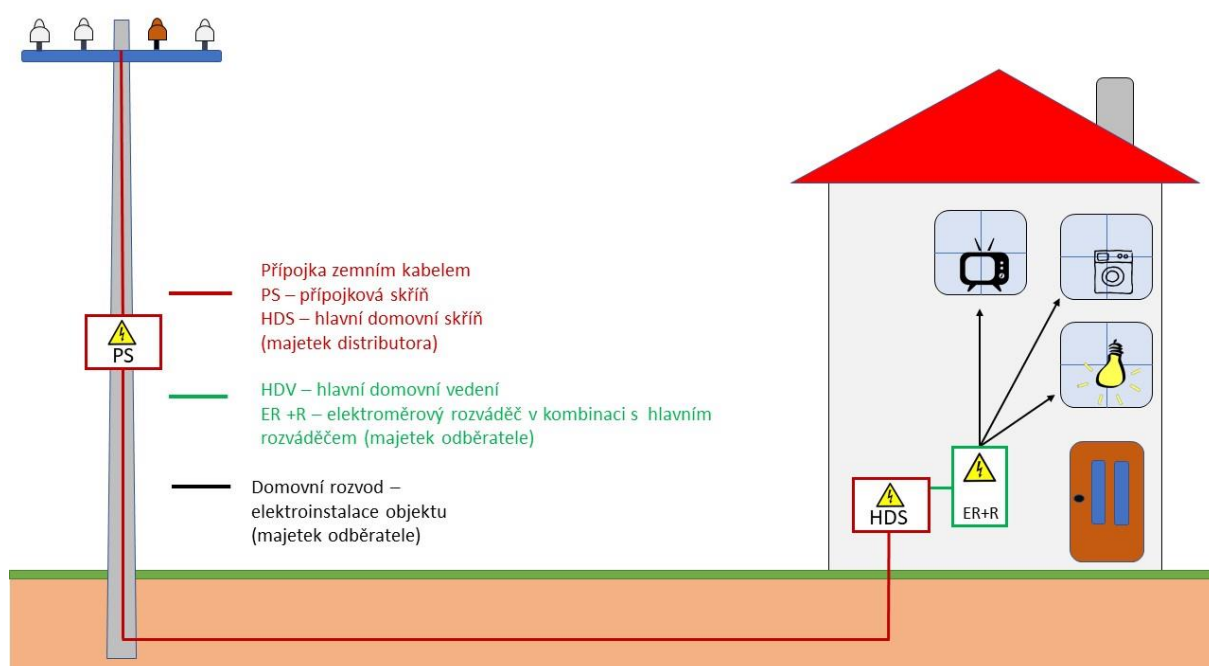
- Hlavní domovní pojistková skříňka** — je-li přípojka provedena venkovním vedením. Přípojková skříňka musí být plombovatelná nebo se závěrem na klíč odsouhlaseným provozovatelem PDS.
- Hlavní domovní kabelová skříňka** — je-li přípojka provedena kabelovým vedením. Přípojková skříň musí být vybavena závěrem na klíč odsouhlaseným PDS. Přípojkové skříně jsou součástí přípojky.

Přípojky VN a VVN provedené venkovním vedením končí kotevními izolátory na stanici odběratele. Kotevní izolátory jsou součástí přípojky. Nosná konstrukce, na které jsou kotevní izolátory upevněny, jsou součástí stanice.

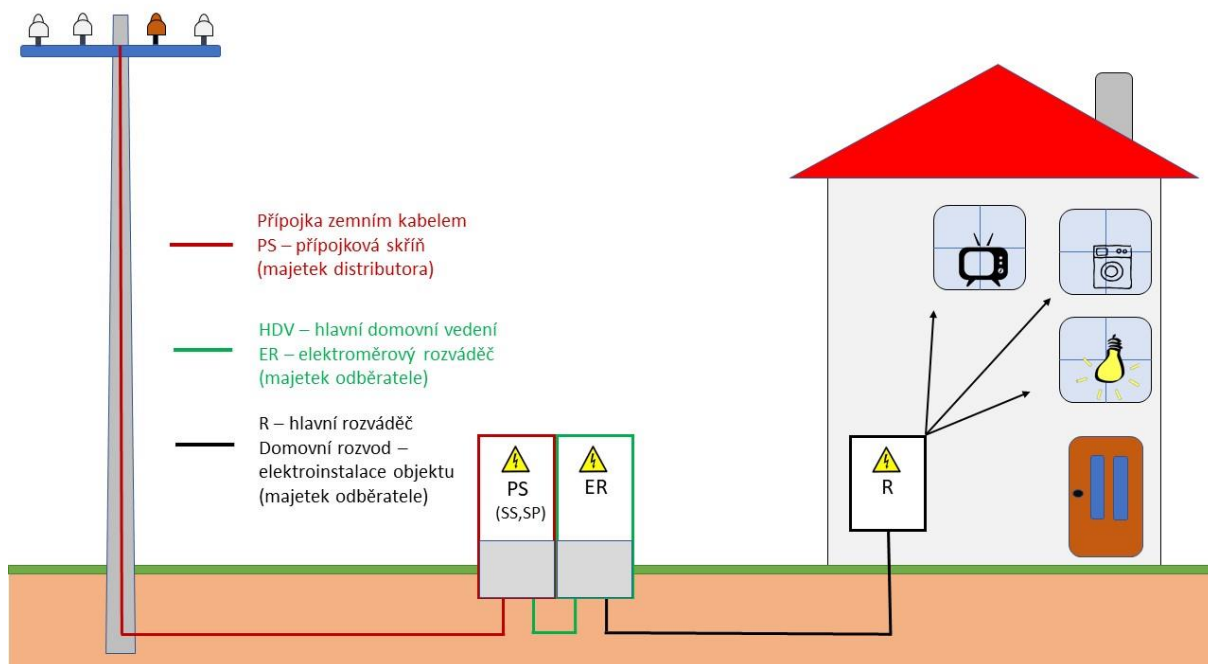
Přípojky VN a VVN provedené kabelovým vedením končí kabelovou koncovkou v odběratelově el. stanici. Kabelové koncovky jsou součástí přípojky.



Obrázek 1:27 Příklad domovní přípojky provedené závěsným kabelem (velmi rozšířené starší provedení)



Obrázek 1:28 Příklad kombinované domovní přípojky provedené zemním kabelem

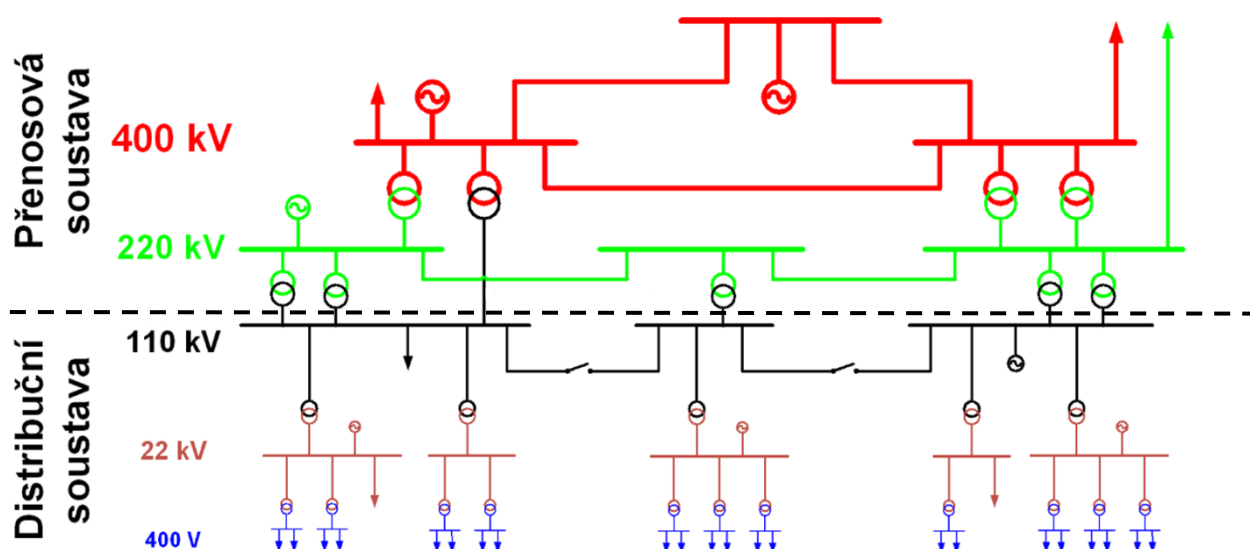


Obrázek 1:29 Příklad kombinované domovní přípojky provedené zemním kabelem (používá se v současnosti)

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Jaké napěťové hladiny jsou provozovány v rámci přenosové soustavy?
2. Definujte pojem odběrné místo.
3. Definujte pojem distribuční soustava.
4. Co je součástí elektrické přípojky NN?
5. Jak je ukončena elektrická přípojka NN?

2 ELEKTRICKÉ SÍTĚ, DISTRIBUČNÍ A PŘENOSOVÁ SOUSTAVA



Obrázek 2:1 Elektrizační soustava³

Distribuční soustava je v rámci ČR provozována podle **přidělené licence** na jednotlivých územích třemi společnostmi, kdy na některou z těchto velkých distribučních soustav může být připojena také lokální distribuční soustava. Přenosová soustava je v rámci ČR provozována společností **ČEPS a.s.**, kde 100 % akcií vlastní stát, resp. Ministerstvo průmyslu a obchodu (**MPO**).

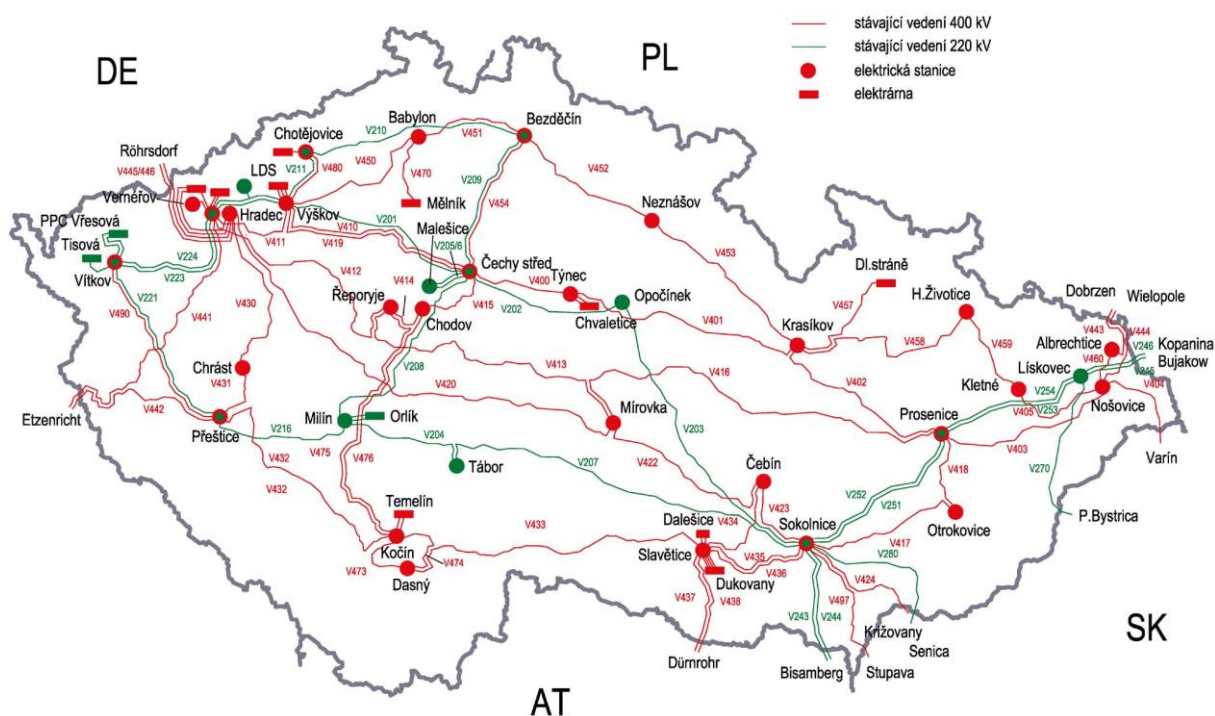
Tabulka 2:1 Přehled provozovatelů přenosových a distribučních sítí na území ČR

Přenosová soustava (PS) v ČR	ČEPS, a.s.	
	EG.D, a.s.	
Distribuční soustava (DS) v ČR	PREdistribuce, a.s.	
	ČEZ Distribuce, a.s.	
Lokální distribuční soustava (LDS)	Např.: OPATHERM a.s.	

³ <https://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/13676-prenosova-soustava-elektricke-energie> (upraveno)



Obrázek 2:2 Mapa provozovatelů distribuční soustavy ČR



Obrázek 2:3 Mapa přenosové soustavy ČR⁴

⁴ <https://www.ceps.cz/cs/udaje-o-ps>

2.1 ROZDĚLENÍ SÍTÍ DLE NAPĚTÍ, DRUHU, ZPŮSOBU UZEMNĚNÍ ZDROJE A SPOTŘEBIČŮ

2.1.1 ROZDĚLENÍ SÍTÍ DLE VELIKOSTI NAPĚTÍ

Tabulka 2:2 Rozdělení napětí

Kategorie	Zkratka	Název	Rozsah napětí
I	MN	Malé napětí	do 50 V včetně
II	NN	Nízké napětí	nad 50 V do 1000 V včetně
-	VN	Vysoké napětí	nad 1000 V do 52 kV
-	VVN	Velmi vysoké napětí	od 52 kV včetně do 300 kV
-	ZVN	Zvláště vysoké napětí	od 300 kV včetně do 800 kV včetně
-	UVN	Ultra vysoké napětí	nad 800 kV

POZNÁMKA: Zkratky u napěťových hladin se označují zpravidla velkými tiskacími písmeny. Uvedená napětí jsou napětí sdružená.

2.1.2 ROZDĚLENÍ SÍTÍ DLE DRUHU NAPĚTÍ

Sítě lze rozdělit dle druhu napětí na **stejnoseměrné** a **střídavé**. **Zdrojem ve střídavých sítích** je zpravidla **alternátor, transformátor**, popř. **střídač** a **zdrojem ve stejnosměrných sítích** je zpravidla **akumulátor, dynamo, usměrňovač**, nebo **fotovoltaický článek**.

2.1.3 ROZDĚLENÍ SÍTÍ DLE PROVEDENÍ A ZPŮSOBU UZEMNĚNÍ ZDROJE A SPOTŘEBIČŮ

Elektrické sítě se podle způsobu provedení a spojení se zemí označují dvou až čtyř písmenným kódem. Rozlišujeme sítě:

- **TN-C**
- **TN-S**
- **TN-C-S**
- **TT**
- **IT**

PRVNÍ PÍSMENO:

Označuje způsob spojení uzlu zdroje se zemí.

T – Přímé spojení uzlu zdroje se zemí

I – Síť je oddělená od země, popřípadě je realizováno spojení uzlu zdroje se zemí přes velkou impedanci.

DRUHÉ PÍSMENO:

Označuje způsob spojení neživých částí EZ s uzlem zdroje.

N – Jedná se o přímé spojení neživých částí EZ připojeného k síti s uzemněným bodem sítě (obvykle střed zdroje).

T – Jedná se o nepřímé spojení neživých částí EZ s uzlem sítě. Neživé části jsou zemněny zvlášť, nezávisle na uzemněném bodu sítě.

TŘETÍ PÍSMENO:

Charakterizuje uspořádání středního a ochranného vodiče.

S – Ochranný vodič **PE** a nulový (střední) vodič **N** jsou vedeny každý samostatně.

C – Funkci ochranného a nulového (středního) vodiče v sobě slučuje jediný vodič **PEN**.

VYSVĚTLIVKA:

T – terre (franc.) země

I – isolation (franc.), insulation (angl.) izolace

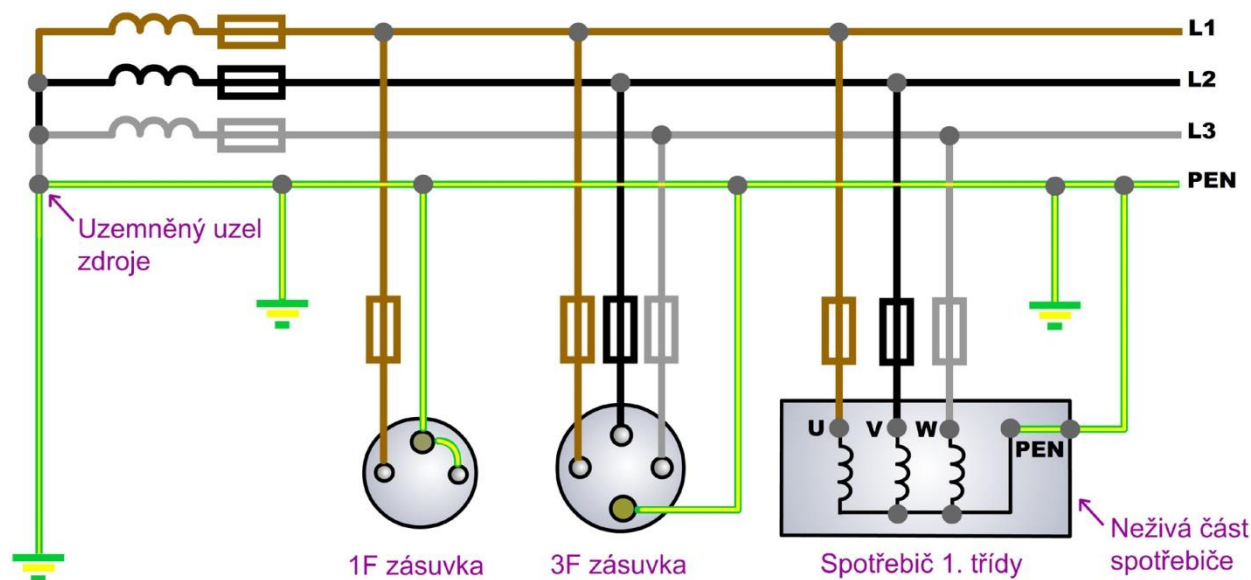
N – neutre (franc.), neutral (angl.) neutrální nebo nulový

S – separé (franc.), separated (angl.) oddělený (separovaný)

C – combiné (franc.) combined (angl.) spojený, sloučený (kombinovaný)

2.1.3.1 SÍŤ TN-C

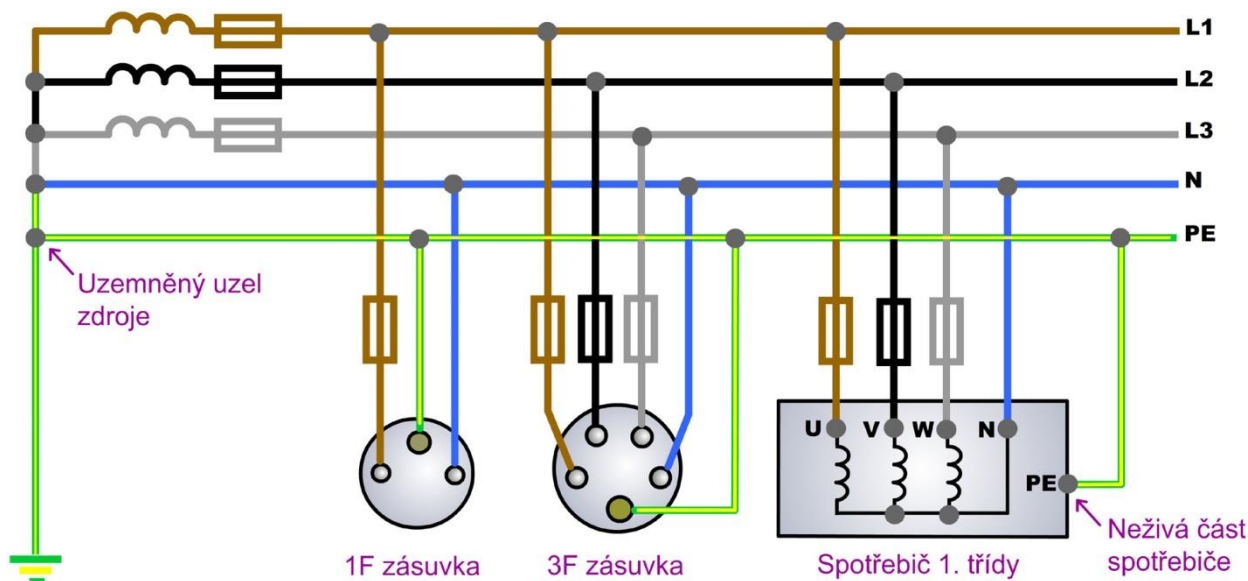
Sítě v provedení **TN-C** jsou využívány u hladin nízkého napětí. Nejčastěji se s nimi setkáme u **venkovních nadzemních i kabelových vedení NN** a domovního rozvodu v úseku od **elektrické přípojky** po **domovní rozváděč**. Dále je možné toto zapojení najít u starších domovních instalací, kdy ještě nejsou nahrazeny sítě TN-S. Neživé části připojeného EZ k síti jsou zde přímo spojeny prostřednictvím ochranného vodiče s uzlem zdroje, který je uzemněn. V případě sítě TN-C je funkce nulového (středního) vodiče **N** a ochranného vodiče **PE** sloučena do jediného vodiče **PEN**. Z důvodu mechanické pevnosti musí být **minimální průřez vodiče PEN** u **mědi Cu** 10 mm^2 a u **hliníku Al** 16 mm^2 .



Obrázek 2:4 Síť TN-C

2.1.3.2 SÍŤ TN-S

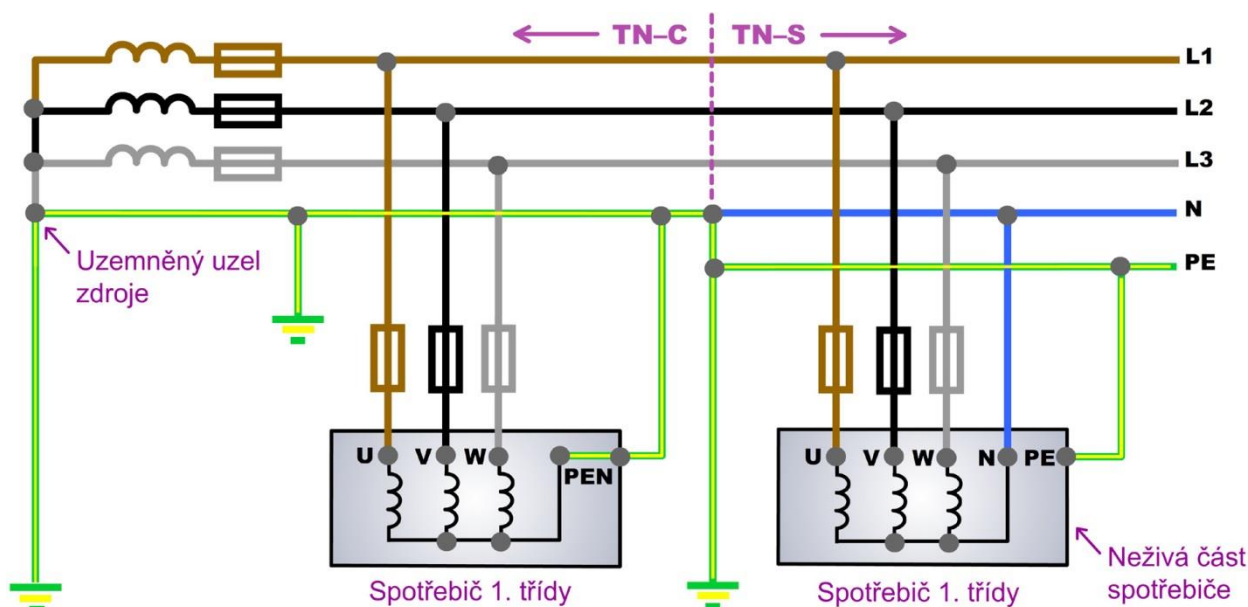
Toto zapojení je určeno výhradně pro domovní instalace NN. Jedná se hlavně o rozvod zásuvkový a světelný. V současnosti se jednotlivé vývody provádí v bytových domech jako jednofázové. Třífázový vývod se kromě sporáku vyskytuje jen výjimečně.



Obrázek 2:5 Síť TN-S

2.1.3.3 SÍŤ TN-C-S

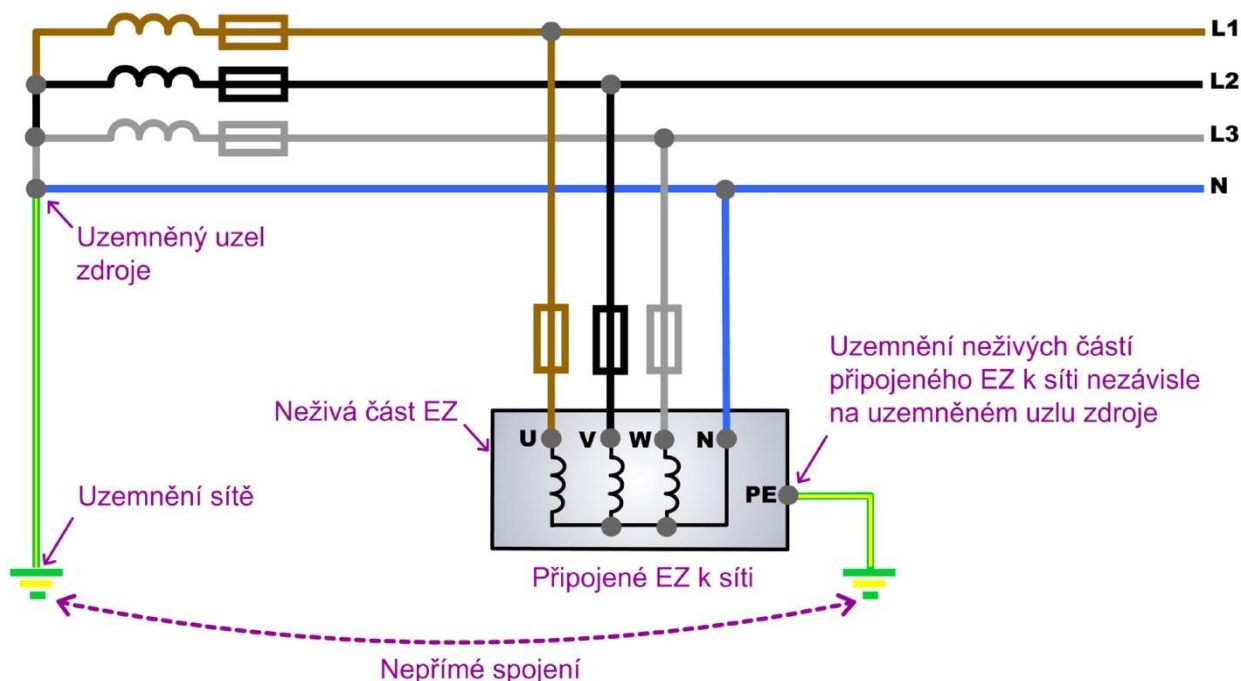
S tímto zapojením se setkáme v **podružném (bytovém) domovním rozváděči**, kde vzniká na svorkovnici přechod mezi sítí **TN-C** a **TN-S** oddělením (separováním) ochranného vodiče **PE** od nulového vodiče **N**.



Obrázek 2:6 Síť TN-C-S

2.1.3.4 SÍŤ TT

Síť TT má přímo uzemněný uzel zdroje. Neživé části připojených elektrických zařízení jsou přímo spojeny se zemí nezávisle na uzemnění uzlu zdroje sítě. Připojení může být realizováno individuálním nebo skupinovým ochranným uzemněním. Používá se u instalací přímo napájených z distribuční sítě. Ochrana automatickým odpojením od zdroje je zajištěna pomocí proudových chráničů. Síť TT je velice často využívána hlavně ve Francii a Španělsku, kde mají dominantní postavení pro rozvod v NN soustavách. Dále je tento typ sítě využíván u napěťových soustav VVN a ZVN, kde ale není vyveden nulový (střední) vodič.



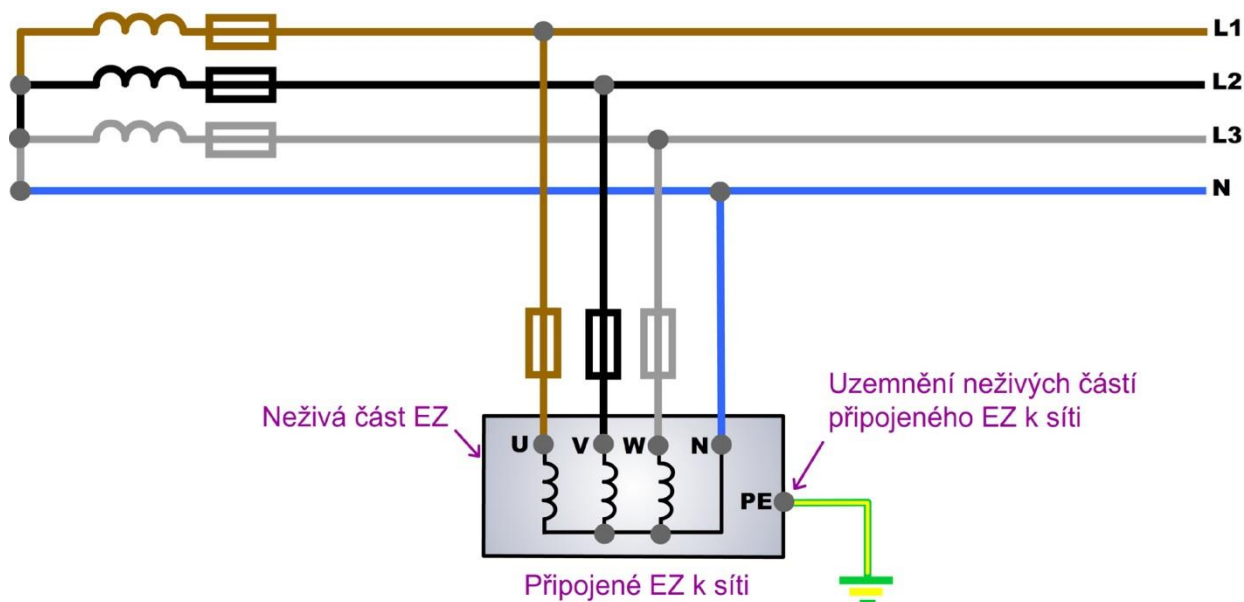
Obrázek 2:7 Síť TT

Tabulka 2:3 Parametry distribuční sítě NN a VN

Parametry sítě NN	Parametry sítě VN
Jmenovité napětí (U_n): 400/230 V	Jmenovité napětí: 3~22000 V
Nejvyšší napětí sítě: $U_n + 10 \%$	Nejvyšší napětí sítě: 25000 V
Jmenovitý kmitočet: 50 Hz	Jmenovitý kmitočet: 50 Hz
4vodičový rozvod: (L1, L2, L3, PEN)	Počet fází: 3
Druh distribuční sítě:	Druh distribuční sítě:
TN-C	IT – většina sítí VN

2.1.3.5 SÍŤ IT

Tato síť se používá u vedení VN v trojvodičovém provedení bez vyvedení nulového (středního), vodiče, nebo v síti NN s vyvedeným nulovým (středním) vodičem. Dále se s touto sítí lze setkat v průmyslu, nemocnicích a dolech. Důvodem jejího využití v provozech, kde by výpadek elektrické energie mohl způsobit vážné škody na majetku a zdraví osob, je **možnost provozu s jednou poruchou** tzn., že síť **při první poruše není odpojena od zdroje, ale stane se pouze uzemněnou**. Jedná se o tzv. **jednofázové zemní spojení**.



Obrázek 2:8 Síť IT NN

KONTROLNÍ OTÁZKY

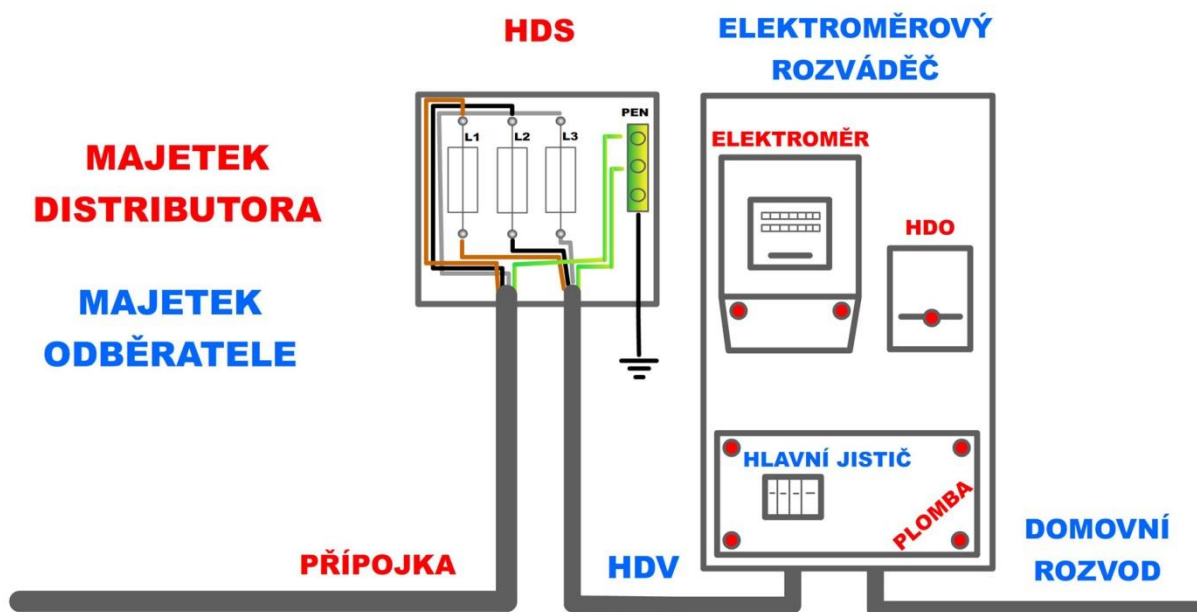
1. U které sítě je vyveden vodič PEN?
2. Jaká síť je izolovaná, nebo uzemněná přes velkou impedanci?
3. K čemu se vztahuje druhé písmeno při označení sítí?
4. Kolik vodičů má síť IT bez vyvedení středního vodiče?
5. Kde se setkáme se sítí TN-S?

2.2 ODBĚRNÉ ZAŘÍZENÍ, PŘÍPOJKA, DS, PS

2.2.1 ODBĚRNÉ ZAŘÍZENÍ

Tímto pojmem se rozumí odběrné elektrické zařízení konečného zákazníka sloužící pro konečnou spotřebu elektrické energie a připojené k přenosové soustavě nebo distribuční soustavě, a to přímo **elektrickou přípojkou** nebo prostřednictvím domovní instalace.

Vyhláška č. 16/2016 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě (dále jen vyhláška), vydaná **Energetickým regulačním úřadem (ERÚ)** stanoví podmínky dodávek elektřiny, připojení výroben elektřiny, distribučních soustav a odběrných míst konečných zákazníků k elektrizační soustavě, způsob výpočtu podílu nákladů spojených s připojením a se zajištěním požadovaného příkonu.



Obrázek 2:9 Majetkové rozdělení domovní přípojky, HDS, HDV a elektroměrového rozváděče

POZNÁMKA: V hlavní domovní skříni se umísťují pojistky pro fáze L1 L2 L3 a přípojnice pro rozvod vodiče PEN. Pojistky v HDS se dimenzují o 1 stupeň vyšší než hlavní jistič v elektroměrovém rozváděči z důvodu zajištění selektivity jistění. HDS se umísťuje na přístupném místě, tedy buď na zdi domu, nebo ve sloupku u plotu, kdy spodní okraj dveří má být minimálně 60 cm nad definitivně upraveným terénem.

2.2.2 ELEKTRICKÁ PŘÍPOJKA

Aby bylo možné připojit odběratele elektrické energie k distribuční síti, je nutné zvolit optimální technické řešení.

Samotnou elektrickou přípojku lze řešit vedením:

- nadzemním,
- kabelovým,
- kombinací obou způsobů.

Dle napěťové hladiny rozlišujeme:

- přípojky NN,
- přípojky VN,
- přípojky VVN.

2.2.2.1 PROVEDENÍ PŘIPOJENÍ NN A VN

Nadzemním vedením:

- holé vedení (AlFe),
- izolované vedení,
- závěsný kabel.



Obrázek 2:10 HDS umístěná na podpěrném bodě

Kabelovým vedením:

- kabelosvodem z venkovního vedení,
- smyčkováním kabelového vedení,
- odbočnou T-spojku (v síti NN).



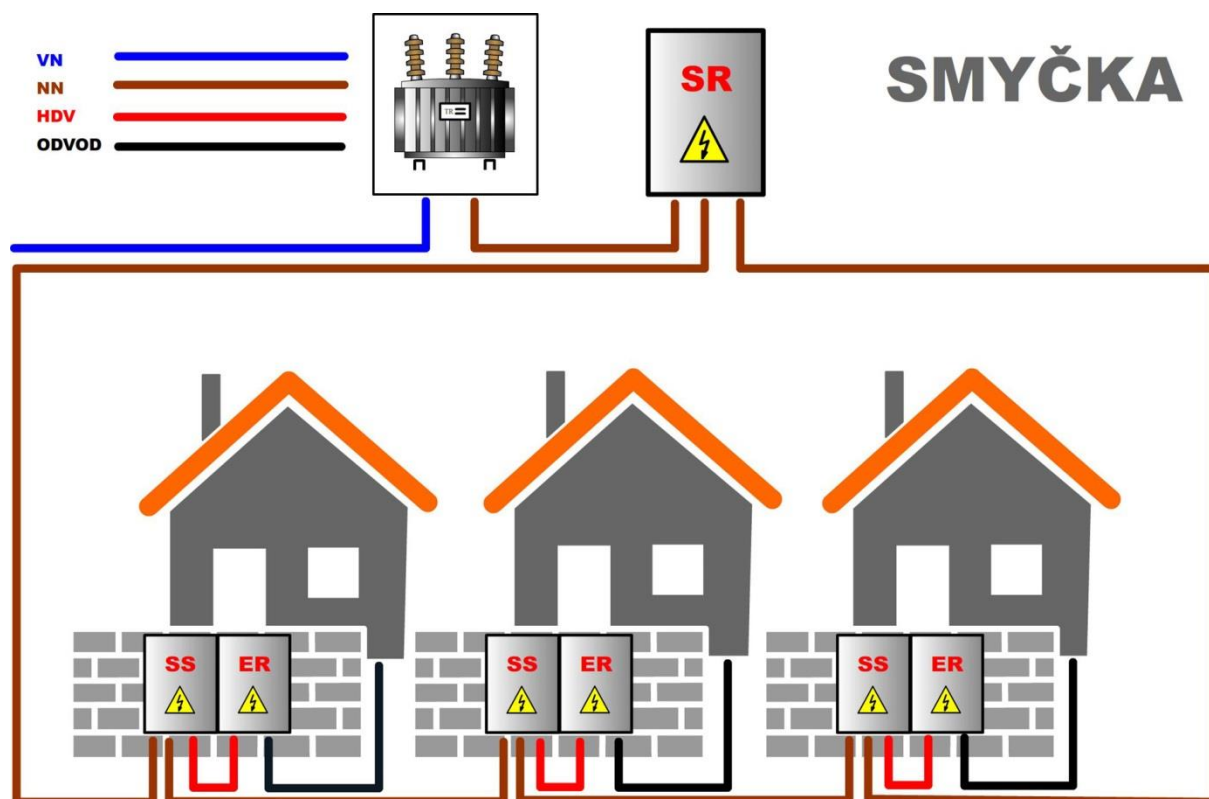
Obrázek 2:11 Odbočná T-spojka NN



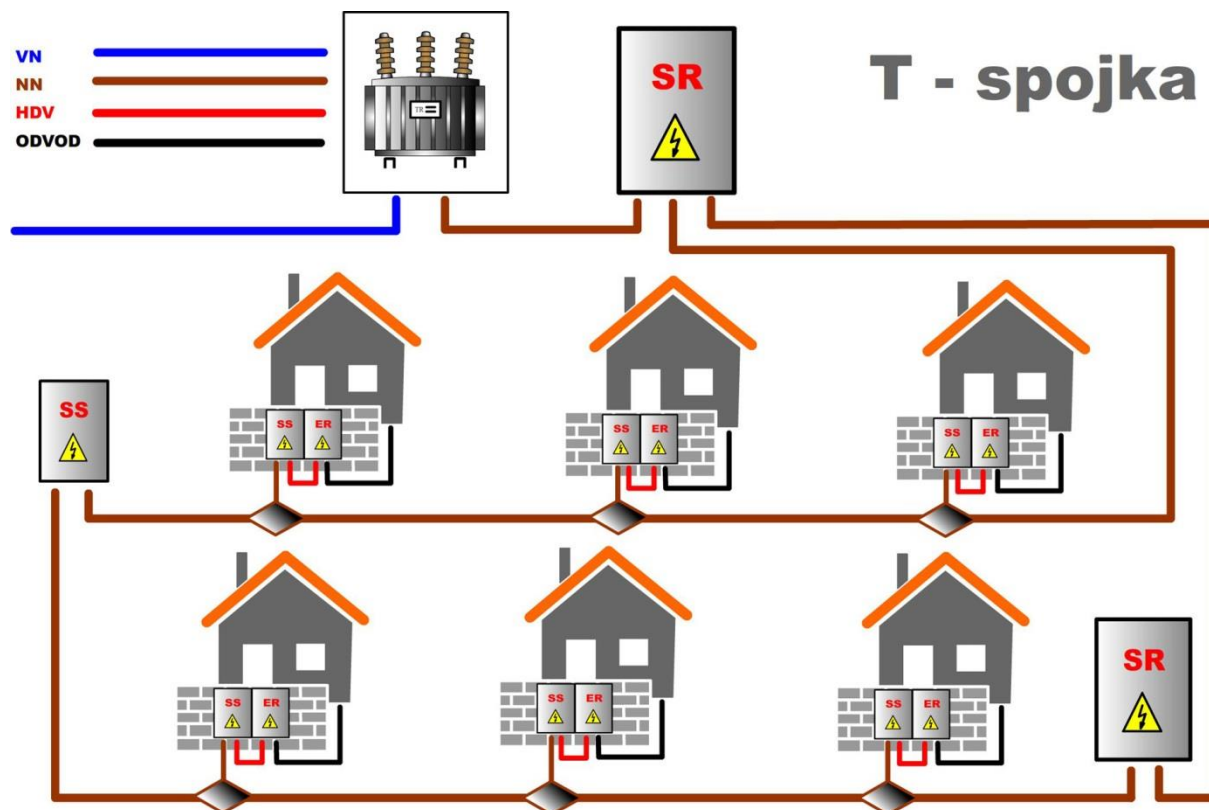
Obrázek 2:12 Připojení HDV ze smyčkovací skříně



Obrázek 2:13 Kabelosvod z venkovního vedení VN



Obrázek 2:14 Princip smyčkování kabelového vedení NN



Obrázek 2:15 Princip T-spojek na kabelovém vedení NN

2.2.2.2 PROVEDENÍ PŘIPOJENÍ VVN

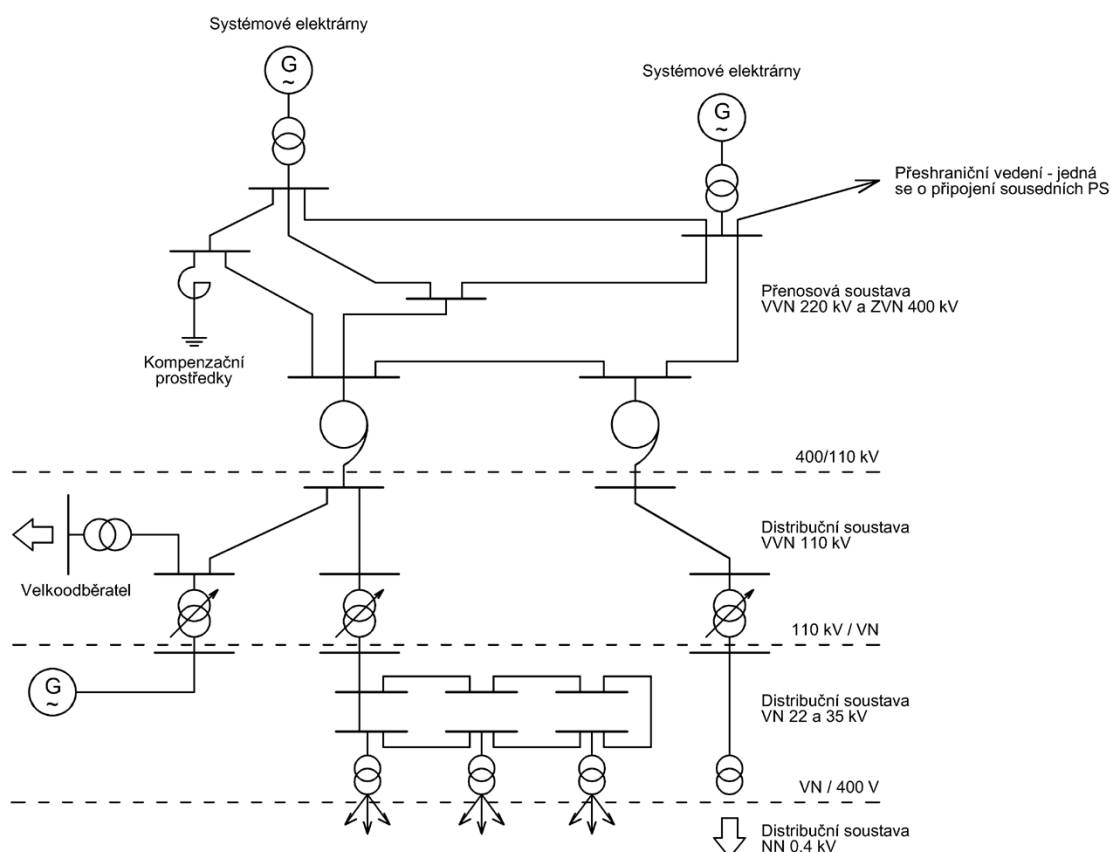
Pro přípojky VVN se standardně využívá venkovní vedení. Pouze ve velkých sídelních útvarech lze za standard považovat i připojení kabelovým vedením.

Standardně se připojení odběratele na napěťové úrovni VVN řeší:

- Vybudováním jedné přípojky z rozvodny VVN. Přípojka začíná odbočením od přípojnic 110 kV ve stanici PDS. Součástí přípojky je vývodní pole včetně technologie, tato technologie musí být kompatibilní s technologií použitou v zařízení PDS.
- Zasmyčkováním vedení do odběratelské stanice 110 kV/VN. V tomto případě fyzicky přípojka neexistuje, jedná se o přímé připojení z rozvodného zařízení PDS.

2.2.3 DISTRIBUČNÍ A PŘENOSOVÁ SÍŤ

Jedná se o vzájemně propojený soubor elektrických zařízení o daných napěťových hladinách. Aby k tomuto propojení mohlo dojít, je nutné vybudovat **síť elektrických stanic** plnící funkci **transformační, kompenzační a spínací**. Dle druhu sítě se používají vedení **nadzemní** a **kabelová**, přičemž nadzemní vedení mohou být **holá**, nebo **izolovaná**. Kabelová vedení se nejčastěji využívají v městských aglomeracích, kde není dostatek místa pro stavbu nadzemních vedení. Mimo zastavěné oblasti se naopak nejvíce využívají vedení nadzemní. Izolovaná nadzemní vedení se používají jen pro napěťové hladiny NN a VN. Pro napěťové hladiny VVN a ZVN jsou v provedení pouze holými vodiči.



Obrázek 2:16 Konfigurace elektrizační soustavy

2.2.3.1 KONFIGURACE JEDNOTLIVÝCH SÍTÍ

Jednotlivé sítě mohou být provedeny způsobem:

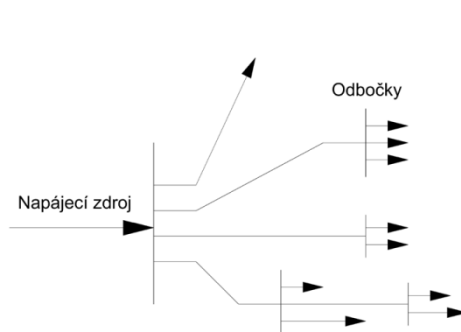
- **paprskovým** neboli **radiálním** – napájené z jednoho zdroje,
- **okružním** – napájené z jednoho zdroje v uzavřeném kruhu,
- **mřížovým** neboli **uzlovým** – napájené ze dvou nebo více zdrojů.

2.2.3.1.1 PAPRSKOVÝ (RADIÁLNÍ) ROZVOD

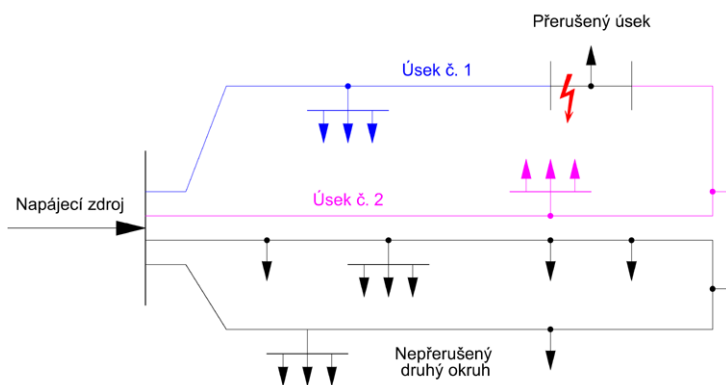
- Paprskový neboli radiální otevřený rozvod je napájen z jedné strany.
- Může být proveden pouze radiálně bez odboček, nebo jako vedení hlavní s odbočkami.
- Výhodou je jednoduché provedení tzn., nízká cena.
- Nevýhodou je pouze jeden zdroj napájení a větší úbytky napětí u vzdálenějších odběratelů.
- Při přerušení v některém úseku vedení jsou odběratelé za místem přerušení bez přívodu energie.

2.2.3.1.2 OKRUŽNÍ ROZVOD

- Jedná se o uzavřený rozvod.
- Vedení vychází a vrací se do jednoho zdroje, nebo jsou na trase okruhu další zdroje.
- Složitější provedení, tzn. vyšší cena výstavby.
- Při poruše v jednom bodě se síť rozpojí na dva úseky napájené z jednoho zdroje a omezení dodávky energie je minimální.



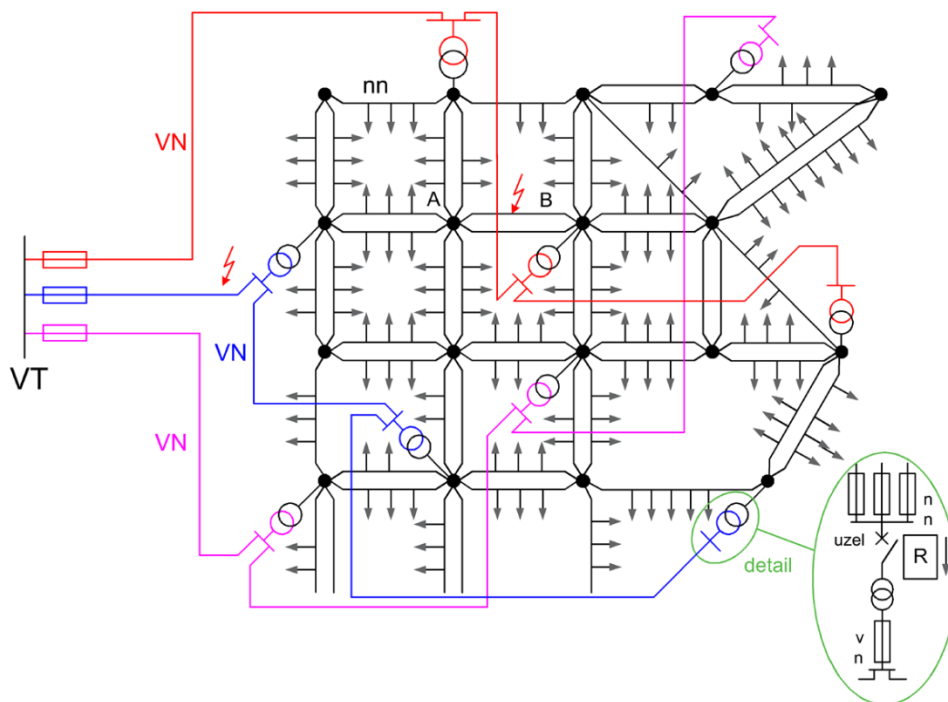
Obrázek 2:17 Paprskový rozvod



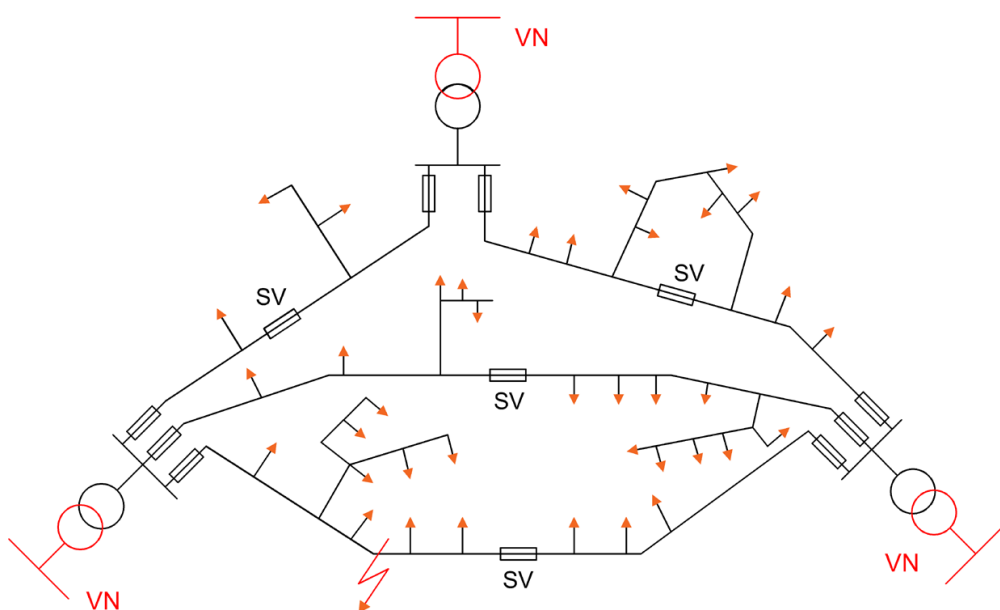
Obrázek 2:18 Okružní rozvod

2.2.3.1.3 MŘÍŽOVÝ (UZLOVÝ) ROZVOD

- Jednotlivé úseky vedení jsou mezi sebou spojeny – tvoří se uzlové body tzv. uzly.
- Jedná se tedy o zauzlenou síť.
- Z hlediska bezpečnosti napájení nejspolehlivější provedení.
- Užití u městských sítí a velkých průmyslových závodů.
- Nejsložitější na dimenzování ochran a cenově nejdražší provedení.



Obrázek 2:19 Klasický mřížový rozvod



Obrázek 2:20 Zjednodušený mřížový rozvod

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Definujte pojem elektrická přípojka.
2. Jakým vedením může být provedena elektrická přípojka?
3. Jaké jsou výhody okružního rozvodu?
4. Kde je možné se hlavně setkat s mřížovým rozvodem?
5. Jaké znáte základní druhy konfigurace elektrických sítí?

2.3 SÍŤ NN – DRUHY SÍTÍ, ZPŮSOB PROVOZU

Zdrojem napětí v síti NN je nejčastěji **sekundární vinutí distribučního transformátoru 22/0,4 kV, 22/0,42 kV nebo 35/0,4 kV.**



Obrázek 2:21 Distribuční jednosloupové trafostanice jako zdroj pro síť NN

2.3.1 ZPŮSOB PROVOZU JEDNOTLIVÝCH ÚSEKŮ VEDENÍ NN

- **Hlavní (kmenové) vedení** — vyvádí výkon z rozváděče trafostanice, kdy se může okružně vracet nebo propojovat vedení s další trafostanicí.
- **Odbočky** — zásobují elektrickou energií několik odběrů.
- **Přípojky** — přívod k jednomu odběrateli, kdy k ukončení dochází v přípojkové skříně.

POZNÁMKA: Pro jednotlivé úseky vedení jsou voleny různé průřezy vodičů. Na hlavním (kmenovém) vedení je z důvodů vyššího zatížení a nutnosti minimalizace **úbytků napětí** největší průřez.

2.3.2 DRUHY VEDENÍ NN

Distribuční síť nízkého napětí je poslední část distribuce elektrické energie ke spotřebiteli. Tvoří však část nejrozsáhlejší. Tato síť může být provedena buď venkovním nebo kabelovým vedením.

Kabelové vedení se dříve přednostně používalo jen ve městech, zatímco venkovní vedení se používalo v oblastech s menší hustotou osídlení (vesnice). Dnes se z provozních důvodů (zkvalitnění dodávky, náklady na provoz) postupně snažíme většinu dosluhujících venkovních (holých) vedení nahradit vedením kabelovým.

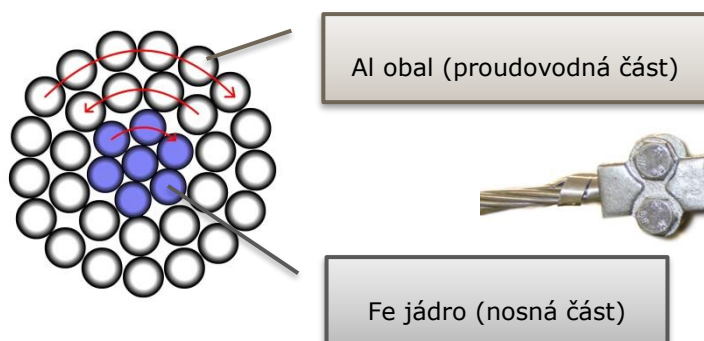
V současné době je podíl kabelového vedení NN na distribučním území EG.D cca 62 %.

Distribuční vedení nízkého napětí můžeme podle použitých technologií rozdělit takto:

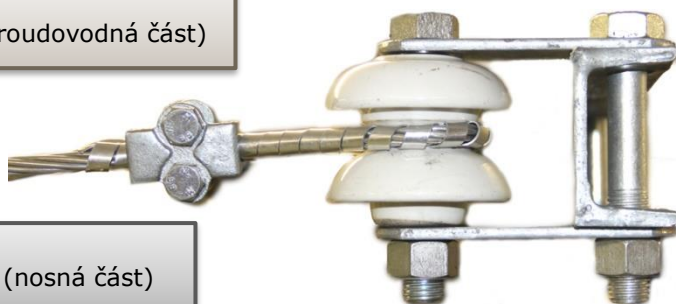
- Holá vedení **AlFe** (jen opravy stávajících vedení).
- Závěsná kabelová vedení pomocí kabelu **AYKYz**.
- Samonosný izolovaný systém **NFA2X, 1-AES**.
- Kabelová vedení **NAYY-J, AYKY-J**.

2.3.2.1 HOLÉ VEDENÍ (ALFE)

Používají se doposud v některých našich obcích, kdy z venkovní trafostanice jsou po dřevěných, betonových, někde i ocelových podpěrných bodech vedeny holé vodiče AlFe nebo ojediněle i holé Cu vodiče. Mnohdy tato vedení vedou i po střešnicích a vetknutých zedních konzolách.



Obrázek 2:22 Řez holým vodičem AlFe



Obrázek 2:23 Ukončení AlFe na kladkovém izolátoru

- Vodiče připevněny na podpěrné body — konzoly pomocí izolátorů a vazů.
- Nutné dodržení bezpečných vzdáleností od budov, prostorů apod. (ochrana polohou).
- Zvýšená náchylnost k poruchovým stavům (povětrnostní vlivy, zkratky).

2.3.2.1.1 TYPY IZOLÁTORŮ

Pro venkovní vedení se používají izolátory z tvrdého porcelánu. Dobrý izolátor musí mít hladkou polevu bez trhlin. Dle umístění se izolátory dělí na:

- **Roubíkové** – umístěné nad nebo pod konzolou, ke které jsou upevněny pomocí ocelového roubíku.
- **Kladkové izolátory** – umístěné v ose konzol.



Obrázek 2:24 Roubíkový izolátor s čepem



Obrázek 2:25 Kladkové izolátory

POZNÁMKA: Bílé izolátory se zpravidla používají pro fázové vodiče a hnědý izolátor pro vodič PEN.

2.3.2.1.2 TYPY PODPĚRNÝCH BODŮ

- **Dřevěné sloupy** — vhodné použití do nepřístupného terénu, kde je obtížná manipulace s betonovým stožárem.
- **Betonové sloupy** — dnes nejvíce používané u vedení NN (nevýhoda je hmotnost tzn. nevhodné do nepřístupného terénu).
- **Ocelové příhradové stožáry** — použití v případě že je nutné umístit vedení do větší výšky.



Obrázek 2:26 Holé vedení na betonovém sloupu



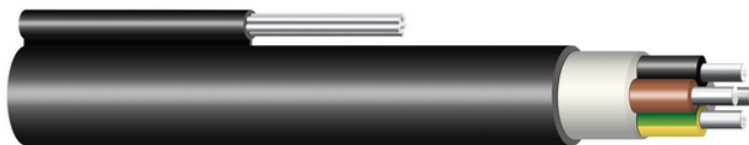
Obrázek 2:27 Izolované vedení NN na betonovém sloupu

2.3.2.1.3 DĚLENÍ PODPĚRNÝCH BODŮ DLE ÚČELU

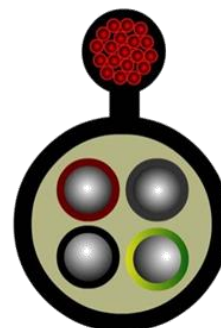
- N** Nosné (nesou vedení v přímém směru mezi dvěma pevnými body).
R Rohové (pro zachycení výsledného tahu při změně směru vedení).
V Výztužné (zpevňují mechanicky vedení v jeho přímém směru).
O Odbočné (pro odbočení z průchozího vedení).
Ko Koncové.

2.3.2.2 ZÁVĚSNÉ KABELY AYKY_z

Dříve se hojně používaly pro domovní přípojky, dnes se při rekonstrukcích a opravách nahrazují samonosným izolovaným systémem.



Obrázek 2:28 Závěsný kabel AYKY_z



Obrázek 2:29 Řez kabelem AYKY_z

2.3.2.3 SAMONOSNÝ IZOLOVANÝ SYSTÉM (NFA2X, 1-AES)

Novější provedení venkovních sítí je obecně mnohem méně náchylné na povětrnostní podmínky a mechanické namáhání. Samonosný systém (je složen ze čtyř stejných izolovaných hliníkových vodičů se stejnou konstrukcí) byl původně vyvinutý ve Skandinávii a používají ho některé další evropské země a také ČR. Tento systém byl vybrán rozvodnými závody v roce 1994 jako nejvhodnější technologie pro izolované venkovní distribuční vedení NN. Sítě takového provedení budou vzhledem k jejich stáří a odolnosti určitě ještě poměrně dlouho k vidění v některých našich obcích.

Vlastnosti a provozní výhody jsou tyto:

- Menší ztráty a vyšší spolehlivost oproti vedení AlFe.
- V současnosti nejpoužívanější venkovní nadzemní systém NN v rámci ČR.
- Odpadají zde nosné prvky, jako jsou izolátory a nosné konzoly.
- Vedení je uchyceno na kotevních a nosných svorkách.
- Jednotlivé fáze a vodič PEN se mezi sebou rozeznají dle výstupků na vodiči. Fáze L1 je označena jedním výstupkem, L2 dvěma výstupky a L3 třemi výstupky. Vodič PEN je hladký se značkou uzemnění.
- Vedení se instaluje rozvíjením z bubnu přímo na stožár.
- **Pozor:** nesmíme rozvíjet vedení po zemi, aby se nepoškodila izolace.
- **Pozor:** není vhodná instalace v blízkosti hořlavých ploch, izolace není samozhášivá.
- Pro domovní přípojky se volí průřezy 16–35 mm² a pro kmenové vedení 50 a 95 mm², na výjimku se používá i průřez 120 mm².



Obrázek 2:30 Konfigurace samonosných vodičů



Obrázek 2:31 Kotevní svorka



Obrázek 2:32 Nosná svorka

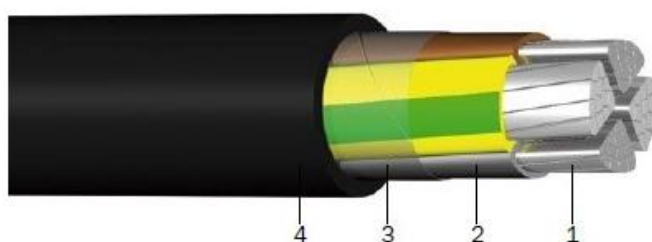


Obrázek 2:33 Propichovací proudová svorka

2.3.2.4 KABELOVÉ VEDENÍ

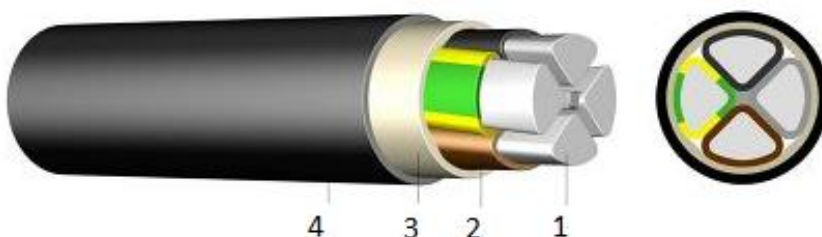
Obecně lze říci, že kabelová zemní vedení jsou oproti venkovním vedením podstatně dražší. To je zejména dáno náročností zemních výkopových prací a následnou úpravou povrchů. Výhodou kabelových sítí je uložení vodičů v dlouhodobě stabilním prostředí, dobře chráněném před vznikem atmosférického přepětí a povětrnostními vlivy a z toho plynou následně nízké provozní náklady. Součástí kabelových sítí NN jsou rozpojovací skříně (SR), přípojkové skříně smyčkovací (SS) a přípojkové (SP).

- Kabelové vedení NN je provedeno vždy jako čtyřvodičové.
- Jednotlivé vodiče kabelu mohou mít jádra s **kulatým** nebo **sektorovým** profilem.
- Jádra mohou být plná nebo slané.
- Materiál jádra je většinou hliník a materiál izolace je PVC.



1. Al jádro (SM)
2. Izolace žil (PVC)
3. Obal (plastová páska)
4. Plášť (PVC)

Obrázek 2:34 Provedení kabelu AYKY-J se sektorovým slanéým jádrem



1. Al jádro (SE)
2. Izolace žil (PVC)
3. Výplň z PVC (FM)
4. Plášť (PE)

Obrázek 2:35 Kabel NN NAYY-J se sektorovým plným jádrem

2.3.2.4.1 TYPY JADER KABELŮ NN

U kabelových vedení NN se používají profily jader:



Obrázek 2:36 Profily kabelových žil

Sektorový tvar jádra se používá u větších průřezů kabelů, aby se jednotlivé vodiče, lépe vešly do svazku. Ušetří se tím místo a kabel má menší průměr. Se sektorovým profilem jader se lze setkat pouze u kabelu NN. U kabelu VN se využívají pouze jádra kulatá.

Slanéý typ jader se používá z důvodu snadnější mechanické manipulace s kabelem.

Dříve se používaly kabely typu **1-AYKY-J** (A = hliníkové jádro, Y = PVC izolace žil, K = kabel, Y = plášť PVC, J = zelenožlutá žíla). Nyní jsou to kabely typu **1-NAYY-J**.

Na **páteřní trasy se používají kabely 4x 150 a 4x 240 mm²**. Pro **odbočky 4x 95 mm² a 4x 50 mm²**, pro přípojky pak **4x 25 mm² a 4x 16 mm²**. **V případě náhrady stávajících kabelů o průřezu 185 nebo 240 mm² se může použít i průřez 4x 240 mm².**

2.3.2.5 JMENOVITÉ PRŮŘEZY VODIČŮ V ROZVODECH NN

1,5 - 2,5 - 4 - 6 - 10 - 16 - 25 - 35 - 50 - 70 - 95 - 150 - 185 - 240 mm²

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Jaké znáte konfigurace provozu sítí?
2. Z jakých částí je složeno lano AlFe?
3. Jaké rozeznáváme profily jader u kabelového vedení NN?
4. Jak velké je ochranné pásmo u kabelového vedení NN?
5. Jaké typy izolátorů rozeznáváme u holého vedení AlFe o napěťové hladině NN?

2.4 SÍŤ VN – DRUHY SÍTÍ, STANICE VN/VN, VN/NN, ZPŮSOB PROVOZU

Zdrojem napětí v těchto sítích je zpravidla **sekundární vinutí distribučního transformátoru 110 kV/22 kV** popř. **110 kV/35 kV**. Tyto transformátory se nachází v rozvodnách VVN/VN. Do těchto sítí jsou také vyváděny výkony z větších zdrojů elektrické energie. Samotné sítě VN jsou provozovány jako **IT** bez vyvedení středního vodiče tzn., že uzel sítě je izolovaný nebo zemněný přes velkou impedanci. Velká impedance má indukční charakter a nazývá se **kompensační tlumivka (Petersenova cívka)**. Ta slouží k omezení kapacitních proudů vzniklých při první poruše tzv. zemním spojení. Dále se **uzel zdroje u IT sítě uzemňuje přes uzlové odporníky**. Tohoto provedení se využívá u kabelových sítí.

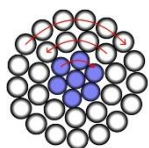
2.4.1 DRUHY VEDENÍ

Sítě VN jsou provedeny:

- vzdušným holým vedením AIFe,
- vzdušným jednoduchým izolovaným vedením — JIV,
- závěsným kabelovým vedením,
- zemním kabelovým vedením,
- plochými nebo trubkovými holými vodiči v případě rozvodu.

POZNÁMKA: Vzdušná vedení se z důvodu pořizovacích nákladů využívají převážně pro distribuci elektrické energie do vzdálenějších míst a lokalit s řidší zástavbou oproti kabelovým vedením, které se využívají převážně ve městech. V současnosti je ale z důvodu menšího ochranného pásma nutné využít kabelových vedení i mimo městské aglomerace.

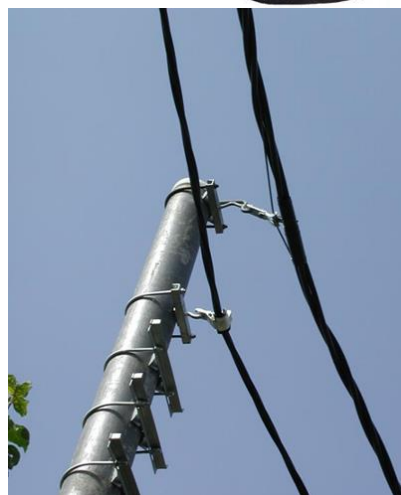
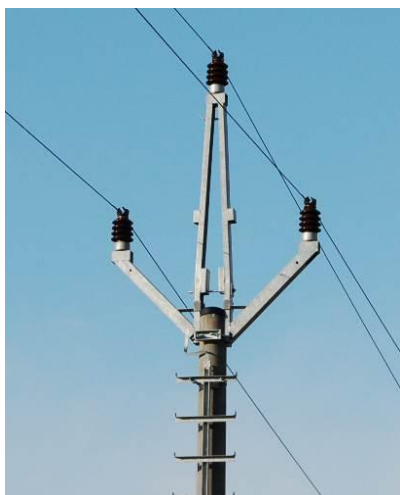
Holé vedení
VN



Jednoduché
izolované
vedení VN



Závěsný
kabel VN



Obrázek 2:37 Druhy venkovního vedení VN

2.4.1.1 VENKOVNÍ VEDENÍ VN

Provedení venkovního vedení VN je ve většině případů **s holými vodiči** nebo v některých opodstatněných případech je provedeno za pomoci **izolovaných vodičů**. Izolované vedení má, oproti holému, výhodu v menším ochranném pásmu, které klesá ze 7 m na 2 m. Této skutečnosti se dá dobře využít např. v lokalitách s lesním porostem, kdy není nutné provádět velké průseky kolem trasy vedení.

Instalaci vedení je možné provést na všechny běžné typy podpěrných bodů (dřevěné, betonové, ocelové — příhradové) stejně jako u vedení NN. Hlavní viditelný rozdíl je v **typech konzol** a **typech izolátorů**.



Obrázek 2:38 Izolované vedení VN umístěné v lesním porostu

2.4.1.1.1 TYPY KONZOL

Konzoly u linek VN jsou dnes předmětem diskuze především díky tématu ochrany ptactva. V současnosti jsou nejčastěji u vedení VN k vidění tři základní typy konzol.

- Rovinná konzola
- Delta konzola
- Pařát

Z hlediska ochrany ptactva se v současné době jako **nejbezpečnější považuje konzola ve tvaru pařát**. Bezpečnost tohoto systému lze navíc zvýšit např. instalací bidla pro dravce. Stávající rovinné konzoly, které jsou z hlediska úhynu dravců považovány za nejnebezpečnější, jsou osazovány ochrannými prvky, aby se úmrtnost ptáků snížila.



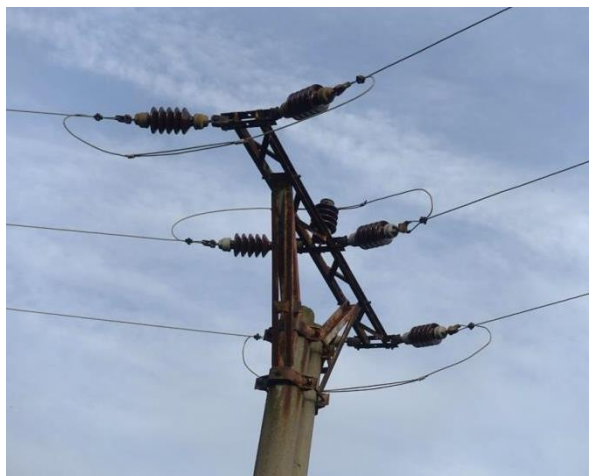
Obrázek 2:39 Rovinná konzola s ochranou proti dosedání ptactva



Obrázek 2:40 Konzola Delta s ochranou proti dosedání ptactva



Obrázek 2:41 Konzola Pařát



Obrázek 2:42 Těžká kotevní konzola

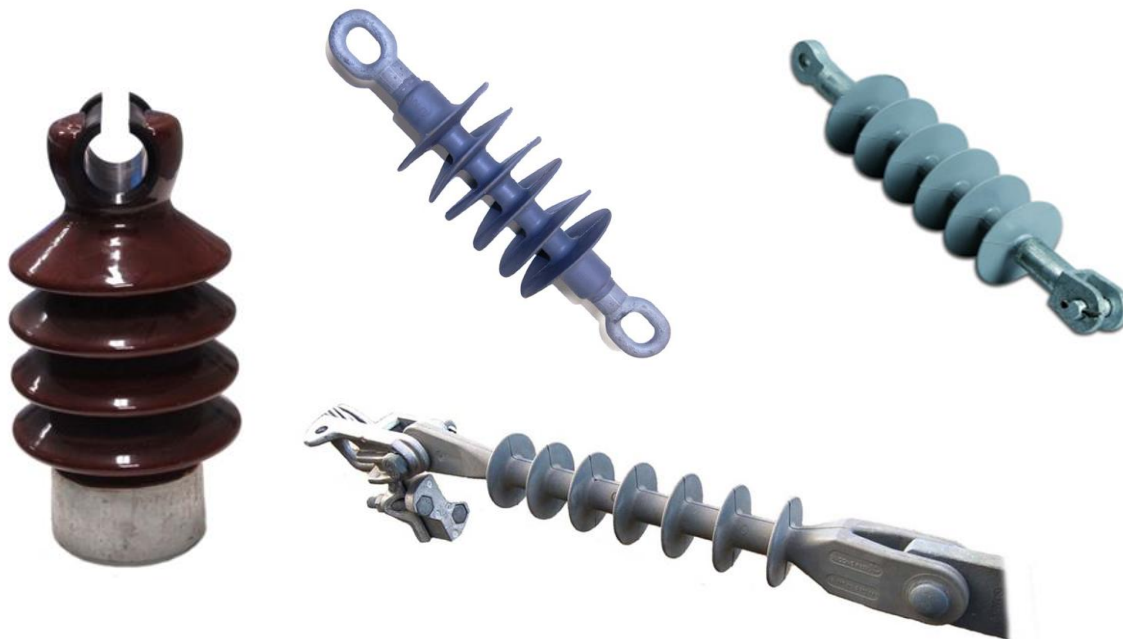
2.4.1.1.2 TYPY IZOLÁTORŮ

V případě izolátorů je zde rozdíl oproti vedení NN, že jsou větší a mají také dle způsobu uchycení vodičů různou funkci. Rozeznáváme izolátory:

- **Nosné neboli podpěrné** – umístěné nad konzolou,
- **Závěsné** – tyto izolátory mohou tvořit také izolátorové řetězce a jsou zatíženy tahem vedení.

Dle materiálu, ze kterého jsou izolátory provedeny, se izolátory dělí na:

- **Keramické,**
- **Polymerové** – tzn. nekeramické,
- **Kompozitní** – kombinace více materiálů tzn., že izolátor obsahuje jádro a plášť např. epoxidové – pryskyřice,
- **Skleněné** (staré provedení – v ČR se již nepoužívá, ale v rámci Evropy ano).



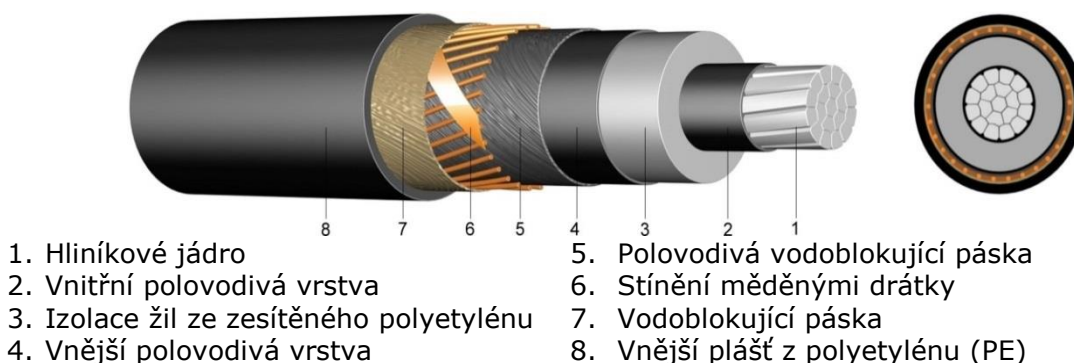
Obrázek 2:43 Nosné a kotevní izolátory pro venkovní vedení VN

2.4.1.1.3 PROVOZ VENKOVNÍCH VEDENÍ

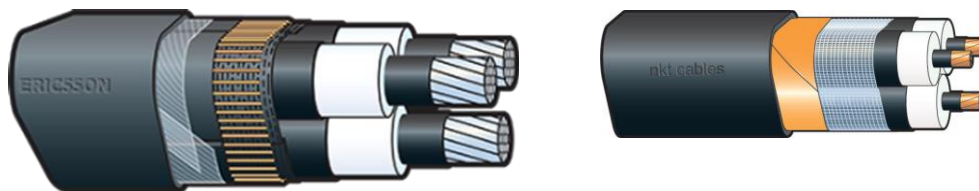
Venkovní vedení 22 kV neboli nadzemní vedení, jsou většinou provozována jako **paprsková**. Hlavní vedení, **tzv. kmenové linky** jsou však napájeny minimálně ze dvou různých transformoven 110/22 kV pro možnost zásobování elektrickou energií při nestandardních provozních stavech v síti. Kromě kmenových linek rozlišujeme **propojovací vedení**, která nám propojují různé kmenové linky, **odbočky**, které odbočují z kmenových linek a paprskově připojují pomocí **přípojek** jednotlivé transformační stanice. Standardně jsou venkovní sítě stavěny s holými vodiči. Obecně jsou použity na kmenové linky a propojovací vedení vodiče typu **110/22 AlFe**, na odbočky **70/11-1 AlFe** a na přípojky k trafostanicím **42/7 AlFe**. Jen ve výjimečných případech, jsou použity závěsné kabely VN.

2.4.1.2 KABELOVÉ VEDENÍ VN

Vedení je provedeno buď jako **trojžilové**, nebo je **každá fáze vedena samostatně**. Na rozdíl od kabelů NN jsou kabely VN provedeny pouze s kulatým jádrem.



Obrázek 2:44 Konstrukce jednožilového kabelu VN



Obrázek 2:45 Konstrukce trojžilových kabelů VN

POZNÁMKA: Univerzální kabely VN menších průřezů (např. FXCE 16 mm²) lze použít také jako závěsné uchycené na nosných svorkách. Jádra kabelů větších průřezů (AXCES 95 mm²) jsou hliníková a jádra kabelů menších průřezů jsou měděná.

2.4.1.2.1 PROVOZ KABELOVÝCH VEDENÍ

Kabelové sítě VN jsou navrhovány jako **kruhové**. Trafostanice v těchto sítích jsou připojovány zasmyčkováním průběžného kabelu (tj. dva přírady). Tyto kruhy jsou provozovány rozpojené s možností napájení z druhé strany. Kabelová vedení bývají uložena v zemi v pískovém loži a jsou doplněna mechanickou ochranou. Ve velkých městech se hlavní trasy mohou ukládat **do podzemních kolektorů**, kabely jsou pak uloženy na lávkách.

PRIMÁRNÍ NEBOLI HLUBINNÉ KOLEKTORY:

Nachází se až **35 m pod povrchem**. Do primárních kolektorů lze uložit všechny druhy inženýrských sítí mimo kanalizace a plynovodu.

SEKUNDÁRNÍ NEBOLI PODPOVRCHOVÉ KOLEKTORY:

Nachází se asi **5 m pod povrchem**. Výstavba kolektorů řeší problémy v historickém středu měst, kde je z prostorových důvodů vyloučené další ukládání sítí. Do sekundárních kolektorů lze uložit všechny druhy inženýrských sítí mimo plynovodu. V současné době se používají **kabely s izolací ze zesíťovaného polyetylénu**. Mezi nejčastěji používané kabely patří **typy AXEKVCEY** o průřezech **70, 150 a 240 mm²**. Od roku 2007 se v sítích provozovaných distribuční společností EG.D instaluje typ kabelu **NA2XS(F)2Y** (A hliníkové jádro, 2X zesíťená XLPE izolace, S měděné drátěné stínění, (F) podélná odolnost proti vodě, 2Y — PE vnější plášť). Tento typ kabelu se z požárních důvodů nesmí instalovat do kolektorů a kabelových prostor v budovách. Zde se i nadále v případě zaústění delších jak 3 m používá vedení typu AXEKVCEY. V dnešní době se lze ještě běžně setkat i s kabely s papírovou a olejem napuštěnou izolací (ANKTOPVs).



Obrázek 2:46 Podzemní kolektor



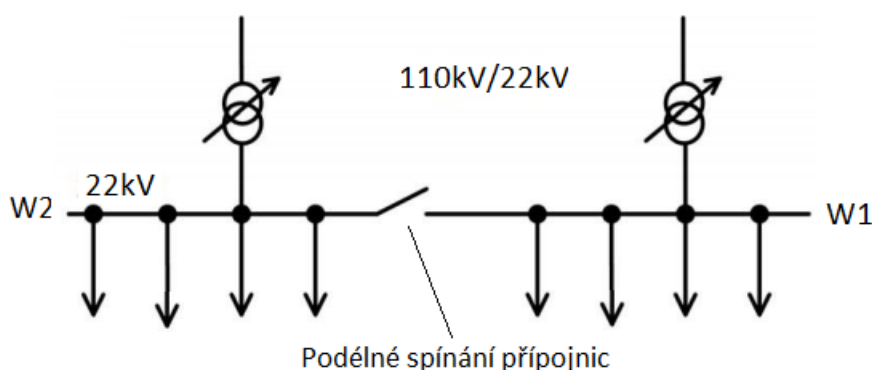
Obrázek 2:47 Kabelový prostor rozvodny před vstupem do kolektoru

2.4.2 ELEKTRICKÉ STANICE VN/VN A VN/NN

V sítích VN jsou používány z pohledu provozu **tři základní kategorie stanic**:

SPÍNACÍ STANICE (VSTUPNÍ ROZVODNY)

Jedná se o významné manipulační body v síti, kde se stýká více vedení VN. Jde o souhrn zařízení a staveb umožňující spínání elektrických obvodů (vedení) **stejného jmenovitého napětí** pro potřebný rozvod elektrické energie. Spínací stanice jsou vybaveny spínacími přístroji a přípojnici. Mohou v nich být instalovány i výkonové transformátory pro vlastní spotřebu.



Obrázek 2:48 Podélné spínání přípojnic

ROZPADOVÉ BODY

Jedná se o trafostanice v kabelových sítích, kde přívodní pole 22 kV jsou vybavena vypínači a ochranami a pomocí nich pak dochází k automatickému vypnutí v případech překročení některých kritických, na ochranách nastavených, hodnot. V těchto typech stanic se zpravidla osazuje dálkové ovládání přívodních polí (rozdávěče na straně VN), které pak mohou dispečeri využívat pro mnohem rychlejší manipulace z místa dispečinku.

TRANSFORMAČNÍ STANICE

Zde probíhá transformace (změna) z vysokého napětí na nízké, tedy z 22 kV na 400/230 V, které je již pak rozváděno k jednotlivým běžným odběrům. Dělíme je dle vlastnictví na distribuční a odběratelské. Z distribučních, které jsou ve vlastnictví EG.D, bývá připojeno i více menších odběratelů podnikatelů, tzv. kategorie **C** a vyvedeny distribuční rozvody do obcí právě k nejmenším odběrům – kategorie **D**, zatímco odběratelská trafostanice slouží zpravidla pro jednoho většího odběratele, kterému stanice patří, a tudíž je přímo připojen k síti 22 kV – tzv. kategorie **B**.

2.4.2.1 TYPY ELEKTRICKÝCH STANIC

Dle provedení lze dělit elektrické stanice na:

- **venkovní,**
- **vnitřní** (mohou být i podzemní),
- **zapouzdřené.**

POZNÁMKA: Ve vnitřních rozvodnách jsou transformátory a další elektrická zařízení VN umístěny do tzv. kobek a z tohoto důvodu se jim říká kobkové rozvodny. Tyto rozvodny jsou u zařízení VN velmi časté. Zapouzdřený systém se pak používá, pokud není dostatek

místa pro uložení elektrických zařízení. Jako izolační médium je využit plyn SF₆ (Fluorid sírový).



Obrázek 2:49 Kobková rozvodna 22 kV

2.4.2.2 TRANSFORMAČNÍ STANICE

Každá trafostanice **má svoji VN část** – vstupní rozváděč VN, jeden, nebo více transformátorů 22/0,4 kV a vybavené **NN rozváděče** pro vyvedení několika vedení nízkého napětí. VN části mohou být různé konstrukce. Např. na venkovních stanicích je vše umístěno na konstrukci podpěrného bodu, ve zděných stanicích jsou stavební konstrukce kobek s jednotlivými přístroji, jako jsou **vypínače, odpínače, odpojovače, zkratovače, měřicí transformátory**. V trafostanicích v kabelových sítích se nyní používají zapouzdřené, kompaktní či modulární rozváděče VN se vzduchovou izolací živých částí či izolací **plynem SF₆**. Je jich mnoho typů a konfiguračních variant. V sítích EG.D jsou nejčastěji zastoupena zařízení od společností Siemens, ABB, nebo Ormazabal.

PROVEDENÍ TRAFOSTANIC

Mohou být provedeny jako:

- **kioskové** — jsou nejmodernějším typem trafostanic. Technologická zařízení jsou umístěna v betonovém nebo plechovém kiosku. Jejich výstavba je rychlá a mají nízké provozní náklady,
- **sloupové**, popř. **příhradové**,
- **vestavěné**,
- **mobilitní**,
- **věžové** (starší typ provedení).



Obrázek 2:50 Sloupová trafostanice 22/0,4 kV



Obrázek 2:51 Věžová trafostanice 22/0,4 kV



Obrázek 2:52 Kioskové trafostanice 22/0,4 kV

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. K jakému účelu slouží transformační stanice?
2. Jakým způsobem lze provést vedení VN?
3. Jaké zapojení sítě se obvykle používá u vedení VN?
4. Jaké jsou hlavní části transformační stanice?
5. Jak se nazývá první porucha v síti IT a k čemu v síti při této poruše dochází?

2.5 SÍŤ 110 KV – DRUHY SÍTÍ, STANICE VVN/VN, ZPŮSOB PROVOZU

Sítě **110 kV** jsou v rámci ČR zařazeny do distribuční soustavy a jen omezeně do přenosové soustavy. Lze je provozovat jako **nadzemní** nebo **kabelové**. Nadzemní vedení je v ČR **pouze v provedení holém**, kdy je použito, **vodičů AlFe**. Kabelové vedení je zatím použito jen velmi málo z důvodu vyšších pořizovacích nákladů. U těchto vedení se lze v rozvodnách velmi často setkat i s tzv. **zapouzdřeným systémem rozvodů**. Tento způsob se využívá, jak již bylo zmíněno u systémů VN, pokud není v objektu dostatek místa pro položení vedení. Izolace je provedena opět plynem SF₆ (Fluorid sírový). Na rozdíl od systémů NN je u kabelů VN a VVN položena každá fáze samostatně.



Obrázek 2:53 Venkovního vedení 110 kV
(stožár typu SEDLÁK)



Obrázek 2:54 Venkovního vedení 110 kV
(stožár typu SOUDEK)

2.5.1 NADZEMNÍ VEDENÍ ALFE

Jako podpěrné body nadzemního vedení se zde využívá téměř výhradně **příhradových ocelových stožárů** z konstrukční oceli. Vzdálenost mezi jednotlivými stožáry dosahuje přibližně **200 až 300 m**. Výška stožárů se pohybuje okolo **27–35 m**. Jednotlivé vzdálenosti a výšky stožárů jsou ovlivněny krajinou a počtem lomových bodů po trase vedení. Průřezy vodičů dosahují **185 mm²**, popřípadě **240 mm²** (výjimku tvoří průřezy 350–450–670 mm²). Jednotlivé vodiče jsou na stožárech upevněny pomocí izolátorů (dnes i kompozit) a přenesou výkon cca 80–100 MW, což je výkon, který odpovídá spotřebě cca 8–10 tis. rodinných domů. Tato venkovní vedení 110 kV jsou **provozována převážně jako okružní**, připomínající pavučinu, která **splňuje spolehlivostní kritérium N-1** tzn., že při poruše jednoho vedení převezmou jeho zátěž ostatní prvky, které zůstaly v provozu.

Na vrcholku stožáru je umístěno tzv. **kombinované zemní lano** (dále jen **KZL**), které primárně plní ochrannou funkci – chrání vedení proti zásahu bleskem. Uvnitř tohoto lana vedou optická vlákna, která jsou využívána jako jeden z nejspolehlivějších a nejbezpečnějších prvků zajišťujících nezbytný přenos informací, komunikaci mezi rozvodnami a dispečinkem.

2.5.1.1 OCHRANA NADZEMNÍHO VEDENÍ PROTI NÁMRAZE

Za nepříznivého počasí může na vedení vzniknout tzv. námrazek. Ten lze odstranit dvěma způsoby:

- **Mechanicky** – oklepáním, ručně pomocí izolované tyče (málo efektivní a velmi fyzicky náročná metoda).
- **Vyhříváním vodičů.**

2.5.1.1.1 VYHŘÍVÁNÍ VODIČŮ

Využívá se jednoho ze základních zákonů elektrotechniky, tj. vzniku tepla při průchodu elektrického proudu vodičem. Tento velice efektivní způsob předcházení poruchovým stavům byl zaveden dispečerským řízením VVN již v 70. letech minulého století. Podstatou je znalost distribučního území a příslušných vedení 110 kV, na kterých může námraza vznikat. Tato vedení se upraví technicky tak, aby na jednom konci mohlo být vedení zkratováno (uzemňovačem) a z druhé strany připojeno na napěťovou hladinu VN. V oblasti Českomoravské vrchoviny, kde se námraza na vodičích často v zimním období tvoří, jsou vybrané transformátory 110/22 kV zapojeny tak, aby v případě potřeby mohly být vyjmuty z běžného provozu a použity pro vyhřívání vedení. Dle impedance vedení se na základě výpočtu určí metoda vyhřívání, tj. způsob zapojení vinutí transformátoru 110/22 kV, určeného pro vyhřívání, k dosažení potřebného vyhřívacího proudu, který bývá 150 až 200 % proudu jmenovitého. Díky této konfiguraci začne daným vedením protékat proud, který vyvine právě tolik tepla, aby námraza samovolně odpadla a zároveň nedošlo k tepelnému poškození vedení. Samotné vyhřívání vedení trvá do opadání námrazku z vodičů zpravidla 30 až 60 minut. Tímto technickým opatřením jsou eliminovány v maximální míře možné důsledky kalamitních stavů. Obdobným způsobem lze provádět i vyhřívání vedení 22 kV.

POZNÁMKA: Při hmotnosti námrazy 1 kg na 1 m vodiče se na jednom rozpětí dvojitého vedení 110 kV (délka cca 200 m) zvýší zatížení o 1400 kg (2 x 3 fázové vodiče + 1 x zemní lano) x 200 m x 1 kg/m = 1400 kg. Historicky byla zaznamenána i hmotnost námrazy více jak 10 kg na 1 m délky vodiče.

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t$$

Kde:

Q — je elektrické teplo [J] – teplo ve vodiči roste s druhou mocninou proudu

R — je elektrický odpor [Ω]

I — je elektrický proud [A]

t — je čas [s]

2.5.1.2 STOŽÁRY

Stožáry u vedení VVN **1x 110 kV**, **2x 110 kV**, případně **4x 110 kV** jsou provedeny jako:

2.5.1.2.1 NOSNÉ STOŽÁRY (N)

Jsou to mezilehlé stožáry přímé trasy, na kterých jsou vodiče zavěšeny pomocí svislých izolátorových závěsů.

2.5.1.2.2 VÝZTUŽNÉ-KOTEVNÍ STOŽÁRY (V)

Vytvářejí pevné body na trase. Vodiče jsou ke stožáru připojeny pomocí kotevních izolátorových závěsů, namáhaných plným tahem vodičů. Výztužné stožáry jsou důležité i pro napínání vodičů, při montáži.

2.5.1.2.3 ROHOVÉ STOŽÁRY (R)

Tyto stožáry jsou v lomech trasy, mohou být jako nosné nebo zároveň výztužné.

2.5.1.2.4 KONSTRUKCE STOŽÁRŮ VVN 110 KV

Příhradová ocelová konstrukce stožárů 110 kV je tvořena z válcovaných rovnoramenných úhelníků v provedení celošroubovaném, nebo v kombinaci se svařovanými díly. Povrchová ochrana konstrukce je prováděna **žárovým pozinkováním** nebo **nátěrem**.



Obrázek 2:55 Vývod z rozvodny a ohraňovaný stožár 110 kV

2.5.2 KABELOVÁ VEDENÍ VVN

Tato technologie je využívána většinou v případech propojení rozvodn 110 kV ve velkých městech, kde výstavba venkovních vedení VVN není možná. Nevýhodou jsou mnohem větší investiční náklady a další technické problémy v případě instalace ve volném terénu, zpravidla u chodníku, kde není dostatek místa a často může dojít k porušení kabelu při zemních pracích.



Obrázek 2:56 Kabel VVN 110 kV



Obrázek 2:57 Výkop pro kabelové vedení 110 kV



Obrázek 2:58 Uložení kabelového vedení 110 kV v primárním kolektoru

2.5.3 ELEKTRICKÉ STANICE VVN/VN

Rozvodna 110 kV je ve standardním provedení venkovní. Toto rozvržení rozvodny je prostorově náročné, protože musí být dodrženy vzdálenosti mezi živými částmi pod napětím vzhledem k okolnosti, že izolační médium je zde vzduch. V případě, že není pro takový typ rozvodny dostatek místa, nebo jsou například terén či okolní infrastruktura příliš komplikované pro její zbudování, je výhodné využít již zmiňovaný systém zapouzdřené rozvodny 110 kV. Zapouzdřená rozvodna 110 kV je složená z jednotlivých modulů, které jsou hermeticky uzavřené a vyplněné speciálním plynem SF₆ (hexa fluorid sírový). Díky tomuto plynu jsou razantně sníženy vzdálenosti mezi živými částmi pod napětím, aniž by došlo k přeskoku mezi částmi s rozdílným potenciálem. Rozvodna zapouzdřeného typu je pak mnohonásobně menší než rozvodna venkovního provedení.



Obrázek 2:59 Zapouzdřená rozvodna 110 kV

2.5.3.1 TRANSFORMOVNY 110KV

Jedná se převážně o **rozvodny 110 kV s transformátory 110/22 kV, a s rozvodnami 22 kV**. Každá rozvodna se skládá z **jednotlivých polí**, jako jsou vývody na vedení, vývody na transformátory a další podstatné části rozvodny. Každé pole rozvodny se dále skládá z jednotlivých výkonových prvků, kterými jsou vypínače, odpojovače, uzemňovače a měřicí transformátory proudu a napětí.



Obrázek 2:60 Rozvodna 110 kV

2.5.3.1.1 VÝKONOVÝ VYPÍNAČ

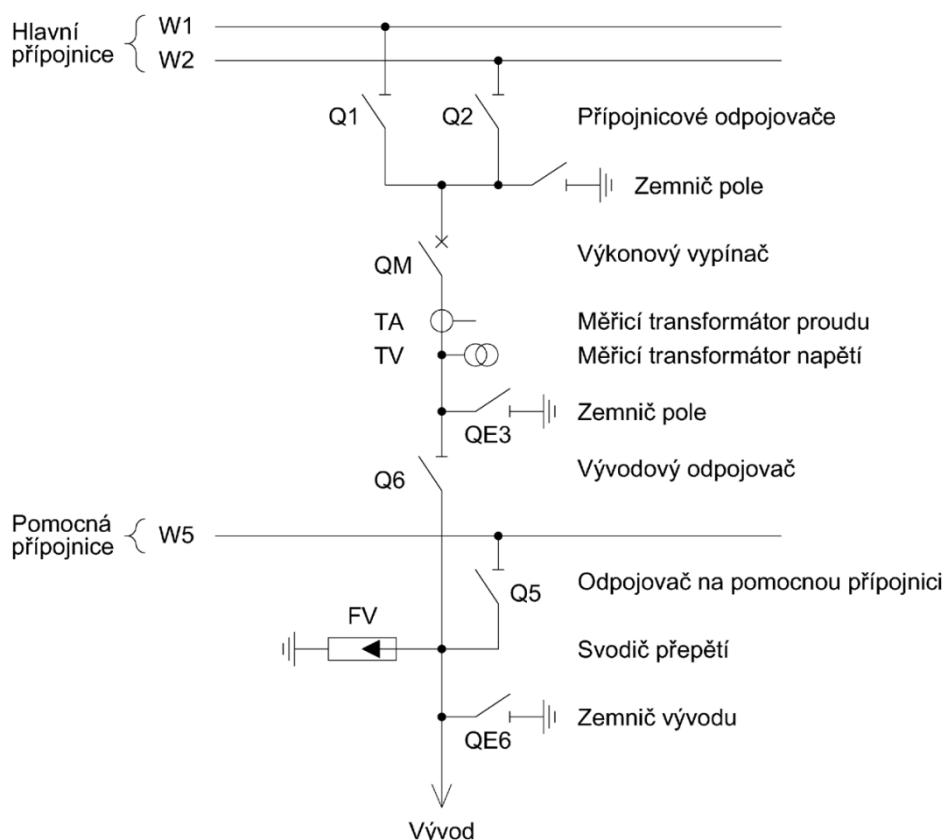
Má za úkol vypnout daný vývod v případě výskytu poruchy, nebo v případě nutnosti vypnutí vedení při plánovaných pracích. Poruchy mohou nastat na vedení, transformátoru nebo na některém prvku v rozvodně. Mezi nejobvyklejší poruchy patří zkrat, přetížení, přepětí atd.

2.5.3.1.2 ODPOJOVAČ

Má za úkol odpojit vybranou část rozvodny od části pod napětím. Tento úkon musí být ovšem prováděn pouze bez zatížení, protože odpojovače na rozdíl od výkonových vypínačů nemají zhášecí ústrojí pro přerušení elektrického oblouku, který při vypínání na kontaktech spínacích přístrojů vzniká.

2.5.3.1.3 MĚŘICÍ TRANSFORMÁTORY PROUDU A NAPĚTÍ

Měřicí transformátory umožňují měřit napětí a proudy v zařízeních, vedeních, silových transformátorech apod. o napětí VN a VVN, kde nelze tyto veličiny měřit přímo. Různá typová pole mají odlišné vybavení těmito přístroji. Tyto měřicí transformátory poskytují jednak informaci o napětích a proudech při normálním provozním stavu, případně slouží pro fakturační měření. Mají však také speciální vinutí, která dokáží podat věrohodnou informaci o tom, že na vedení nebo třeba na transformátoru vznikla porucha (například zkrat), kterou musí správně vyhodnotit příslušná ochrana a vyslat vypínací povel na přiřazený vypínač.



Obrázek 2:61 Uspořádání vývodové odbočky

KONTROLNÍ OTÁZKY

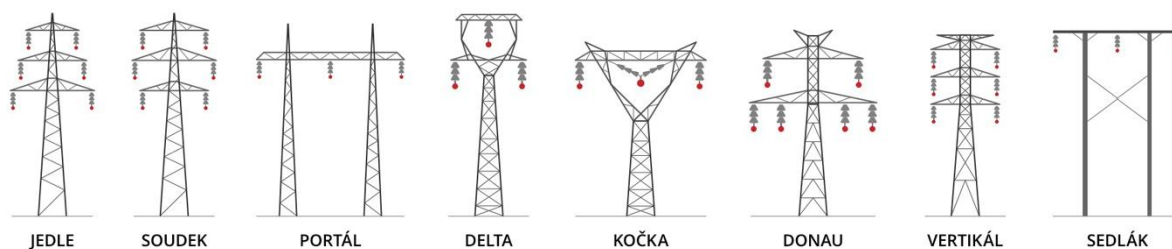
1. Jaké druhy sítí VVN 110 kV rozeznáváme?
2. Co je zdrojem napětí v síti 110 kV?
3. Jaké spolehlivostní kritérium musí být splněno v rámci provozu sítí 110 kV a co to znamená?
4. Jaké jsou hlavní části rozvodny 110 kV?
5. Jaké druhy přístrojových transformátorů rozlišujeme?

2.6 SÍŤ 220 A 400 KV – PŘENOSOVÁ SOUSTAVA ČR, ZÁKLADNÍ INFORMACE

Provozovatelem přenosové soustavy ČR je společnost ČEPS, a.s.. Přenosová vedení jsou specifická tím, že **nemají žádné odběratele elektrické energie** v podobě domácností, nebo průmyslových podniků. **Slouží pouze pro přenos elektrické energie** a často se tato síť nazývá **páteřní soustavou**. Rozvodny přenosové soustavy napájejí distribuční síť. Samotné vedení je stejně jak u systému VVN 110 kV většinou provedeno nadzemním holým vedením ALFe a omezeně kabelovým vedením, kdy je možné také využít v případě nedostatku místa zapouzdřeného systému. Síť 220 a 400 kV jsou provozovány jako TT, stejně jako u sítě 110 kV. Vodiče u napěťových hladin 400 kV jsou vedené v tzv. **trojsvazku**. Jde o svazkové uspořádání vodičů tvořících jednu fázi. Tím se docílí zvětšení průřezu, což má za následek snížení úbytku napětí vzniklého při přenosu elektrické energie. **Izolátory** jsou použity **keramické, skleněné** nebo **kompozitní**. Průměrná **výška** stožárů je **40 m**, přičemž nejvyšší stožár DUNAJ měří **69,6 m**, naproti tomu nejtěžší stožár SOUDEK má **89 tun**. Stožáry jsou schopny odolat větrným nárazům až 216 km/h. V případě rozvodu jsou jednotlivé úseky mezi sebou propojeny kromě lanových vodičů, také **holými trubkovými vodiči**. Lanové přípojnice ALFe jsou provedeny z **dvojsvazku**. Pro rozvodny 400 kV je použito většinou vodičů 2x 750 nebo 2x 670 mm² ALFe a v rozvodnách 220 kV 2x 670 nebo 2x 350 mm² ALFe. O chod přenosové soustavy se v nepřetržitém provozu stará **dispečerská služba ČEPS, a.s.**



Obrázek 2:62 Rozvodna 400 kV

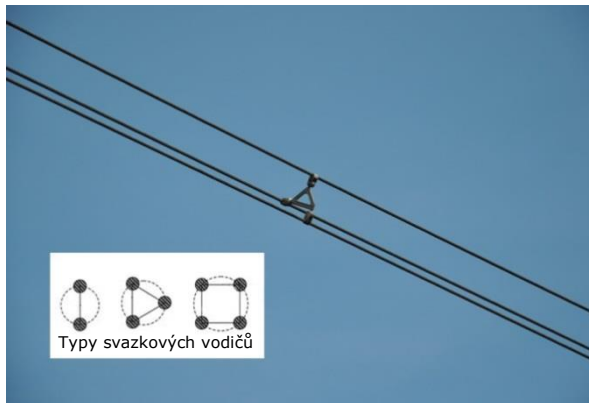


Obrázek 2:63 Typy stožárů VVN a ZVN⁵

⁵ <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/distribuce-elektriny/distribuce-elektricke-energie-podrobne/stozary-linek-vvn-vn-a-nn/vyklad>



Obrázek 2:64 Vedení ZVN 400 kV
(výstužný stožár typu KOČKA)



Obrázek 2:65 Uspořádání vodičů v trojsvazku



Obrázek 2:66 Vedení ZVN 400 kV
(nosný stožár typu DELTA)



Obrázek 2:67 Vedení ZVN 400 kV
(stožár typu PORTÁL)

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Kdo je provozovatelem přenosové soustavy ČR?
2. Jaké se používají typy stožárů v přenosové síti ČR?
3. Jakými vodiči je provedeno vedení 400 kV a proč?

2.7 TRANSFORMÁTORY VVN/VN, VN/NN, UZLOVÉ ODPORNÍKY, KOMPENZAČNÍ TLUMIVKY

2.7.1 TRANSFORMÁTORY

Transformátor je netočivý elektrický stroj pracující na principu elektromagnetické indukce.

2.7.1.1 ŠTÍTKOVÉ HODNOTY TRANSFORMÁTORU

Charakteristické údaje každého transformátoru jsou uvedeny na **výrobním štítku**. Mezi základní údaje patří:

Tabulka 2:4 Štítkové hodnoty transformátoru

Elektrické vlastnosti:	Neelektrické vlastnosti:
Primární a sekundární napětí U₁, U₂	Krytí IPXX
Primární a sekundární proud I₁, I₂	Hmotnost
Procentní napětí na krátko u_k	Výrobce
Zdánlivý výkon S	Výrobní číslo
Zapojení vinutí např.: Yy	Chlazení
Frekvence f	

2.7.1.2 KONSTRUKCE TRANSFORMÁTORU

Základem transformátoru je **magnetický** a **elektrický obvod**.

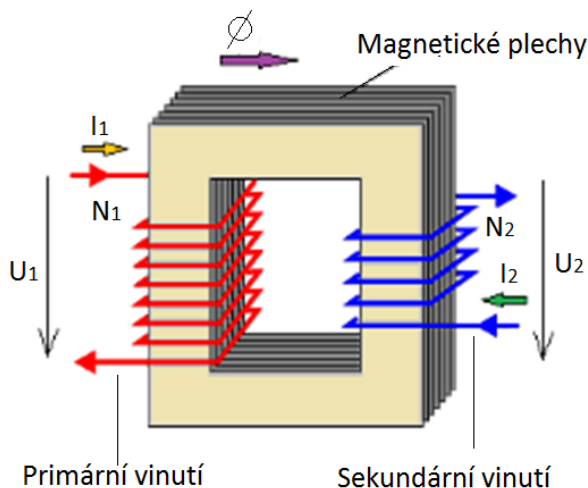
2.7.1.2.1 MAGNETICKÝ OBVOD TRANSFORMÁTORU

Složen je z elektrotechnických plechů, které jsou vzájemně izolovány povrchovou úpravou plechu – lakováním. Elektrotechnické plechy se na sebe složí a tím vytvoří tzv. **jádro transformátoru**. V jádru vzniká při průchodu proudu cívkami magnetický indukční tok, který umožní vznik indukovaného napětí.

2.7.1.2.2 ELEKTRICKÝ OBVOD TRANSFORMÁTORU

Proveden izolovanými vodiči, které tvoří tzv. **cívky/vinutí** transformátoru. Ke zdroji **střídavého napětí** se připojuje **primární cívka** a ke spotřebiči se připojuje **sekundární cívka**. Obě cívky mají určitý počet závitů o daném průřezu vodičů podle toho, jaký je požadavek na transformační poměr a výkon transformátoru.

POZNÁMKA: Transformátory nemusí vždy na jednu fázi obsahovat dvě vinutí (primární a sekundární). Lze se setkat s transformátory **jednovinuťovými** tzv. **autotransformátory**, nebo **vícevinuťovými** např. s **terciárním vinutím**.



Převod transformátoru

$$p = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

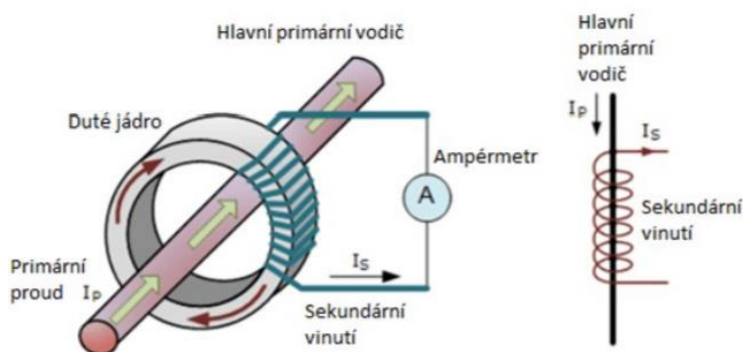
Udává poměr mezi vstupními a výstupními veličinami transformátoru

Kde:

U₁ – napětí primárního vinutí
 U₂ – napětí sekundárního vinutí
 N₁ – počet závitů primárního vinutí
 N₂ – počet závitů sekundárního vinutí
 I₁ – proud primárního vinutí
 I₂ – proud sekundárního vinutí

Obrázek 2:68 Konstrukce transformátoru

POZNÁMKA: Z uvedeného vztahu pro převod např. vyplývá, že se vzrůstajícím počtem závitů sekundárního vinutí napětí roste a s klesajícím počtem závitů se napětí snižuje.



Obrázek 2:69 Konstrukce přístrojového transformátoru proudu⁶

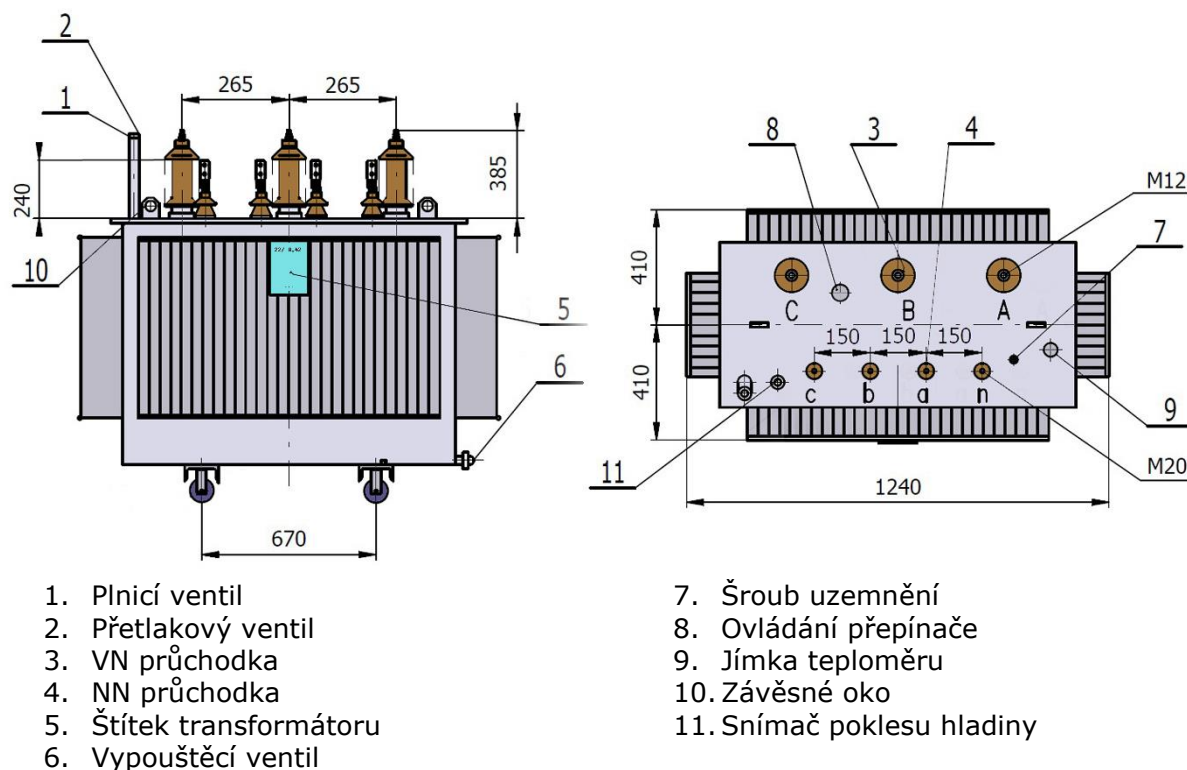
2.7.1.3 POUŽITÍ TRANSFORMÁTORU

- Transformace střídavého elektrického napětí a proudu z jedné napěťové hladiny na jinou. K transformaci dochází změnou počtu závitů. Přenášet velký výkon na velké vzdálenosti je výhodnější při vyšším napětí a nižším proudu.
- Galvanické oddělení obvodů.
- Vazební transformátory (zdroj signálu HDO).
- Transformátor s příčnou regulací fáze (PST — Phase Shifting Transformers) slouží k regulaci přeshraničního přetoku elektrické energie.
- Měřicí transformátory (MTP — měřicí transformátory proudu, MTN — měřicí transformátory napětí nebo kombinace obou zmíněných).

6

https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/136313/GOL0054_FEI_B2649_3907R001_2019.pdf?sequence=1

2.7.1.4 DISTRIBUČNÍ TRAFORMÁTOR VN/NN



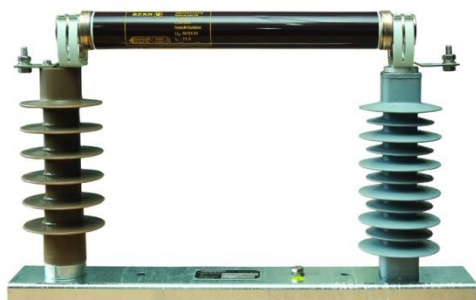
Obrázek 2:70 Distribuční transformátor ELIN 400 kVA-22/0,42 kV

2.7.1.5 VÝKONOVÉ ŘADY TRANSFORMÁTORŮ VN/NN

Transformátory VN/NN jsou u distribučních společností použity **převážně olejové, hermeticky uzavřené**, ve **výkonové řadě 50, 100, 160, 250, 400 a 630 kVA**. Běžně je **dostačující výkon do 400 kVA**. Transformátory o výkonu 630 kVA jsou navrhovány pouze do míst s vyšší koncentrací spotřeby, tedy do center měst a průmyslových zón.

2.7.1.6 JIŠTĚNÍ TRANSFORMÁTORU

Transformátory se na primární straně jistí pojistkami VN a na sekundární straně pojistkami NN typu gTr a jističi.



Obrázek 2:71 Pojistkový držák s omezovačem přepětí VN⁷



Obrázek 2:72 Nožové pojistky NN typu gTr⁸

⁷ <https://obchod.kamat.cz/produkty/spodek-poj-vl-1045-vyrobek>

⁸ https://www.elektro-svitidla.com/nozova-pojistka-nv2-400v-gtr-250a-004114406-ea959483.php?gclid=EAIaIQobChMIuNWyz-HZ5gIVzbTtCh3DZwLtEAQYASABEgI-ffd_BwE

2.7.1.7 REGULACE NAPĚTÍ NA TRANSFORMÁTORU

Transformátory, které zajišťují transformaci napětí lze dle regulace napětí na výstupních svorkách rozdělit na dva typy:

- Transformátory s odbočkami.
- Transformátory regulační.

2.7.1.7.1 TRANSFORMÁTORY S ODBOČKAMI

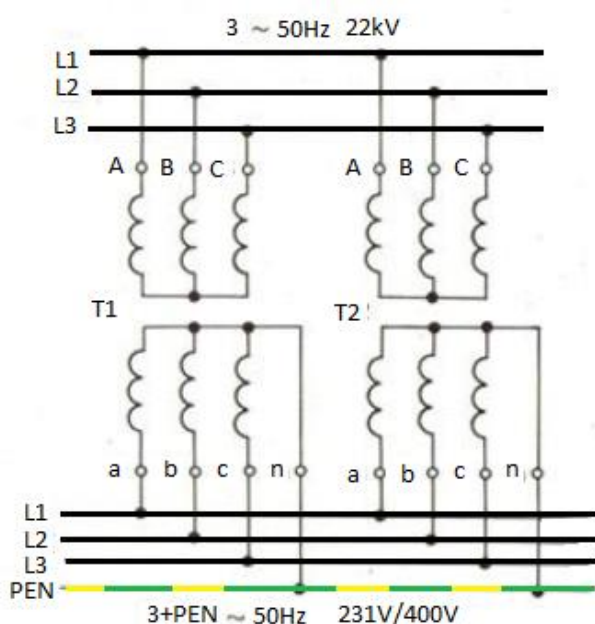
Tento druh regulace napětí používají hlavně distribuční transformátory VN/NN. Jedná se o regulaci napětí, která je možná jedině, když je transformátor vypnut. Odbočky jsou většinou navrženy na $\pm 5\%$ nebo $\pm 2,5\%$ jmenovitého napětí. Vzhledem k okolnosti, že jde o velmi jednoduchý a levný princip, tak má velmi velké využití v rámci distribučních sítí.

2.7.1.7.2 TRANSFORMÁTORY REGULAČNÍ

Mívají 8 až 16 regulačních stupňů po 2% až $2,5\%$ jmenovitého napětí. Přepínání odboček se děje pod zatížením dálkovým způsobem. Jsou to zpravidla transformátory v rozvodnách 400(220)/110 kV (obvykle provedené jako autotransformátory) a v rozvodnách 110/22(35) kV (obvykle provedené s dvěma a více vinutími).

2.7.1.8 PARALELNÍ CHOD TRANSFORMÁTORŮ

Paralelní zapojení transformátoru lze využít např. při požadavku na větší výkon.



Primární strana T1 a T2

3fázový, $f=50\text{ Hz}$, $U_1=22\text{ kV}$

Sekundární strana T1 a T2

3fázový + PEN, $f=50\text{ Hz}$, 230/400 V

Obrázek 2:73 Paralelní zapojení dvou transformátorů⁹

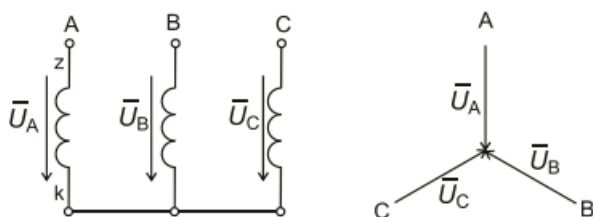
⁹ <https://slideplayer.cz/slide/3341492/>

1. Stejný převod.
2. Stejný sled fází.
3. Stejný hodinový úhel.
4. Stejné napětí nakrátko.
5. Poměr jmenovitých výkonů do 3:1 (doporučení).

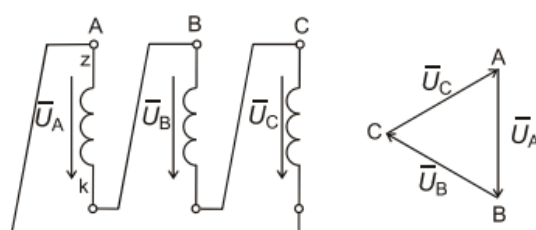
POZNÁMKA: Pokud by jedna z podmínek nebyla splněna, transformátorem by začaly protékat velké vyrovnávací proudy a došlo by k jeho přetížení.

2.7.1.9 ZAPOJENÍ VINUTÍ TRANSFORMÁTORU

Vinutí transformátoru lze zapojit do hvězdy, trojúhelníku nebo lomené hvězdy. U spojování vinutí se definuje tzv. hodinový úhel, kdy jedna hodina je rovna třiceti stupňům elektrickým. Jednotlivé fáze transformátoru jsou pootočený o 120 stupňů elektrických.



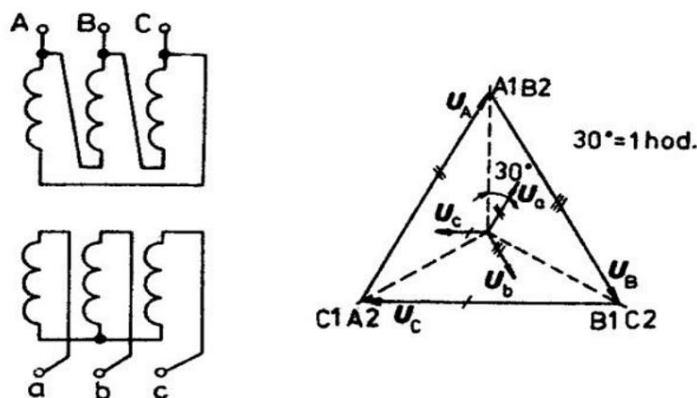
Obrázek 2:74 Zapojení vinutí transformátoru do hvězdy¹⁰



Obrázek 2:75 Zapojení vinutí transformátoru do trojúhelníku¹¹

2.7.1.9.1 ZAPOJENÍ DY1

Dy1 znamená, že strana vyššího napětí je zapojena do trojúhelníku, strana nižšího napětí do hvězdy a hodinový úhel je 1 hodina. Při zapojování a kreslení začínáme od strany vyššího napětí (primární vinutí). Grafické znázornění tohoto příkladu zapojení ukazuje následující obrázek.



Obrázek 2:76 Zapojení vinutí transformátoru Dy1¹²

¹⁰ <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595e1fa66875530f33e8a/cvut-7-provoz.pdf>

¹¹ <https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595e1fa66875530f33e8a/cvut-7-provoz.pdf>

¹² <https://slideplayer.cz/slide/3819587/>

2.7.1.10 SPECIÁLNÍ TYPY TRANSFORMÁTORŮ



Obrázek 2:77 Přístrojové transformátory proudu¹³



Obrázek 2:78 Vazební transformátor 110kV jako zdroj signálu HDO¹⁴

2.7.2 UZLOVÉ ODPORNÍKY

Uzlový odporník slouží k propojení uzlu transformátoru 110/22 kV se zemí v sítích provozovaných s odporovým uzemněním uzlu. Účelem odporového uzemnění uzlu je utlumení přepětí při zemních poruchách a zajištění dostatečného proudu pro činnost ochran působících rychlé vypnutí postiženého úseku sítě. Hlavní předpokládanou oblastí užití sítí s uzemněním uzlu přes odporníky jsou rozsáhlé kabelové sítě.



Obrázek 2:79 Uzlové odporníky¹⁵

¹³ <https://crushtymks.com/cs/power-substation/1290-what-is-what-in-outdoor-hv-substation-how-to-identify-elements-by-shape-and-function.html>

¹⁴ <https://www.egc-cb.cz/kompletni-realizace-energetickych-celku/vysilace-hdo.html>

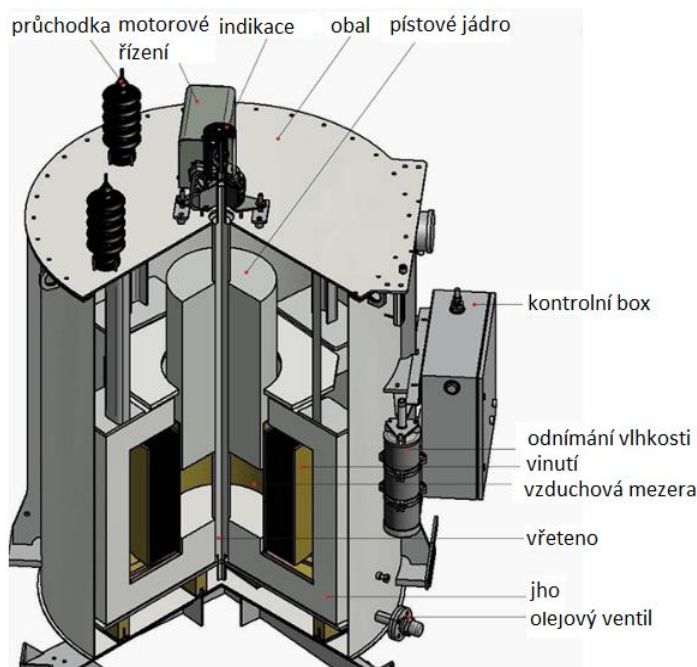
¹⁵ <https://www.egc.cz/cz/produkty-a-sluzby/elektrotechnika---kompenzace-zemniho-spojeni/uzlove-odporniky-pro-site-vn>

2.7.3 KOMPENZAČNÍ TLUMIVKY

Kompenzační tlumivky zemního spojení (tzv. **Petersenovy cívky** nebo **zhášecí tlumivky**) slouží ke kompenzaci kapacitních proudů při zemním spojení v elektrické síti VN. Připojují se k uzlu transformátoru 110/22 kV. Ukazatel nastavení zhášecí tlumivky zobrazuje **hodnotu induktivního proudu, na kterou je tlumivka nastavena**.



Obrázek 2:80 Kompenzační tlumivka¹⁶



Obrázek 2:81 Kompenzační tlumivka — složení¹⁷

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Na jakém principu pracuje transformátor?
2. K jakému účelu slouží transformátor?
3. K jakému účelu slouží kompenzační tlumivka a kde se zapojuje?
4. K jakému účelu se využívá paralelní chod transformátoru?
5. K jakému účelu slouží uzlové odporníky?

¹⁶ <https://www.ege.cz/cz/produkty-a-sluzby/elektrotechnika---kompenzace-zemniho-spojeni/zhaseci-tlumivky>

¹⁷ <https://crushtymks.com/cs/power-substation/1303-how-arc-suppression-reactors-earth-fault-neutralisers-or-petersen-coils-work.html>

2.8 ZDROJE ELEKTRICKÉ ENERGIE – DYNAMO, ALTERNÁTOR, FV PANEL, AKUMULÁTOR

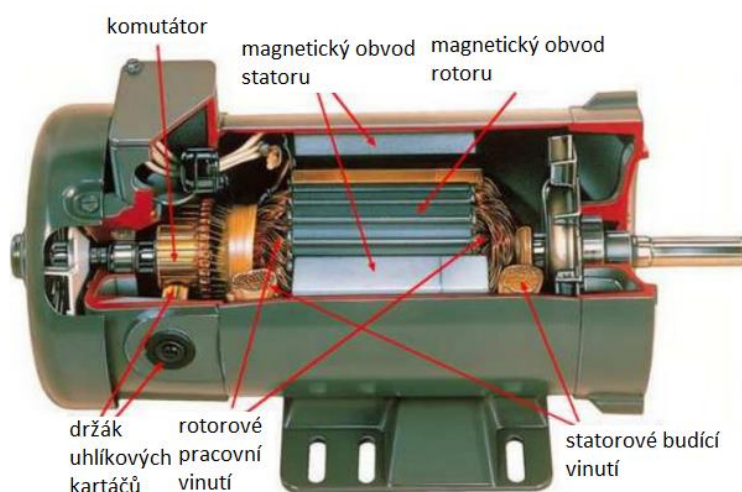
Zdroje elektrické energie lze rozdělit dle druhu na:

- **stejnosměrné DC** – akumulátor, dynamo, fotovoltaický článek, popř. panel, usměrňovač,
- **střídavé AC** – alternátor, asynchronní generátor, transformátor a střídač.

2.8.1 DYNAMO

Jedná se o točivý stejnosměrný elektrický stroj, který slouží k výrobě stejnosměrného proudu. Pokud se za pomoci vnější síly roztočí **rotor** neboli **kotva stroje**, začne se ve vinutí rotoru indukovat střídavé napětí a proud. Tyto veličiny jsou na **komutátoru**, který slouží jako **mechanický usměrňovač**, usměrněny na napětí a proud stejnosměrný. Stejnosměrné veličiny jsou pak přes svorky stroje vyvedeny na síť. Napětí dynama roste s rostoucími otáčkami a rostoucím budícím proudem. Budící vinutí je umístěno na statoru a může být dle spojení s vinutím kotvy:

- **sériové**,
- **paralelní** neboli **derivační**,
- **kompandní** neboli sérioparalelní (obsahuje 2 budící vinutí),
- **cizí** v podobě cívký nebo permanentního magnetu.



Obrázek 2:82 Konstrukce dynama¹⁸

2.8.2 ALTERNÁTOR

Je indukční synchronní točivý elektrický stroj vyrábějící střídavou elektrickou energii. V praxi se nejčastěji setkáme s alternátory v **elektrárnách** nebo v **automobilech**. U elektráren jde o **turboalternátory**, které mají hladký rotor a vyznačují se velkou osovou délkou, nebo **hydroalternátory**, které se vyrábí v provedení s vyniklými póly. Tyto stroje se naopak vyznačují velkým průměrem a malou osovou délkou. Turboalternátory se používají u tepelných elektráren a hydroalternátory u elektráren vodních, popř. větrných. Speciálním typem je potom alternátor v automobilech tzv. **drápkový**. **Buzení alternátoru** je přes kroužky provedeno **stejnosměrným proudem** tzn., že elektrárny

¹⁸ <https://user.unob.cz/biolek/vyukaVA/skripta/ZEVE/skripta%205%20L7.pdf>

musí být vybaveny usměrňovači, které usměrňují proud určený pro buzení ze střídavé elektrické sítě.

2.8.2.1.1 VÝPOČET SYNCHRONNÍCH OTÁČEK

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p}$$

Kde:

n_s — jsou synchronní otáčky stroje

f — frekvence sítě (v rámci ES ČR 50 Hz)

p — počet pólových dvojic (tzn., že 2pólový stroj obsahuje jednu pólovou dvojici)

POZNÁMKA: Turboalternátory se vyrábí jako 2 nebo 4pólové tzn. s rychlostí 3000 ot/min, nebo 1500 ot/min. Hydroalternátory jsou potom vícepólové, např. mohou obsahovat až 20 pólů.



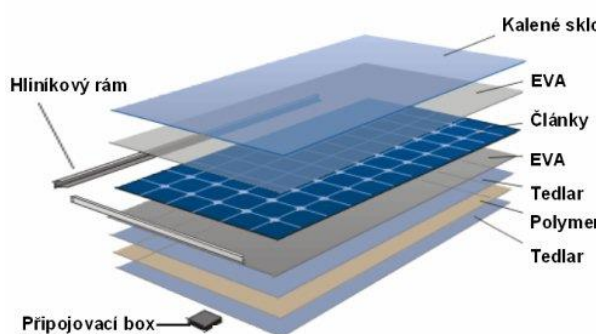
Obrázek 2:83 Turboalternátor¹⁹



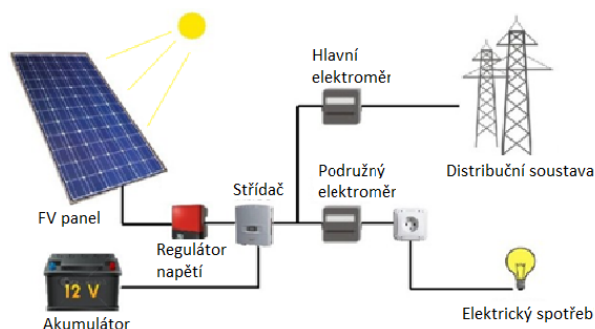
Obrázek 2:84 Hydroalternátor²⁰

2.8.3 FV PANEL

Jedná se o stejnosměrný zdroj elektrické energie. Konstrukčně se jedná o velkoplošnou diodu. Panel je složen z tzv. fotovoltaických článků. Ty jsou mezi sebou propojeny sériově, nebo paralelně. Každý článek představuje malý stejnosměrný zdroj energie.



Obrázek 2:85 Konstrukce FV panelu²¹



Obrázek 2:86 Příklad zapojení FV systému²²

Sériovým zapojením se zvýší napětí, přičemž proud zůstane konstantní (neměnný), oproti paralelnímu zapojení, kde se zvýší proud a napětí zůstane konstantní. Sériové zapojení fotovoltaických panelů se potom nazývá **string**. Protože je v dnešní době u polovodičové

¹⁹ <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/800>

²⁰ <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/800>

²¹ <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/5470-historie-a-perspektivy-oze-fotovoltaika-technologie-krystalickeho-kremiku>

²² <https://www.tzb-energ.cz/fotovoltaika.html>

techniky tím i materiálu článků využíván převážně křemík, je napětí jednoho článku 0,5 V. Pro jednotlivé propojení fotovoltaických článků, nebo panelů je nutné dodržet jejich stejnou napěťovou velikost. Není možné mezi sebou propojovat panely o různé napěťové hodnotě. Aby mohla být vyrobená elektrická energie dodána do distribuční sítě, je nutné vyrobenou stejnosměrnou elektrickou energii přeměnit na střídavou. K tomuto účelu slouží tzv. **střídač** neboli **invertor**.

2.8.4 AKUMULACE ELEKTŘINY

Akumulace elektřiny je proces, na jehož počátku je elektřina uložena do technického zařízení, kde je po určitou dobu uchována, a poté je dodána zpět do zařízení nebo elektrizační soustavy či přímo koncovému spotřebiteli.

Z HLEDISKA PRINCIPU MŮŽEME AKUMULACI ROZDĚLIT NA:

- **Fyzikální princip**, technologie využívající k akumulaci změn potenciálové nebo kinetické energie.
- **Chemický princip**, technologie, u nichž při skladování energie dochází k vratným reakcím elektrodového materiálu s ionty elektrolytu.

Z HLEDISKA VÝKONU NA:

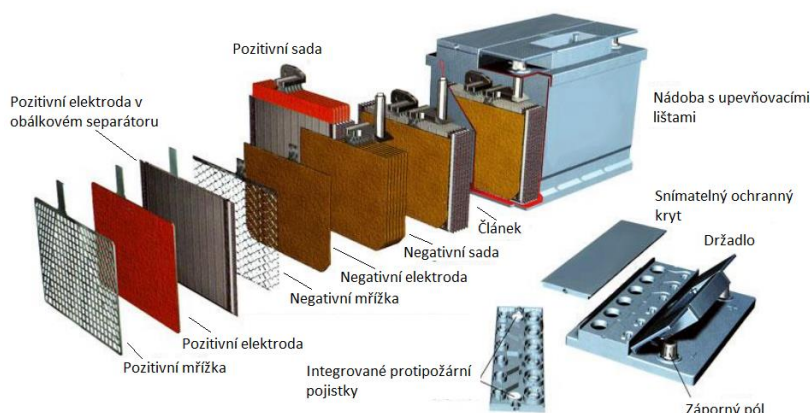
- **Okamžitý vysoký výkon** (např. baterie).
- **Velkou měrnou elektrickou kapacitu** (např. přečerpávací vodní elektrárny).

2.8.4.1 AKUMULÁTORY

Různé druhy akumulátorů jsou velmi často využívány jako záložní zdroje elektrické energie. Propojovat je lze mezi sebou stejně jako např. fotovoltaické panely, tzn. sériově nebo paralelně. Kapacita akumulátoru se udává obvykle v ampérhodinách **Ah**.

2.8.4.1.1 OLOVĚNÝ AKUMULÁTOR

Základem běžného olověného akumulátoru je **článek**, který může být vyroben z různého materiálu. Ve velkém množství jsou rozšířené olověné články, protože jsou cenově méně náročné oproti např. lithiovým. Pracovním médiem je tzv. **elektrolyt**, což je směs kyseliny sírové a destilované vody.

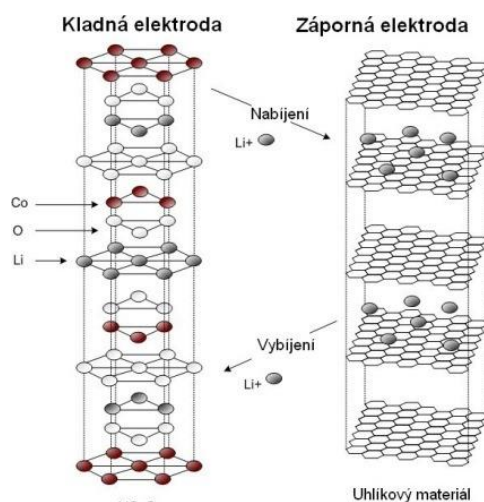


Obrázek 2:87 Složení akumulátoru²³

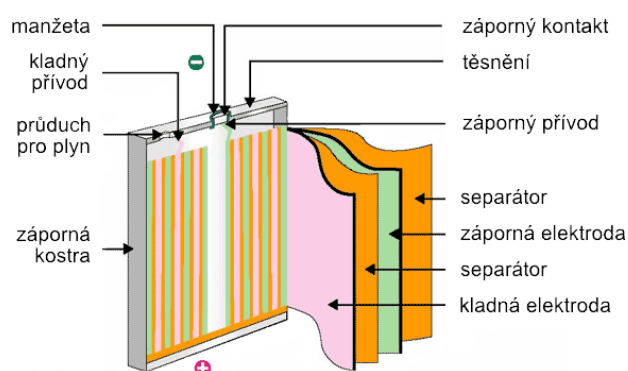
²³ <https://core.ac.uk/download/pdf/30298970.pdf>

Lithiové akumulátory jsou akumulátory s bezvodým elektrolytem (na rozdíl od například olověných akumulátorů). Elektrolytem je nejčastěji lithiium hexafluorofosfát, LiPF_6 , v nepolárním organickém rozpouštědle a záporná elektroda je vyrobena z uhlíkového materiálu. Ionty lithia se při nabíjení přesouvají z kladné elektrody na zápornou. Princip funkce lithiového akumulátoru je znázorněn dole na obrázku.

Zásadním rozdílem oproti jiným typům akumulátorů je, že ionty lithia pouze interkalují do struktury záporné elektrody (interkalovat – vmístit se do mřížky materiálu bez chemické reakce se samotným materiálem). To znamená, že v podstatě neprobíhá chemická reakce a je tak dosaženo velmi dlouhé životnosti bez velkých změn ve výkonech akumulátoru. Dalším rozdílem je vyšší jmenovité napětí, které u lithiium-iontových (Li-Ion) akumulátorů dosahuje 3,6–3,7 V na článek.



Obrázek 2:88 Princip funkce lithiových akumulátorů



Obrázek 2:89 Struktura lithiového akumulátoru

Nevýhodou je použití lithia a jeho sloučenin, které na vzduchu, a zejména při styku s vlhkostí reagují a degradují. Další nevýhodou je, že po prvním nabití akumulátor postupně v čase ztrácí kapacitu, i když není používán. Materiály uvnitř článku postupně samovolně degradují, což je nevratný proces. Výkony těchto akumulátorů také klesají se snižující se teplotou²⁴.

2.8.4.2 MOŽNOSTI AKUMULACE ELEKTRINY

Dříve se v ČR používal jediný způsob akumulace elektřiny a to PVE (přečerpávací vodní elektrárna). To se změnilo koncem roku 2017, kdy společnost E.ON dokončila instalaci bateriového akumulačního systému SIESTORAGE o kapacitě 1 MWh (max. kapacita 1,75 MWh) v areálu rozvodny 110/22 kV Mydlovary. Byla to první instalace takového kapacitního rozsahu v ČR.

Vlastnosti bateriového úložiště může mnoha způsoby využít i provozovatel distribuční sítě. Jedním z nich je kompenzace přetoků jalového výkonu do přenosové soustavy, ke kterému dochází převážně v nočních hodinách a o víkendech.

Hlavní předností bateriových úložišť oproti klasickým akumulačním systémům, jako jsou například přečerpávací vodní elektrárny, je jejich rychlost dodávky elektrické energie,

²⁴ <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-elektriny/13612-lithiove-akumulatory>

vysoká účinnost, a hlavně rychlá a snadná instalace v místech, kde je akumulace třeba. Tato flexibilita bateriových úložišť umožňuje efektivní využívání přebytků elektrické energie především z OZE, snížení závislosti na dodávkách elektrické energie od vzdálených zdrojů, zajištění energie při nouzových situacích a zapojení se do podpůrných služeb distribuční a přenosové soustavy.



Obrázek 2:90 Akumulační zařízení v Mydlovarech

KONTROLNÍ OTÁZKY

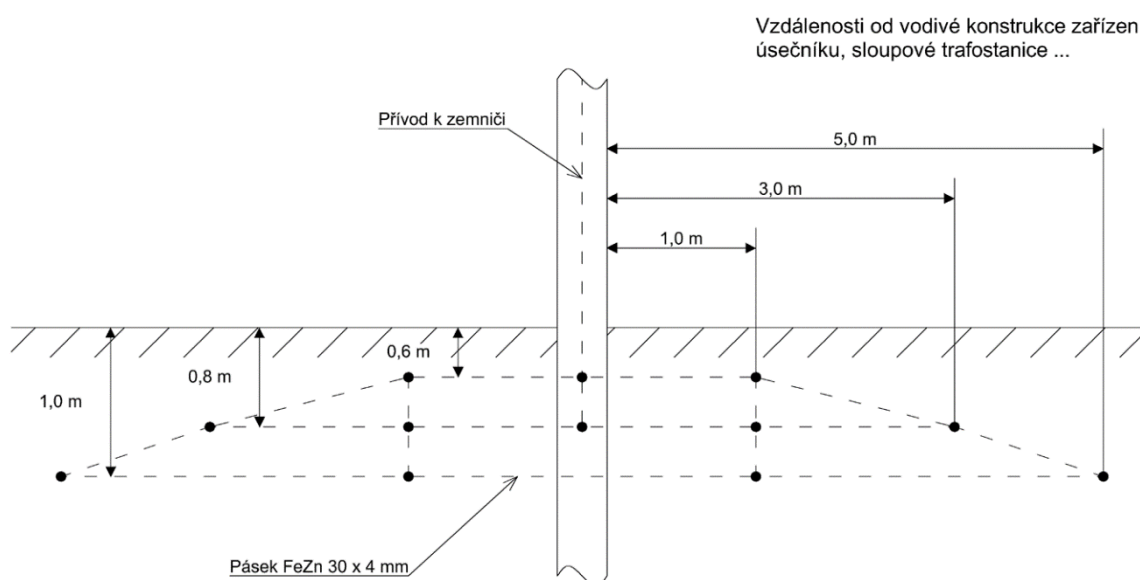
1. Jak lze propojit stejnosměrné zdroje elektrické energie?
2. K čemu slouží komutátor u dynama?
3. Jaké základní druhy alternátorů rozeznáváme u elektráren?
4. Jak se nazývá sériové propojení FV panelů?
5. Jaká část u stejnosměrného stroje se nazývá kotva?

2.9 UZEMNĚNÍ ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ V DISTRIBUČNÍCH SÍTÍCH A OBJEKTECH

Pro správný a bezpečný provoz elektrického zařízení musí uzemňovací soustava (ochranné vodiče, přívod k zemniči, uzemnění) vykazovat přesně stanovené parametry.

Uzemnění je vodič daných parametrů (materiál, průřez, množství ...) uložený v určité hloubce v zemi v závislosti na charakteru zemněného zařízení (zařízení v sítích NN, VN a VVN). Smyslem uzemnění je cílené uvedení určitého zařízení elektrického rozvodu na potenciál země pomocí strojeného zemniče. Propojení zemněného zařízení a strojeného zemniče je řešeno pomocí uzemňovacího přívodu.

- Distribuční síť NN – nejčastěji používaný materiál pásek FeZn 30/4 mm ve tvaru paprsku o délce 20 nebo 50 m, uložený v zemní rýze o hloubce min. 0,5 m. Nejčastější uložení je ve společné rýze s kabelovým zemním vedením. Lze použít i hloubkové – tyčové zemniče.
- Distribuční síť VN – nejčastěji používaný materiál pásek FeZn 30/4 mm ve tvaru obvodových ekvipotenciálních kruhů uložených v zemi kolem zařízení. Výjimečně lze použít i hloubkové – tyčové zemniče.
- Distribuční síť VVN – nejčastěji používaný materiál pásek FeZn 30/4 mm ve tvaru obvodových ekvipotenciálních kruhů uložených v zemi kolem zařízení.

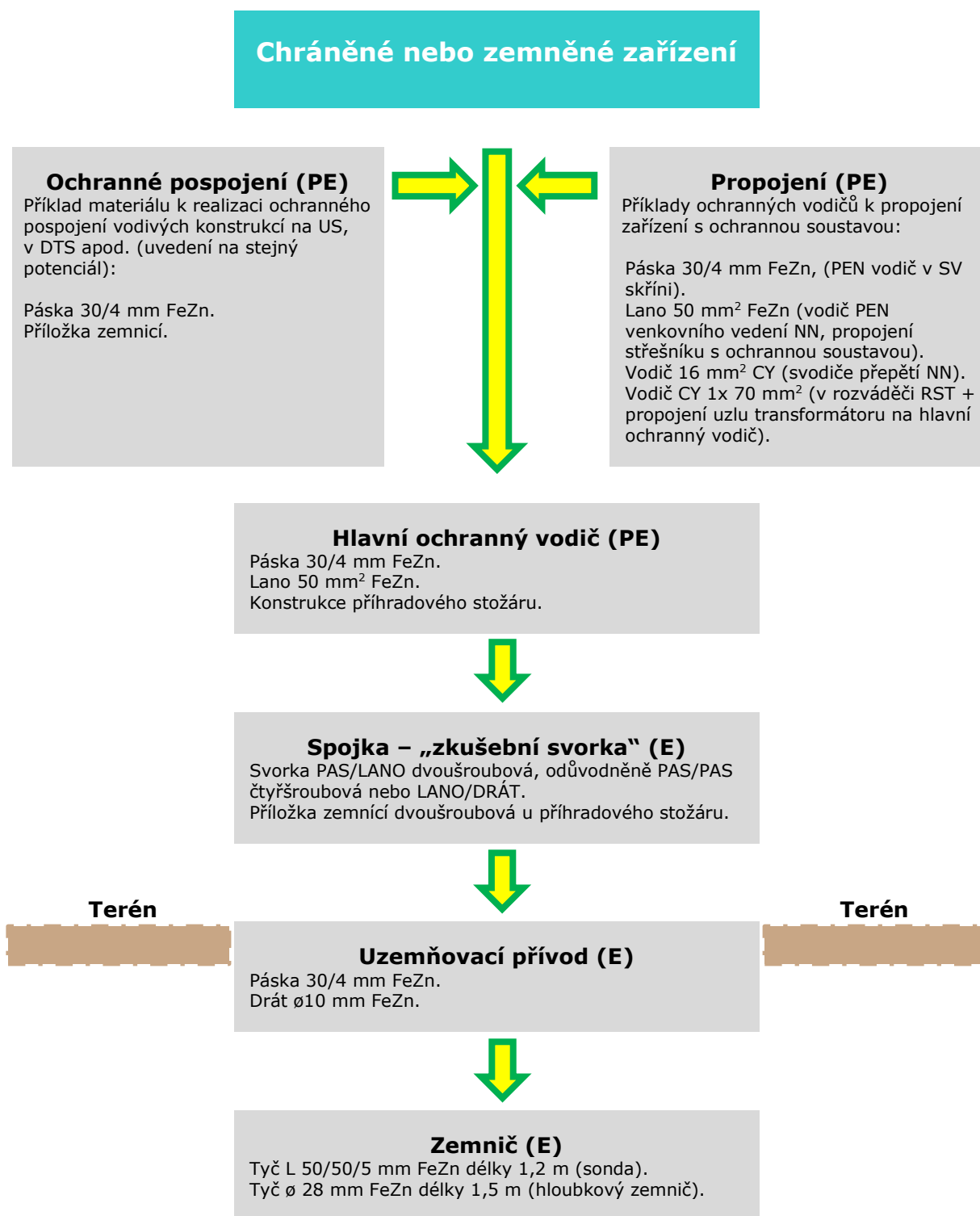


Obrázek 2:91 Strojený zemnič zajišťující řízení potenciálů

2.9.1 SOUČÁSTI UZEMŇOVACÍ SOUSTAVY

2.9.1.1 UZEMŇOVACÍ PŘÍVOD

Uzemňovací přívod vychází z v zemi uloženého zemniče, zpravidla bez přerušení, a přes spojku (zkušební svorku) je spojen s hlavním ochranným vodičem. Realizují se především páskou 30/4 FeZn, protože ve většině případů plní zároveň i funkci zemniče.



2.9.1.3 HLAVNÍ OCHRANNÝ VODIČ

Hlavní ochranný vodič je určen pro připojení ochranných vodičů včetně vodičů pro vyrovnání potenciálů a vodičů pro funkční uzemnění (uzemňovací přívody). Je budován ve venkovním vedení i v elektrických stanicích. Jsou na něj připojeny všechny montážní konstrukce a zajišťuje jejich spojení s uzemňovacím přívodem. Může být tvořen též

ocelovou konstrukční částí o dostatečném průřezu (příhradový stožár, provozní žebřík na ÚS apod.).

2.9.1.4 SPOJKA (ZKUŠEBNÍ SVORKA)

Umožňuje odpojení zemnicího přívodu od hlavního ochranného vodiče (ochranné svorky nebo přípojnice). Po rozpojení spojky (zkušební svorky) je možno změřit hodnotu odporu uzemnění samostatně připojeného zemniče.



Obrázek 2:92 Uzemnění kovové skříně rozváděče a zkušební svorka sloupové trafostanice

CITOVANÉ A SOUVISEJÍCÍ NORMY A DALŠÍ PODKLADY

- ČSN 33 2000-5-54 Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Výběr a stavba elektrických zařízení. Uzemnění a ochranné vodiče
- PNE 33 0000-1 Ochrana před úrazem elektrickým proudem v distribuční soustavě dodavatele elektřiny
- TNS 00 4900 Uzemnění elektrických zařízení v distribučních sítích a objektech
- TNS 00 4910 Uzemnění elektrických zařízení Projektování, výstavba a provoz

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. V jakých hloubkách je uvažováno uložení ekvipotenciálních obvodových zemničů?
2. K čemu slouží zkušební svorka?

2.10 OCHRANA PROTI PŘEPĚTÍ V SÍTÍCH NN, VN, VVN

2.10.1 OCHRANA PROTI PŘEPĚTÍ V SÍTI NN

V sítích **s venkovním vedením** je nutné chránit zařízení zejména proti atmosférickým přepětím. **V sítích kabelových** bez připojených venkovních vedení, jsou největší přepětí způsobená zkraty nebo spínáním. V ČR se velice osvědčily jako prvek ochrany proti přepětí **omezovače přepětí ZnO**. Sítě NN se chrání proti přepětí podle **PNE 33 3302** a **PNE 33 0000-7**.

Účelem použití svodičů přepětí v sítích NN je:

- Omezit atmosférické přepětí v zařízeních distribuční soustavy.
- Snížit na přijatelnou míru poruchy kabelových vedení a venkovních vedení.
- Chránit před zničením rozvodná zařízení NN.

Ochranná opatření mají snižovat nepříznivé účinky bouřkové činnosti na distribuční sítě, které se projevují:

- Výpadky dodávky.
- Zhoršením kvality dodávané energie.
- Zničením zařízení sítě NN nebo zkrácením jeho životnosti, což zvyšuje náklady provozovatele.

2.10.1.1 DRUHY A VZNIK PŘEPĚTÍ

Druhy přepětí:

1. Atmosférická.
2. Provozní.

Vznik přepětí:

- A) Atmosférické přepětí (přímý úder blesku do vedení nebo indukce při nepřímých úderech blesku).
- B) Poruchy.
- C) Spínací manipulace.

2.10.1.2 VENKOVNÍ VEDENÍ NN

U venkovních vedení bez ohledu na provedení izolovanými nebo holými vodiči se omezovače přepětí umístí:

- V rozváděči NN TS, na podpěrném bodě TS (ve vývodech NN) nebo na prvním podpěrném bodě vedení od transformovny.
- Ve venkovních vedeních po **500 m** za podmínky, že žádný podpěrný bod sítě nesmí být vzdálen od omezovačů přepětí více než **250 m**.
- Na přechodech z venkovních vedení do zemního kabelového vedení (netýká se přípojek kratších než 250 m).

Uvedené vzdálenosti jsou měřeny podél napájecích distribučních vedení (nikoliv vzdušnou čarou). Dále se umístí omezovače přepětí na místech s častým výskytem úderů blesku.

2.10.1.3 KABELOVÉ ZEMNÍ VEDENÍ NN

V kabelových sítích do 1 kV se ochrana před spínacím přepětím a před atmosférickým přepětím běžně neprovádí. Ochrana se provede pouze ve zdůvodněných případech.

2.10.1.4 ROZVÁDĚČE NN

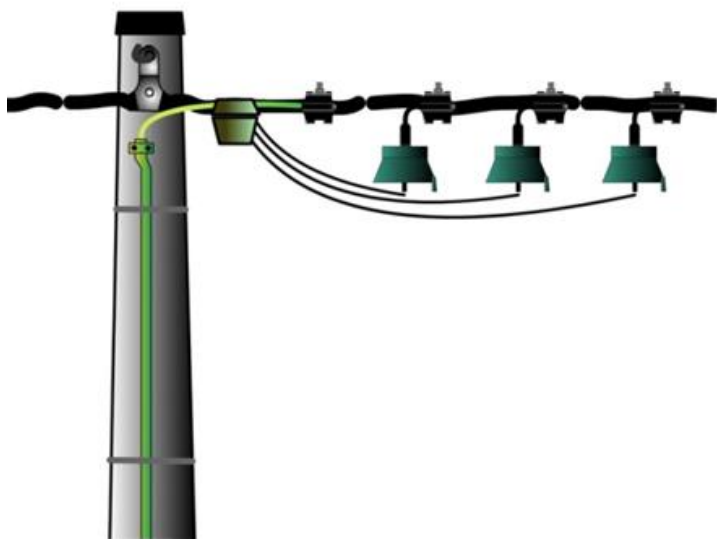
Do rozváděčů NN se omezovače přepětí instalují přímo na fázové přípojnice. Omezovače se připevní na fázové přípojnice tak, aby z místa obsluhy bylo viditelné vyklopení terčíku v případě vybavení omezovače v důsledku přepětového jevu.

2.10.1.5 ZÁSADY PRO UMISŤOVÁNÍ A PŘIPOJOVÁNÍ OMEZOVAČŮ PŘEPĚTÍ

Omezovače přepětí se připojují v sítích TN-C mezi fázový vodič a vodič PEN v místě jeho uzemnění. V případě, že se umístí omezovače přepětí v místě, kde není přizemněný vodič PEN, provede se uzemnění samostatným zemničem.

2.10.1.5.1 ZÁKLADNÍ POŽADOVANÉ PROVOZNÍ FUNKCE:

- a) Viditelná indikace provozního stavu, odpojení interního odpojovače při vzniku poruchy omezovače je signalizováno odklopením nebo upadnutím víčka omezovače ve spodní části pouzdra.
- b) Venkovní omezovače musí být v krytí (pouzdra) zamezujícím dotyku s živou částí.
- c) Snadná vyměnitelnost vadného omezovače, je vybaven šroubem a závitem M8.
- d) Netříštivé provedení pouzdra omezovače.



Obrázek 2:93 Způsob instalace a zapojení omezovačů na venkovní izolované vedení



Obrázek 2:94 Signalizace poruchy omezovače přepětí ZnO Raychem

2.10.2 OCHRANA PROTI PŘEPĚTÍ V SÍTI VN

V distribučních sítích VN s **venkovními vedeními** je nutné chránit zařízení zejména proti atmosférickým přepětím. Atmosférické přepětí šířící se po vedení vzniká buď přímým úderem blesku do vedení, nebo indukci při nepřímých úderech. Spínací přepětí dosahují nižších úrovní než atmosférická.

V kabelových sítích bez připojených venkovních vedení jsou největší přepětí způsobená zkraty, zemními spojeními nebo spínáním.

Sítě VN se chrání proti přepětí podle **PNE 33 0000-8**.

PŘEPĚTÍ OD PŘÍMÝCH ÚDERŮ DO VEDENÍ

Charakteristika atmosférického přepětí na vedení se liší u vedení s uzemněnými konzolami a u vedení na dřevěných sloupech bez uzemněných konzol. Betonové sloupy s armováním se z hlediska impulsních bleskových proudů považují za vodivé.

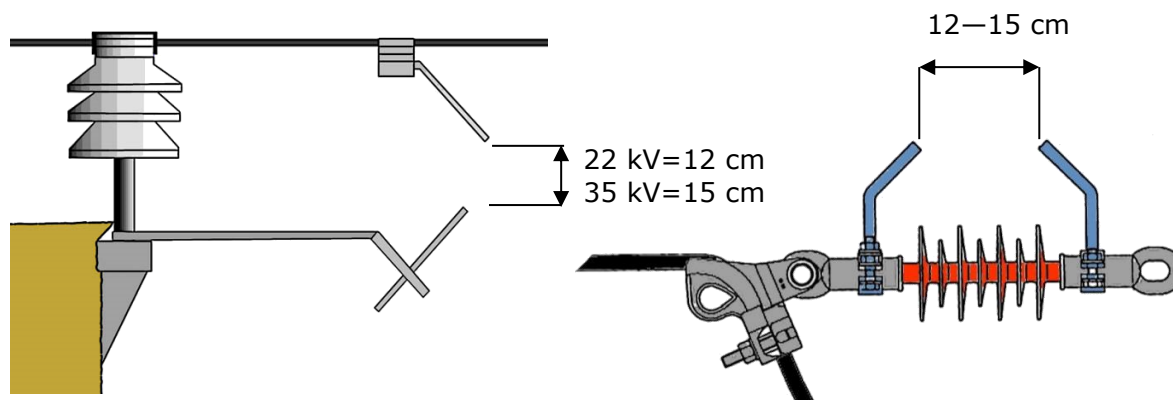
PŘEPĚTÍ OD NEPŘÍMÝCH ÚDERŮ (INDUKOVANÁ PŘEPĚTÍ)

Úder blesku do země nebo do konstrukce v blízkosti vedení indukuje ve vedení přepětí, které může také překročit izolační hladinu zařízení.

2.10.2.1 POUŽÍVANÉ SVODIČE PŘEPĚTÍ

2.10.2.1.1 OCHRANNÁ JISKŘIŠTĚ

Ochranná jiskřiště u vedení s holými vodiči nahrazují dříve používané vyfukovací bleskojistky. Přeskoková vzdálenost ochranných jiskřišť je dána velikostí jmenovitého napětí:



Obrázek 2:95 Nastavení ochranného jiskřiště

Pro maximální omezení atmosférického přepětí se ve vzdálenosti cca 250—500 m na každou stranu před chráněným zařízením namontuje sada hrotových jiskřišť. Osazením těchto ochranných jiskřišť se omezí energie vstupující na omezovače přepětí, osazené na chráněném zařízení. Omezovače přepětí musí tuto energii zcela absorbovat.

Používají se k ochraně přístrojů ve vedení (měniče, transformátory apod.), ochraně kabelových odbočení (svodů) ve venkovním vedení a vývodů z rozvodných zařízení (elektrických stanic) s podzemním systémem napájení i k ochraně distribučních transformoven s venkovním systémem napájení.

Sestava omezovače je tvořena disky ZnO a kompozitem zesílenými vlákny a je zcela uzavřena v teplém smrštitelném polymerovém nebo pryskyřicovém obalu. Výhodou disků ZnO je, že reagují na přepětí téměř okamžitě a proud začne protékat v čase několik desítek nanosekund.



Obrázek 2:96 Ochranné jiskřiště na vedení s holými vodiči



Obrázek 2:97 Omezovače přepětí a kabelosvod VN

2.10.2.2 PŘECHOD VENKOVNÍHO VEDENÍ DO KABELU

Kabel se na přechodu z venkovního vedení vždy chrání omezovači přepětí. Zemní svorky omezovačů jsou připojeny nejkratším způsobem na konstrukci stožárů nebo k uzemňovacímu svodu sloupu. Plášť kabelu (stínění) je nejkratším způsobem připojen do místa připojení zemních svorek omezovačů na konstrukci stožáru nebo k uzemňovacímu svodu sloupu.

Koncové kabelové DTS (kioskové, zděné ...) napájené z venkovního vedení se chrání vždy omezovači přepětí na přechodu z venkovního vedení. Je-li kabelové zaústění do DTS delší než 40 m, chrání se DTS další sadou omezovačů, instalovanou na opačném konci kabelu co nejblíže ke koncovkám kabelu.

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Co je smyslem zřizování ochrany před přepětím?
2. Za jakých podmínek se považuje betonový sloup za vodivý?

2.10.3 OCHRANA PROTI PŘEPĚTÍ V SÍTI VVN

Omezovače přepětí v síti VVN pracují na podobném principu, jak omezovače v síti VN. Starší typy jsou porcelánové, novější silikonové.



Obrázek 2:98 Omezovače přepětí v síti VVN

2.11 OCHRANA PŘED BLESKEM, METODY VÝPOČTU, UZEMNĚNÍ

2.11.1 OCHRANA PŘED BLESKEM

Ochrana před bleskem se postupem času stala samotnou dosti rozsáhlou a sofistikovanou problematikou, která se již nezabývá pouze vnější ochranou objektů, ale i ochranou vnitřní, proto se v této kapitole dočtete pouze o základních principech a metodách používaných v současnosti. Zcela do detailu se touto problematikou zabývá soubor norem ČSN EN 62305 ed.2.

Jelikož neexistují žádná zařízení nebo metody, které by umožňovaly modifikovat přírodní atmosférické úkazy do té míry, že by mohly zabránit výbojům blesku, je nutné použití opatření na ochranu před těmito jevy – ochrana před bleskem.

Tato ochranná opatření by měla:

- Zabránit ztrátám na lidských životech nebo úrazům a jejich trvalým následkům,
- zvýšit provozní disponibilitu v průběhu bouřkové činnosti,
- zabránit nejen materiálním škodám na majetku, ale především následným výpadkům dodávky elektrické energie,
- prodloužit životnost technologických zařízení.

2.11.2 ŘÍZENÍ RIZIKA

Abychom mohli zvolit účinnou ochranu před bleskem pro daný objekt, je nejprve nutné provést výpočet rizika dle ČSN EN 62305-2 (v ed.1 i ed.2) a to na základě vyhlášky č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby. Jedná se o statistický výpočet, který na základě zadaných parametrů posuzovaného objektu, jeho okolí a všech opatření proti blesku realizovaných na objektu, určuje míru ohrožení bleskem a pravděpodobnost poškození a výši možných škod.

Pro výpočet analýzy rizika škod je možné použít dostupný software jako je např. **DEHNsupport**, který jako jediný umí vyhodnotit nejen rizika způsobená bleskem, ale také vypočítat dostatečnou vzdálenost **s** pro všechny typy objektů. Tedy vzdálenost, kterou je nutno dodržet, aby mezi hromosvodem a nejbližší kovovou instalací nebo konstrukcí nenastal přeskok bleskového proudu.

2.11.3 ORIENTAČNÍ ZATŘÍDĚNÍ OBJEKTŮ PODLE TŘÍDY OCHRANY PŘED BLESKEM LPS

Třída LPS I (od 3 kA do 200 kA)*, např. nejdůležitější napájecí rozvodny 100 kV/22 kV.

Třída LPS II (od 5 kA do 150 kA)*, např. důležitější napájecí rozvodny 22 kV/400/230 V.

Třída LPS III (od 10 kA do 100 kA)*, např. méně důležité napájecí rozvodny 22 kV/400/230 V.

**/ minimální a maximální bleskový proud pro návrh jímací soustavy.*

Orientační zatřídění objektů nemůže nahrazovat výpočet analýzy rizika škod, protože nepostihuje danou konkrétní situaci.

2.11.4 VNĚJŠÍ OCHRANA PŘED BLESKEM

HROMOSVOD – HLAVNÍ ČÁSTI

- jímací soustava,
- soustava svodů,
- uzemňovací soustava,
- ekvipotenciální pospojování proti bleskovým proudům vlny 10/350 μ s (viz PNE 33 0000-5 Umístění přepětového ochranného zařízení SPD typu T1 v elektrických instalacích odběrných zařízení).

HROMOSVOD – PROVEDENÍ

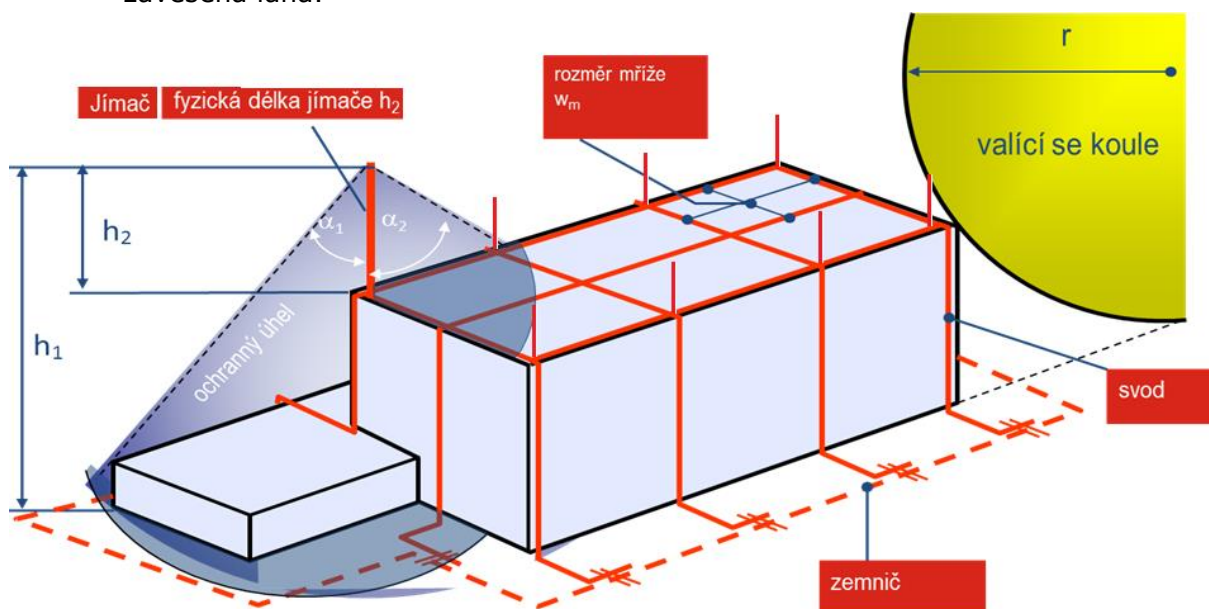
Podle umístění a provedení se hromosvody rozdělují na:

- izolované (oddálené) – bleskový proud bude nejprve sveden do země, aniž by přeskočil na vnitřní kovové instalace / vedení,
- neizolované (neoddálené) – dráha bleskového proudu může být v dotyku s chráněným objektem.

2.11.4.1 JÍMACÍ SOUSTAVA

Je tvořena z následujících částí nebo jejich vzájemné kombinace. Jímače se umísťují na rozích, hranách a exponovaných místech střechy objektu a používají se tyto typy:

- tyče, včetně stožárů,
- vodiče pospojované do mříže,
- zavěšená lana.

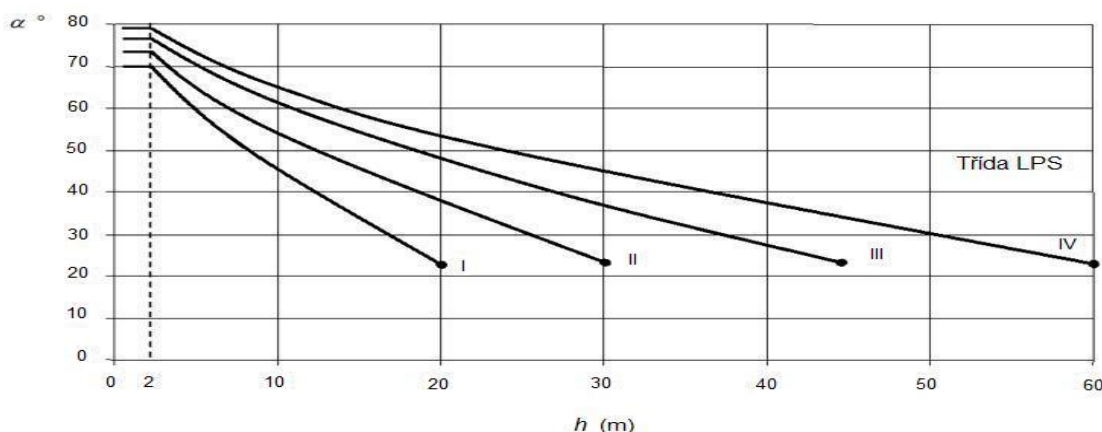


Obrázek 2:99 Metody návrhu jímací soustavy a soustavy svodů

- Metoda valící se koule – základní metoda, která by měla být přednostně používána projektanty. Je to geometrická metoda pro návrh jímací soustavy. Pomyslná koule se valí ze všech stran přes objekt a všude tam, kde se ho dotkne, musí být navržena jímací soustava.
- Metoda ochranného úhlu – pro jednoduché tvary objektů. Ochranný prostor je definován vrcholovým úhlem α (v závislosti na třídě LPS), výškou jímací soustavy nad referenční rovinou.
- Metoda mřížové soustavy – vhodné pro ploché střechy. Mřížová soustava musí být doplněna tyčovými jímači v místech křížení.

Tabulka 2:5 Maximální hodnoty poloměru valící se koule, velikosti ok a ochranného úhlu jsou přiřazeny třídě LPS

Třída LPS	Metody ochrany a její parametry		
	Poloměr valící se koule r m	Velikost ok w_m m	Ochranný úhel α°
I	20	5 × 5	Viz Obrázek 2:100
II	30	10 × 10	
III	45	15 × 15	
IV	60	20 × 20	



Obrázek 2:100 Ochranný úhel závislý na třídě LPS

Tabulka 2:6 Typické hodnoty vzdáleností mezi svody

Třída LPS	Obvyklé vzdálenosti m
I	10
II	10
III	15
IV	20

2.11.5 SOUSTAVA SVODŮ

NEIZOLOVANÝ /NEODDÁLENÝ HROMOSVOD

Svody by měly být rozmístěny po obvodu ve stejných rozestupech. Typické hodnoty vzdáleností mezi svody jsou uvedeny v Tabulce 2:6, (Maximální hodnoty poloměru valící se koule, velikosti ok a ochranného úhlu jsou přiřazeny třídě LPS viz Tabulka 2:5 a Obrázek 2:100).

IZOLOVANÝ /ODDÁLENÝ HROMOSVOD

Jímací soustava je tvořena jímacími stožáry, které by měly danou stavbu dostat do ochranných prostorů jímačů a zároveň splňovat podmínky podle ČSN EN 62305-3 ed.2 čl. 5.3.2 Umístění izolovaného (oddáleného) LPS. V tomto případě je potřebný minimálně jeden svod pro každý stožár použitím vysokonapěťového kabelu (High Voltage Isolated — dále jen HVI). Je ale potřeba dodržet montážní návod výrobce vysokonapěťového vodiče (např. pro HVI light je $s = 0,45$ m, HVI long je $s = 0,75$ m, HVI power je $s = 0,9$ m). Pro oba výše uvedené typy hromosvodu je zapotřebí vždy provést výpočet dostatečné vzdálenosti s podle ČSN EN 62305-3 ed.2, čl. 6.3.

2.11.6 UZEMŇOVACÍ SOUSTAVA

Slouží k bezpečnému svedení bleskových proudů z jímací a svodové soustavy do země. Dále k ochraně lidí a zvířat před nebezpečným dotykovým a krokovým napětím a eliminaci účinků přepětí pro stroje, přístroje a zařízení. Všeobecně je však doporučen nízký zemní odpor (je-li možno, nižší než 10Ω měřený při nízkém kmitočtu). Z hlediska provedení je dělíme na:

STROJENÉ

- Základové — např. pásek FeZn umístěný přímo do betonových základů objektu (nejlepší řešení).
- Pásové, nebo drátové.
- Tyčové (je možno napojit více tyčových jímačů) nebo hloubkové (vhodné při rekonstrukci objektů).
- Deskové (nedoporučují se z důvodu nízké účinnosti).

NÁHODNÉ

- Ocelové konstrukce (armovaný beton pro základy prvků DS a PS).
- Kolejnice nebo masivní kus kovu (vhodné při výskytu bludných proudů).

2.11.7 VNITŘNÍ OCHRANA PŘED BLESKEM

Základní části vnitřní ochrany:

- Uzemnění a pospojování.
- Magnetické stínění a trasy vedení.
- Koordinovaný systém SPD.

2.11.7.1 UZEMNĚNÍ A POSPOJOVÁNÍ

UZEMNĚNÍ

Podle normy ČSN EN 62305-4 ed.2, čl. 5.2 a ve vyhlášce č.268/2009 Sb., je doporučeno ve stavbách s elektronickými systémy uspořádání uzemnění typu B (základový zemnič).

POSPOJOVÁNÍ

Podle normy ČSN EN 62305-4 ed.2, čl. 5.3 může být pospojování realizováno mřížovou soustavou a zahrnuje kovové části stavby, nebo části vnitřních systémů, a pospojování kovových částí nebo metalických inženýrských sítí na rozhraních každé LPZ buď přímo, nebo instalováním vhodných SPD.

2.11.7.2 MAGNETICKÉ STÍNĚNÍ A TRASY VEDENÍ

Podle normy ČSN EN 62305-4 ed.2, čl. 6 může magnetické stínění snížit elektromagnetické pole i velikost indukovaných rázových vln. Rozlišují se tato provedení:

- Prostorové stínění.
- Stínění vnitřních vedení.
- Stínění vnějších vedení.

Vhodné trasy vnitřních vedení mohou také minimalizovat velikost indukovaných rázových vln. Obě opatření účinně sníží trvalé výpadky vnitřních systémů.

2.11.7.3 KOORDINOVANÝ SYSTÉM SPD

Podle normy ČSN EN 62305-4 ed.2, čl. 7 vyžaduje ochrana vnitřních systémů proti rázovým vlnám systematické řešení složené z koordinované SPD, jak pro silnoprůd, tak i pro signální a sdělovací metalická vedení.

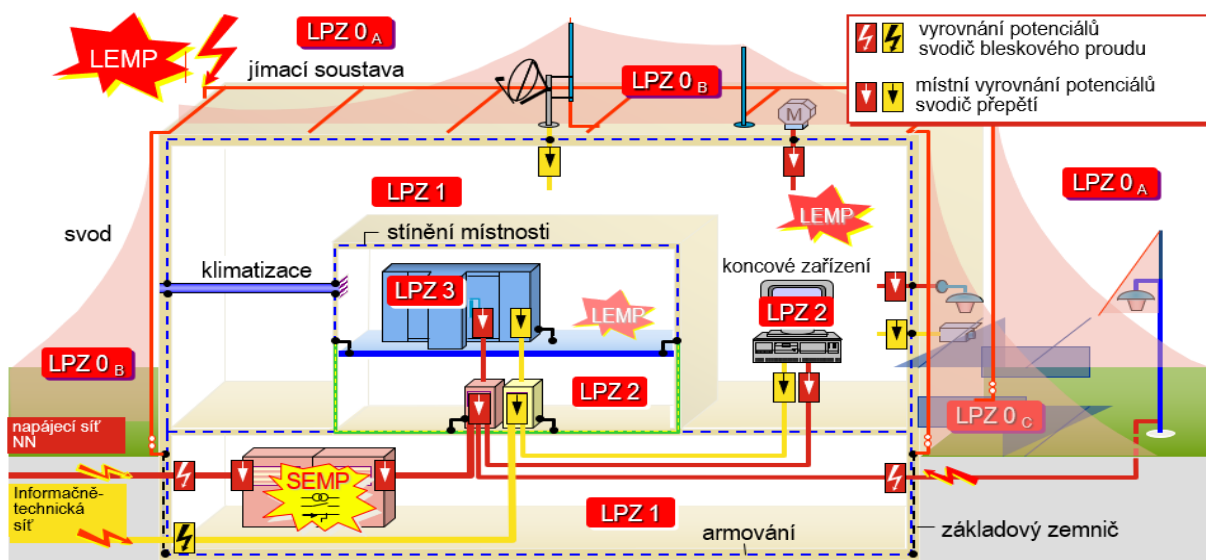
Tento systém je vhodný pouze pro ochranu zařízení, které je odolné vůči vyzařovaným magnetickým polím, protože SPD budou chránit zařízení pouze proti přivedeným rázovým vlnám. Nižší hladiny ohrožení při přepětí může být dosaženo použitím koordinované SPD.

Vyrovnání potenciálů se dosáhne vzájemným propojením LPS:

- Svodiče přepětí SPD T2 pro napájecí síť (podle ČSN EN 61643-11 ed.2).
- Svodiče přepětí SPD T3 pro napájecí síť (podle ČSN EN 61643-11 ed.2).
- Svodiče přepětí SPD T1/P1 pro informačně-technické sítě (podle ČSN EN 61643-21).

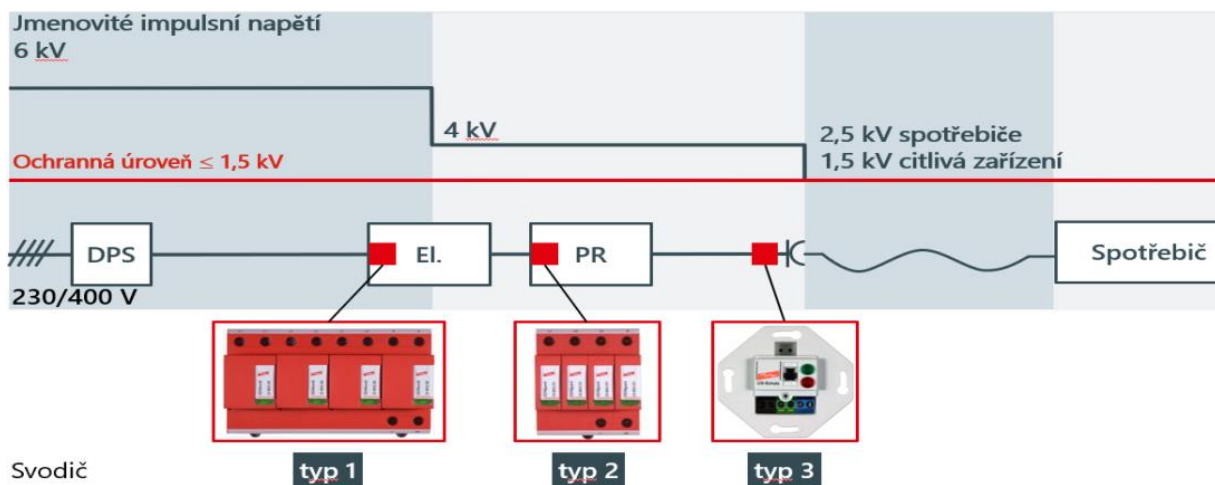
ZKRATKY

- **LPS** — Lightning protection system (systém ochrany před bleskem)
- **HVI** — High Voltage Isolated (vysokonapěťový kabel)
- **LPZ** — Lightning Protection Zone (zóna ochrany před bleskem) — zóna, ve které je definováno elektromagnetické prostředí. Hranice zón nemusí být hmotné hranice, např. stěny, podlaha nebo strop.
- **SPD** — Surge Protection Device (zařízení přepětíové ochrany).



Obrázek 2:101 Zóny ochrany před bleskem LPZ včetně koordinovaného systému SPD

Koordinovaný systém SPD, kaskádovitě zapojené SPD musí být energeticky koordinovány v souladu s ČSN CLC/TS 61643-12 a/nebo ČSN CLC/TS 61643-22. Za tímto účelem by měl výrobce SPD poskytnout dostatečné informace o tom, jak dosáhnout energetické koordinace mezi jeho různými typy SPD.



Obrázek 2:102 Koordinace přepětových ochrany SPD typu 1, 2 a 3 dle ČSN EN 62305-4 ed.2

2.11.8 JAK SE MOHU CHRÁNIT PŘED BLESKEM VENKU

NA POLI ČI V LESE

Ve volné krajině číhají dvě hlavní nebezpečí:

- Pokud v okolí představujete nejvyšší bod.
- Pokud blesk udeří do vašeho nejbližšího okolí, a bude působit nepřímo, to znamená, že se proud bude šířit do všech stran a vytvoří napěťový trychtýř. Nelehejte si proto nikdy za bouřky ve volné krajině na zem. Jděte ihned (jste-li na kole, tak dál

od vašeho položeného kola) do dřepu, chodidla přitiskněte těsně vedle sebe a obejměte nohy rukama.

NA HORÁCH

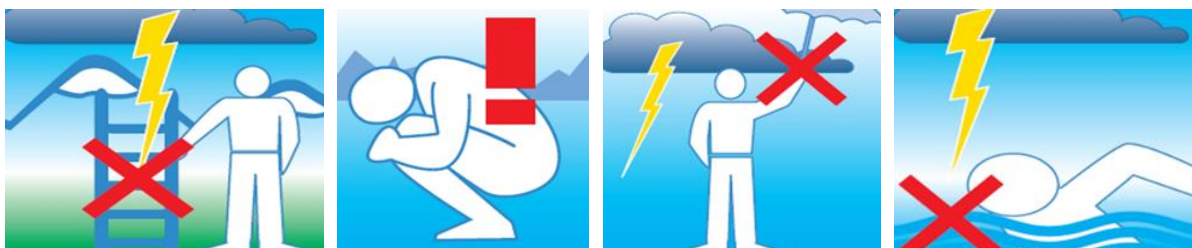
- Bouřky na horách jsou obzvláště nebezpečné, protože jsou rozeznat až na poslední chvíli. Před plánovanou túrou vždy studujte pečlivě předpověď počasí. Bouřky většinou přicházejí v odpoledních hodinách, tudíž by bylo ideální, abyste touto dobou byli již na sestupu. Na horských boudách kontrolujte stav barometru a řiďte se radami vašeho horského průvodce.
- Pokud se včas nedostanete do bezpečí některé horské boudy nebo chaty, poštěstí se vám snad najít nějaký výklenek jako úkryt.
- Zabraňte vašemu kontaktu s vlhkými stěnami. V žádném případě se nedotýkejte vodičů a kovových konstrukcí, např. jisticích žebříků, fixačních lan, skob apod., dodržujte od nich minimální vzdálenost 5 metrů.
- Počkejte s návratem zpět až na konec bouřky, pak přijdete bezpečně ve zdraví domů.

NA VODNÍ PLOŠE

- Plavání nebo brodění vodou je za každé bouřky životu nebezpečné. Blesk dokáže způsobit vážná zranění nebo smrt až desítky metrů od místa zásahu.
- Proto při prvním náznaku bouřky rychle opusťte vodu a vyhledejte bezpečný úkryt.

NA SPORTOVIŠTÍCH

- Sportovci a diváci jsou za bouřky velmi ohroženi, pokud tvoří nejvyšší bod. Lidé na hřištích, na otevřených tribunách a v blízkosti osvětlovacích či vlajkových stožárů jsou ohroženi nejvíce.
- Od stožárů musí být dodržena vzdálenost alespoň tři metry. S předstihem je třeba odložit i vlajky a deštníky. V bezpečí jste na kryté tribuně, která je opatřena hromosvodem.



2.12 OCHRANNÁ PÁSMATA ELEKTRICKÝCH VEDENÍ A STANIC

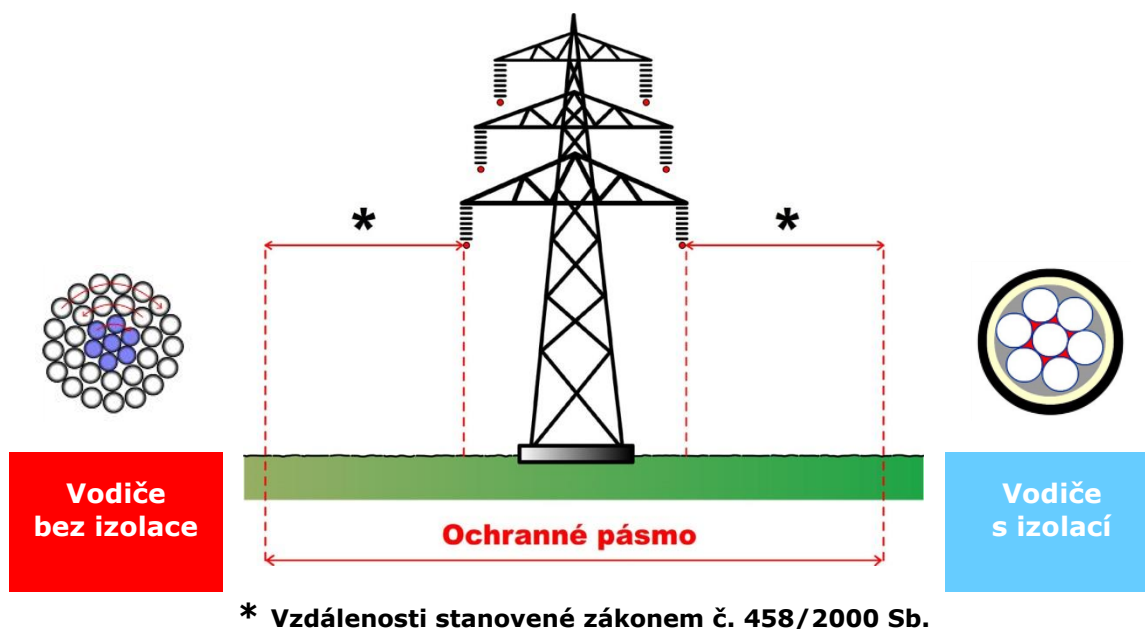
Energetický zákon č. 458/2000 Sb. vymezuje tzv. „ochranná pásma vedení“ jako prostor v bezprostřední blízkosti vedení VN, VVN a ZVN, jenž je určen k zajištění spolehlivého provozu tohoto vedení a k ochraně života, zdraví a majetku osob.

2.12.1 OCHRANNÁ PÁSMATA NADZEMNÍCH VEDENÍ

Ochranné pásmo nadzemního vedení je souvislý prostor vymezený svislými rovinami vedenými po obou stranách vedení ve vodorovné vzdálenosti měřené kolmo na vedení, jejíž hodnoty od krajního vodiče vedení na obě jeho strany jsou uvedeny v tabulce na obrázku 2:103 níže.

POZNÁMKA 1: Velikost ochranných pásem bývá v rámci novel EZ upravována, uvedené hodnoty platí u nově stavěných elektrických vedení a stanic.

POZNÁMKA 2: Nadzemní vedení NN (do 1 kV) není chráněno ochranným pásmem, ale při činnostech prováděných v jeho blízkosti je nutné dodržovat vzdálenosti dané **PNE 33 000–6** a při výstavbě vedení se dodržují vzdálenosti od komunikací a budov podle **PNE 33 3302**.

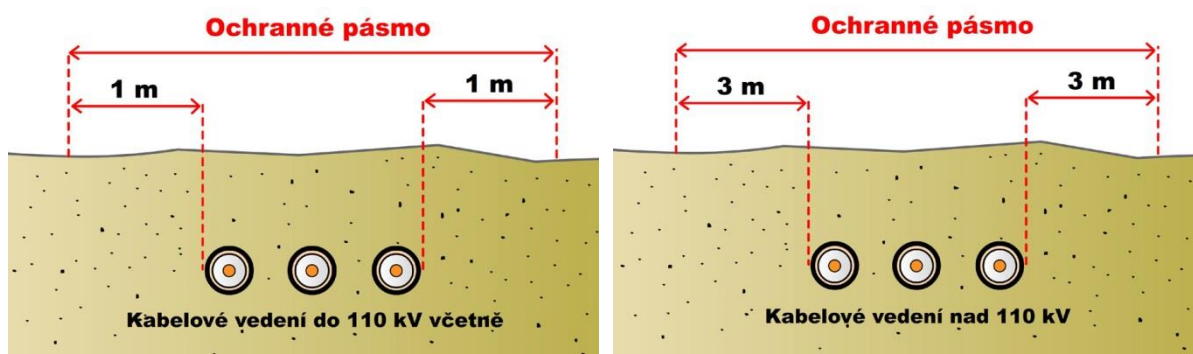


Nad 1 kV do 35 kV včetně	7 m	Nad 1 kV do 35 kV včetně (jednoduché izolované vedení – JIV)	2 m
Nad 35 kV do 110 kV včetně	12 m	Nad 1 kV do 35 kV včetně (závěsné kabelové vedení)	1 m
Nad 110 kV do 220 kV včetně	15 m	Nad 35 kV do 110 kV včetně (jednoduché izolované vedení – JIV)	5 m
Nad 220 kV do 400 kV včetně	20 m	Závěsné kabelové vedení 110 kV	2 m
Nad 400 kV	30 m	Telekomunikační kabely	1 m

Obrázek 2:103 Ochranná pásma nadzemních vedení

2.12.2 OCHRANNÁ PÁSMO PODZEMNÍCH KABELOVÝCH VEDENÍ

Ochranné pásmo podzemního vedení elektrizační soustavy do napětí 110 kV včetně a vedení řídicí a zabezpečovací techniky činí 1 m po obou stranách krajního kabelu, u podzemního vedení o napětí nad 110 kV činí 3 m po obou stranách krajního kabelu.



Obrázek 2:104 Ochranné pásmo kabelového vedení

2.12.3 OCHRANNÁ PÁSMO ELEKTRICKÝCH STANIC

Elektrickou stanicí se rozumí soubor staveb a zařízení elektrizační soustavy, který zajišťuje transformaci, kompenzaci, přeměnu nebo přenos a distribuci elektřiny. Ochranné pásmo elektrické stanice je vymezeno svislými rovinami vedenými ve vodorovné vzdálenosti:

- u venkovních el. stanic a dále stanic s napětím větším než 52 kV v budovách **20 m** od oplocení nebo od vnějšího líce obvodového zdiva,
- u stožárových elektrických stanic a věžových stanic s venkovním přívodem s převodem napětí z úrovně nad 1 kV a menší než 52 kV na úroveň nízkého napětí **7 m** od vnější hrany půdorysu stanice ve všech směrech,
- u kompaktních a zděných el. stanic s převodem napětí z úrovně nad 1 kV a menší než 52 kV na úroveň nízkého napětí **2 m** od vnějšího pláště stanice ve všech směrech,
- u vestavěných el. stanic **1 m** od obestavění.

2.12.4 OCHRANNÁ PÁSMO VÝROBN ELEKTŘINY

Výrobnou elektřiny se rozumí energetické zařízení sloužící k přeměně různých druhů energie v elektřinu. Ochranné pásmo výroby elektřiny je vymezeno svislými rovinami vedenými ve vodorovné vzdálenosti **20 m** kolmo od oplocení nebo od vnějšího líce obvodového zdiva.

2.12.5 ZAKÁZANÉ ČINNOSTI V OCHRANNÉM PÁSMU

- Provádět činnosti, které by znemožnily nebo podstatně znesnadňovaly přístup k těmto zařízením.
- Zřizovat bez souhlasu vlastníka těchto zařízení stavby, či umisťovat konstrukce a jiná podobná zařízení, jakož i uskladňovat hořlavé látky.
- Provádět bez souhlasu vlastníka zemní práce.
- Přejíždět podzemní elektrická vedení mechanismy o celkové hmotnosti nad 6 tun.
- Provádět činnosti, které by mohly ohrozit spolehlivost a bezpečnost těchto zařízení nebo ohrozit život, zdraví či majetek osob.

2.13 PROSTOROVÉ USPOŘÁDÁNÍ PRVKŮ SÍTÍ NN, VN, VVN, VÝŠKY VODIČŮ NAD TERÉNEM

2.13.1 PROSTOROVÉ USPOŘÁDÁNÍ PRVKŮ SÍTÍ NN

Nejdůležitějším specifikem prostorového uspořádání prvků venkovních vedení distribučních sítí NN, je správné stanovení minimálních vzdáleností zařízení při výstavbě, od nejbližších objektů a konstrukcí. Prostorové uspořádání prvků venkovních vedení lze chápat i jako základní ochranu před nebezpečím úrazu elektrickým proudem živých částí (přímým dotykem) — ochrana polohou.

Nejsledovanějšími vzdálenostmi jsou:

2.13.1.1 NEJKRATŠÍ VZDÁLENOSTI VODIČŮ OD BUDOV

Účelem stanovení těchto nejkratších vzdáleností je, aby se kterákoliv část lidského těla nebo jakéhokoliv objektu, u kterých se to dá v přiměřené míře předpokládat, nepřiblížila k vedení tak, aby došlo k nebezpečnému dotyku.

Tyto vzdálenosti platí pro nově budovaná vedení.

Tabulka 2:7 Vzdálenosti vedení NN od obytných a ostatních budov

Vzdálenosti od obytných a ostatních budov [m]								
Vedení nad budovami								
u střech vzdorujících ohni, jejichž sklon je větší než 15°vůči vodorovné rovině			u střech vzdorujících ohni, jejichž sklon je ≤ 15° vůči vodorovné rovině			u střech nevzdorujících ohni a instalacích citlivých na oheň		
B	C	I	B	C	I	B	C	I
0,5	0,3	0,3	4	3	3	4	4	4
			Považuje se za přiměřené, že na části budov stojí osoba s nářadím kvůli údržbě a použije malý žebřík.					
Vedení v blízkosti budov (vodorovná vzdálenost)			Vedení na budovách					
			Vzdálenosti od budov jejich částí a vybavení (antény a zařízení pro ochranu před bleskem atd.)			Pouliční lampy, vlajkové stožáry, reklamní štíty a podobné konstrukce, na kterých nelze stát		
B	C	I	B	C	I	B	C	I
2	1	1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Pokud tato horizontální vzdálenost nebude dodržena, musí se dodržet vertikální vzdálenosti vedení nad budovami			Vodiče nesmějí být před oknem. Nejkratší vzdálenost vodičů od horního okraje okna je 0,2m, od bočních okrajů 0,5 m a od spodního okraje 1m					
B – holé vodiče, C – izolované vodiče, I – venkovní izolovaný kabelový systém a optický kabel								

2.13.1.2 NEJKRATŠÍ VZDÁLENOSTI VODIČŮ OD ZEMĚ

Základním požadavkem je, že dopravní prostředek nebo osoba mohou projet nebo projít pod vedením bez nebezpečí.

Tabulka 2:8 Vzdálenost vedení NN k zemi ve volné krajině

Vzdálenost k zemi ve volné krajině [m]					
Normální terénní profil Volně přístupná místa			Skalní stěna nebo strmý svah Zcela nepřístupná nebo znepřístupněná místa		
B	C	I	B	C	I
6	5,5	5,5	3	2	1
B – holé vodiče, C – izolované vodiče, I – venkovní izolovaný kabelový systém a optický kabel					

2.13.1.3 NEJKRATŠÍ VZDÁLENOSTI VODIČŮ OD POROSTŮ

Vzdálenost porostů (větví a kmenů) od živých částí vedení musí být taková, aby nedošlo k ohrožení osob na stromech při česání ovoce a prořezávání stromů a provozu vedení.

Tabulka 2:9 Vzdálenost vedení NN od porostů

Vzdálenost od porostů [m]											
Pod vedením						Vedle vedení					
Porosty, u kterých se nepředpokládá výstup osob			Porosty, u kterých se předpokládá výstup osob			Porosty, na které nelze vylézt (horizont, vzdálenost)			Porosty, na které lze vylézt (horizont, vzdálenost)		
B	C	I	B	C	I	B	C	I	B	C	I
0,5	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5
B – holé vodiče, C – izolované vodiče, I – venkovní izolovaný kabelový systém a optický kabel											

2.13.1.4 NEJKRATŠÍ VZDÁLENOSTI OD POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

Podpěrné body vedení nesmí být umístěny na silničním pozemku. U silničních komunikací se vzdálenosti vztahují k povrchu celé silniční koruny včetně dělících pásů, krajnic apod.

Žádná část podpěrného bodu nesmí zasahovat do prostoru nad komunikací až do výšky:

- 6,0 m — u silnice I. a II. třídy,
- 5,6 m — u silnic III. třídy, místních a účelových komunikací,
- 5,0 m — u cyklistických stezek a chodníků.

V rozpětích, kde vedení křížuje dálnice, rychlostní silnice a rychlostní místní komunikace nesmějí být vodiče spojovány.

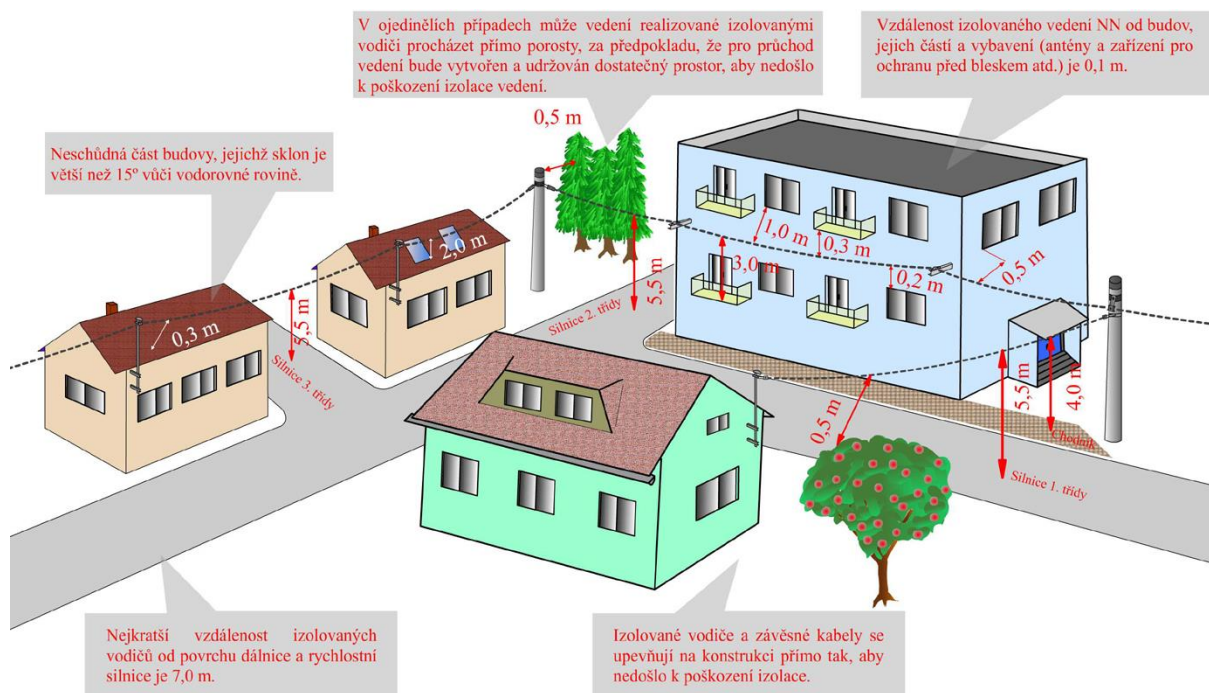
V rozpětích, kde vedení křížuje silnice I. a II. třídy a místní komunikace smí být v každém vodiči nejvýše jedna spojka.

Tabulka 2:10 Nejkratší vzdálenosti vedení NN od křižovaných pozemních komunikací

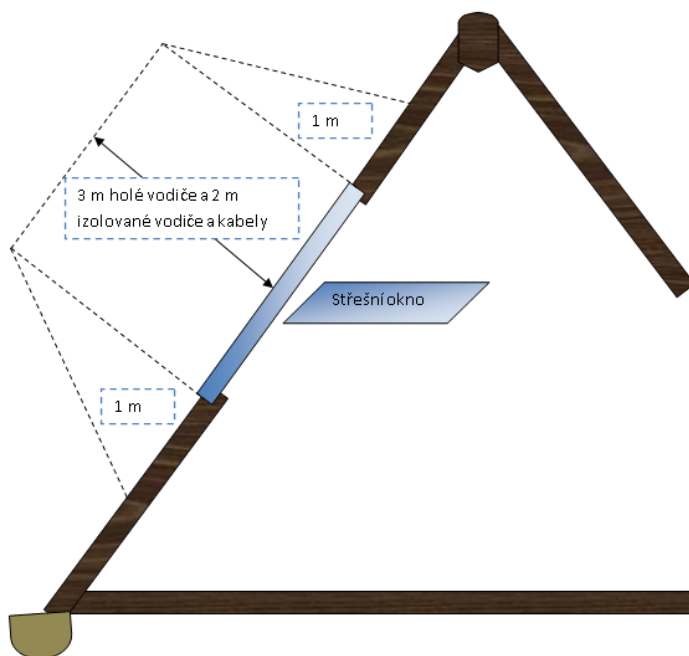
Nejkratší vzdálenosti od křižovaných pozemních komunikací [m]								
K povrchu dálnice a rychlostní silnice			K povrchu silnice I., II. a III. třídy, místních a účelových komunikací, včetně polních a lesních cest			K povrchu cyklistických stezek a chodníků		
B	C	I	B	C	I	B	C	I
7,0	7,0	7,0	6,0	5,5	5,5	5,0	4,0	4,0
B – holé vodiče, C – izolované vodiče, I – venkovní izolovaný kabelový systém a optický kabel								

2.13.1.5 NEJKRATŠÍ VZDÁLENOSTI NA PODPĚRNÉM BODU

Nejkratší vzdálenosti mezi holými vodiči a vodivými částmi podpěrných bodů musí být alespoň **10 cm** s výjimkou prostoru upevnění vodičů na izolátory nebo izolační konzoly. Izolované vodiče, závěsné kabely a optické kabely se upevňují přímo na nosnou konstrukci tak, aby nedošlo k poškození jejich izolace.



Obrázek 2:105 Minimální vzdálenosti izolovaného vedení NN od budov, komunikací a prostorů



Obrázek 2:106 Vzdálenosti venkovního vedení kolem střešního okna

CITOVANÉ A SOUVISEJÍCÍ NORMY A DALŠÍ PODKLADY

PNE 33 3302

Elektrická venkovní vedení s napětím do 1 kV AC

2.13.2 PROSTOROVÉ USPOŘÁDÁNÍ PRVKŮ SÍTÍ VN

Účelem stanovení těchto vzdáleností je zabránit ohrožení veřejnosti, osob vykonávajících činnosti v blízkosti elektrických vedení před elektrickým výbojem.

Nejsledovanějšími vzdálenostmi jsou:

2.13.2.1 NEJKRATŠÍ VZDÁLENOSTI VODIČŮ OD ZEMĚ

Základním požadavkem je, že dopravní prostředek nebo osoba mohou projet nebo projít pod vedením bez nebezpečí. Hodnoty vzdáleností vyplývají z předpokládané maximální výšky dopravního prostředku 5 m.

Tabulka 2:11 Nejkratší vzdálenosti vedení VN k zemi. Vzdálenost k zemi ve volné krajině

Nejkratší vzdálenosti k zemi. Vzdálenost k zemi ve volné krajině [m]					
Běžný terénní profil (volně přístupná místa)			Skalní stěna nebo strmý svah (zcela nepřístupná nebo znepřístupněná místa)		
B	C	I	B	C	I
6,0	6,0	5,6	3,0	3,0	3,0
B – holé vodiče, C – izolované vodiče, I – venkovní izolovaný kabelový systém a optický kabel (optický kabel 6 m)					



Obrázek 2:107 Nejkratší vzdálenost vedení VN nad pastvinou 6 m

2.13.2.2 NEJKRATŠÍ VNĚJŠÍ VZDÁLENOSTI VODIČŮ K OBYTNÝM A JINÝM BUDOVÁM, KONSTRUKCÍM

Účelem těchto nejkratších vzdáleností je zamezit, aby se kterákoliv část lidského těla nebo jakéhokoliv objektu, u kterých se to v přiměřené míře dá předpokládat, přiblížila k vedení. Obytné a ostatní budovy a konstrukce jsou objekty s trvalým pobytem osob (obytný dům, prodejna), objekty s příležitostným pobytem osob (chata, rekreační nebo sportovní objekt, konstrukce autobusové zastávky), objekty průmyslové kryté (dílna, sklad, hala, garáž, vodárna, vodojem, čistička), objekty průmyslové nekryté (fotovoltaické panely), objekty zemědělské kryté (stáj, stodola, skleník, včelín), ostatní objekty (oplocení, protihluková stěna, reklamní poutač, radiokomunikační zařízení).

Tabulka 2:12 Nejkratší vzdálenosti vedení VN nad obytnými a jinými budovami

Nejkratší vzdálenosti nad obytnými a jinými budovami [m]								
U střech vzdorujících ohni, jejichž sklon je větší než 15° vůči vodorovné rovině			U střech vzdorujících ohni, jejichž sklon je ≤ 15° vůči vodorovné rovině			U střech nevzdorujících ohni a instalacích citlivých na oheň		
B	C	I	B	C	I	B	C	I
3,0	3,0	2,0	5,0	4,0	3,0	10,6	10,6	10,6
Považuje se za přiměřené, že na střeše stojí osoba s náradím kvůli údržbě.			Považuje se za přiměřené, že na části budov stojí osoba s náradím kvůli údržbě a použije malý žebřík.			Vzdálenost bude postačující pro odstranění možnosti, aby indukované napětí mohlo způsobit vznícení.		
B – holé vodiče, C – izolované vodiče, I – venkovní izolovaný kabelový systém a optický kabel								

Tabulka 2:13 Nejkratší vzdálenosti vedení VN v blízkosti budov a od dalších zařízení

Nejkratší vzdálenosti v blízkosti budov a od dalších zařízení [m]								
Vedení v blízkosti budov (vodorovná vzdálenost)			Antény, vlajkové stožáry, sloupy reklamní štíty a podobné konstrukce					
			Antény a zařízení pro ochranu před bleskem			Pouliční lampy, vlajkové stožáry, sloupy, reklamní štíty a podobné konstrukce, na kterých nelze stát		
B	C	I	B	C	I	B	C	I
3,0	2,0	1,5	2,6	2,0	1,5	2,6	2,0	1,5
Pokud tato horizontální vzdálenost nebude dodržena, musí se dodržet vertikální vzdálenosti vedení nad budovami			Pokud tato horizontální vzdálenost nebude dodržena, musí se dodržet vertikální vzdálenosti vedení nad budovami					
B – holé vodiče, C – izolované vodiče, I – venkovní izolovaný kabelový systém a optický kabel								

2.13.2.3 NEJKRATŠÍ VZDÁLENOSTI OD POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

Podpěrné body vedení nesmí být umístěny na silničním pozemku. V silničním ochranném pásmu se nesmí zřizovat objekty, které by rušily rozhled, potřebný k zajištění bezpečnosti silničního provozu.

Tabulka 2:14 Nejkratší vzdálenosti vedení VN od křižovaných pozemních komunikací

Nejkratší vzdálenosti od křižovaných pozemních komunikací [m]								
K povrchu dálnice a rychlostní silnice			K povrchu silnice I., II. a III. Třídy, místních a účelových komunikací, včetně polních a lesních cest			K povrchu cyklistických stezek a chodníků		
B	C	I	B	C	I	B	C	I
7,0	7,0	7,0	6,0	6,0	5,6	6,0	5,6	5,0
B – holé vodiče, C – izolované vodiče, I – venkovní izolovaný kabelový systém a optický kabel								

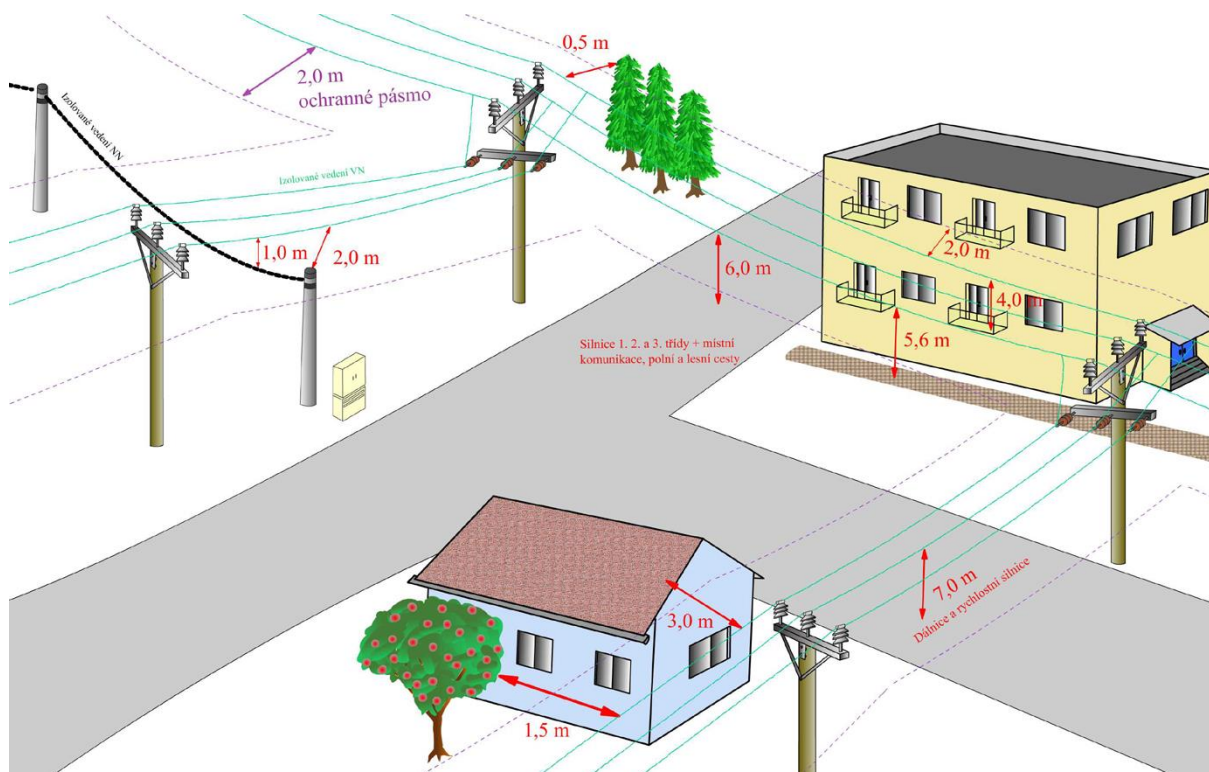
2.13.2.4 NEJKRATŠÍ VZDÁLENOSTI OD SDĚLOVACÍCH VEDENÍ, VEDENÍ DO 1 kV S VEDENÍM DO 45 kV

Křižovatky a souběhy venkovních vedení se sdělovacími vedeními je třeba řešit tak, aby neohrožovaly sdělovací vedení a nerušily jejich provoz.

Tabulka 2:15 Nejkratší vzdálenosti od sdělovacích vedení

Nejkratší vzdálenosti od sdělovacích vedení, vedení do 1 kV s vedením do 45 kV								
kV								
Křížení vedení [m]								
Svislá vzdálenost mezi nejbližším vodičem horního vedení a živými nebo uzemněnými částmi spodního vedení			Svislá vzdálenost vodičů nad podpěrným bodem			Vodorovná vzdálenost mezi svislou osou vychýleného vodiče a částmi sdělovacích vedení		
B	C	I	B	C	I	B	C	I
1,0	1,0	1,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Souběhy vedení [m]								
Vzdálenost mezi vodiči vedení různých vlastníků na společných podpěrných bodech					Vzdálenosti mezi vodiči u vedení na samostatných podpěrných bodech			
B	C	I	B	C	I	B	C	I
0,7	0,5	2.d	1,0	1,0	1,0			

B – holé vodiče, **C** – izolované vodiče, **I** – venkovní izolovaný kabelový systém a optický kabel, **d** – průměr vodiče



Obrázek 2:108 Minimální vzdálenosti jednoduchého izolovaného vedení VN od budov, komunikací a prostorů

CITOVANÉ A SOUVISEJÍCÍ NORMY A DALŠÍ PODKLADY

PNE 33 3301 Elektrická venkovní vedení s napětím nad 1 kV AC do 45 kV AC včetně

2.13.3 PROSTOROVÉ USPOŘÁDÁNÍ PRVKŮ SÍTÍ VVN (110 KV)

Účelem stanovení těchto vzdáleností je zabránit ohrožení veřejnosti, osob vykonávajících činnosti v blízkosti elektrických vedení před elektrickým výbojem.

Nejkratší vzdálenosti nesmí být porušeny po celou dobu návrhové životnosti vedení, tj. jak v počátečním stavu po montáži nových vodičů, tak v provozovaném stavu souvisejícím s přirozeným prověšením vodičů v důsledku působení fyzikálních vlivů.

Nejsledovanějšími vzdálenostmi jsou:

2.13.3.1 VZDÁLENOSTI VODIČŮ OD ZEMĚ

Základním požadavkem je, že dopravní prostředek nebo osoba mohou projet nebo projít pod vedením bez nebezpečí. Maximální výška dopravního prostředku je uvažována 5 m.

Tabulka 2:16 Nejkratší vzdálenosti vedení VVN od země a k zemi ve volné krajině

Nejkratší vzdálenosti od země. Vzdálenost k zemi ve volné krajině [m]	
Normální terénní profil	Skalní stěna nebo strmý svah
Volně přístupná místa	Zcela nepřístupná nebo znepřístupněná místa
6,1	3,1



Obrázek 2:109 Nejkratší vzdálenost vedení VVN nad volně přístupným místem 6,1 m

2.13.3.2 VZDÁLENOST OD POROSTŮ

Vzdálenost porostů (větví a kmenů) od živých částí vedení musí být taková, aby nedošlo k ohrožení osob na stromech při česání ovoce a prořezávání stromů. Tam, kde se pod vedením šplhá po stromech nebo leze po žebříku (např. v ovocných sadech a chmelnicích), výška nad žebříkem nebo stromem musí být taková, aby práce pod vedením mohly být prováděny bez nebezpečí.

Tabulka 2:17 Nejkratší vzdálenosti vedení VVN od porostů

Nejkratší vzdálenosti od porostů. Vzdálenost od porostů [m]			
Porosty pod vedením		Porosty vedle vedení (vodorovná vzdálenost)	
Porosty, u kterých se nepředpokládá výstup osob	Porosty, u kterých se předpokládá výstup osob	Porosty, na které nelze vylézt	Porosty, na které lze vylézt
1,1	2,6	1,1	2,6

2.13.3.3 NEJKRATŠÍ VZDÁLENOSTI OD POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

V rozpětích, kde vedení křížuje dráhy, dálnice, rychlostní silnice a místní komunikace, nesmí být vodiče spojovány.

Tabulka 2:18 Nejkratší vzdálenosti vodičů vedení VVN od pozemních komunikací

Nejkratší vzdálenosti vodičů vedení od pozemních komunikací [m]			
K povrchu dálnice a rychlostní silnice	K povrchu silnice I., II. a III. třídy a místní komunikace	K povrchu účelových komunikací a místních komunikací IV. třídy včetně polních a lesních cest, cyklistických stezek a chodníků	K vnějšímu okraji vozovky (vč. zpevněné krajnice) dálnice, hlavní a vedlejší silnice
7,1	7,1	6,1	1,6

2.13.3.4 VNĚJŠÍ VZDÁLENOSTI K BUDOVÁM A KONSTRUKCÍM

Účelem těchto nejkratších vzdáleností je zamezit, aby se kterákoliv část lidského těla nebo jakéhokoliv objektu nebezpečně přiblížila k vedení. Za „obytné a jiné budovy“ se považují objekty s trvalým pobytem osob (např. obytný dům, prodejna). Objekty s příležitostným pobytem osob (např. chata, rekreační nebo sportovní objekt, konstrukce autobusové zastávky). Za konstrukce a jiné objekty se považují např. oplocení, protihluková stěna, reklamní poutač, radiokomunikační zařízení.



Obrázek 2:110 Nejkratší vodorovná vzdálenost vedení VVN od budovy 3,1 m

Tabulka 2:19 Nejkratší vzdálenosti vedení VVN od obytných a jiných budov a konstrukcí

Nejkratší vzdálenosti od obytných a jiných budov a konstrukcí [m]					
Vedení nad budovami			Vedení v blízkosti budov (vodorovná vzdálenost)	Antény, vlajkové stožáry, reklamní štíty a podobné konstrukce	
Od částí budov vzdorujících ohni, jejichž sklon je větší než 15° vůči vodorovné rovině	Od částí budov vzdorujících ohni, jejichž sklon je menší nebo rovný 15° vůči vodorovné rovině	Od částí budov nevzdorujících ohni a instalací citlivých na oheň		Antény a zařízení pro ochranu před bleskem	Pouliční lampy, vlajkové stožáry, reklamní štíty a podobné konstrukce, na kterých nelze stát
3,1	5,1	11,1	3,1	3,1	3,1

CITOVANÉ A SOUVISEJÍCÍ NORMY A DALŠÍ PODKLADY

PNE 33 3300 Navrhování a stavba venkovních vedení nad AC 45 kV

ČSN EN 50341-2-19 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 1 kV, Část 2 19: Národní normativní aspekty (NNA) pro Českou republiku

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Jaká je nejkratší vzdálenost fázového vodiče AlFe od povrchu místní komunikace?
2. Jaká je nejkratší vzdálenost fázového vodiče AlFe od vodivé nosné konstrukce podpěrného bodu?
3. Jaká je nejkratší vzdálenost fázového vodiče AlFe vedení VN od povrchu pastviny?
4. Jaká je nejkratší svislá vzdálenost fázového vodiče AlFe vedení NN od AlFe vedení VN v křížení těchto vedení?
5. Jaká je nejkratší vzdálenost fázového vodiče AlFe vedení 110 kV od volně přístupného místa?
6. Smí být spojka na vodiči v rozpětí pole venkovního vedení 110 kV křížující dálnici?

3 ŘÍZENÍ, PROVOZ A ÚDRŽBA DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY

V předcházející kapitole jste se dozvěděli, co tvoří distribuční soustavu, jak navazuje na elektrizační soustavu naší republiky, na odběrná zařízení našich zákazníků, a také, jak vypadá v terénu. Jistě jste pochopili, že se jedná o obrovský „živý organismus“, který je třeba nějak řídit, provozovat, udržovat a opravovat. Jako držitel licence na distribuci elektřiny máme tuto povinnost dokonce stanovenou přímo v Energetickém zákonu (zákon 458/2000 Sb., někdy také říkáme Elektrizační zákon). V této kapitole se seznámíme s tím, jak to děláme...

3.1 DISPEČERSKÉ ŘÍZENÍ ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY ČR A DS

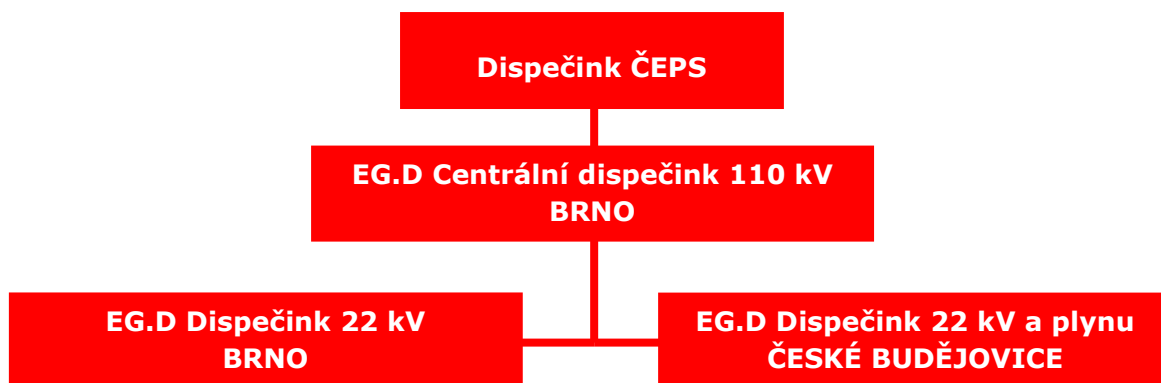
3.1.1 STRUKTURA DISPEČERSKÉHO ŘÍZENÍ ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVY ČR

Dispečerské řízení elektrizační soustavy ČR zahrnuje přípravu provozu, technické hodnocení provozu a operativní dispečerské řízení přenosové soustavy 400 kV, 220 kV, distribučních soustav 110 kV, a řízení sítí vysokého a nízkého napětí.

Hlavní právní předpis pro zajištění dispečerského řízení je **Dispečerský řád**, vydaný formou vyhlášky Ministerstva průmyslu a obchodu o dispečerském řádu elektrizační soustavy České republiky č. **79/2010 Sb.**, který upravuje pravidla pro dispečerské řízení elektrizační soustavy ČR. Tato vyhláška je vypracována v souladu se zákonem č. 458/2000 Sb. (Energetický zákon) a jeho novelami. Dispečerský řád stanovuje základní rozdělení dispečerského řízení elektrických sítí, hierarchii dispečerského řízení a základní činnosti dispečinků pro zajištění spolehlivého a bezpečného provozu elektrizační soustavy ČR. Na dispečerský řád navazují **provozní instrukce** dispečinku provozovatele přenosové soustavy a dispečinků jednotlivých PDS, které podrobně popisují dispečerské pokyny, postupy, pravidla, organizační členění dispečerského řízení a operativní pokyny dispečerů v podmínkách přenosové soustavy a konkrétního PDS.

Za dispečerské řízení přenosové soustavy 400 kV a 220 kV, za řízení systémových elektráren v ČR a za bilanci elektrizační soustavy ČR je odpovědný dispečink provozovatele přenosové soustavy ČR, tedy dispečink společnosti ČEPS, se sídlem v Praze. Odpovídá také za oblast mezinárodní spolupráce, za připravenost a využívání systémových služeb v oblastech kvality elektřiny (regulace činného výkonu a frekvence, regulace jalového výkonu a napětí, zajištění stability a výkonových záloh), za vyrovnanou výkonovou bilanci ČR a za obnovu soustavy při vzniku poruch. Dispečink ČEPS spolupracuje s dispečinky propojených přenosových soustav okolních států v rámci Evropské sítě provozovatelů přenosových soustav – organizace ENTSOE (European Network of Transmission System Operators for Electricity).

Dispečink ČEPS je dispečersky nadřízen Centrálnímu dispečinku 110 kV EG.D a ostatním dispečinkům provozovatelů distribučních soustav v ČR.



Obrázek 3:1 Struktura dispečerského řízení DS EG.D ve vazbě na řízení ES ČR

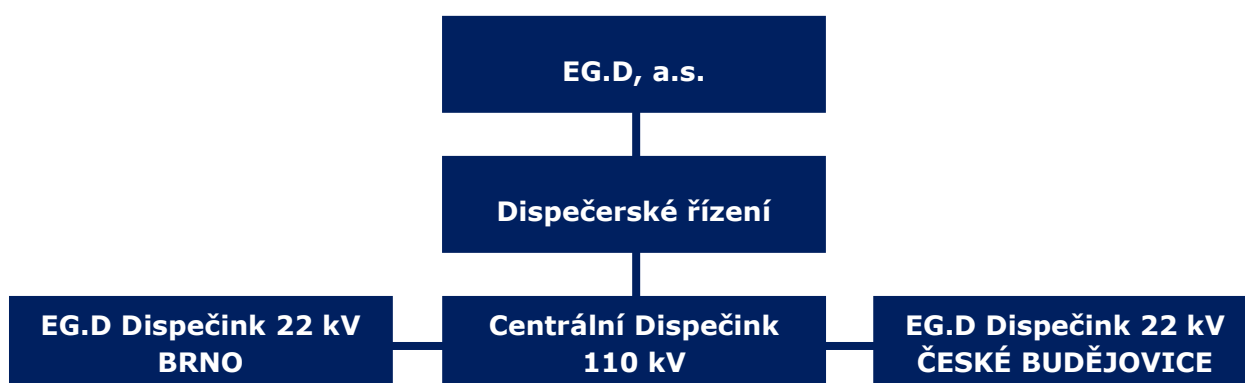
3.1.2 DISPEČERSKÉ ŘÍZENÍ SÍTÍ 110 KV A 22 KV A NÍZKÉHO NAPĚTÍ V EG.D

Centrální dispečink 110 kV EG.D řídí celou distribuční síť 110kV EG.D v oblastech východ i západ. Po dispečerské linii je nadřízen dispečinkům 22 kV, tj. Dispečinku 22 kV Brno a Dispečinku 22 kV a plynu České Budějovice.

Centrální dispečink 110 kV řídí síť 110 kV, zdroje pracující do této sítě, a spolupracuje s dispečinky 110 kV okolních provozovatelů distribučních soustav a s dispečinkem ČEPS. Odpovídá za realizaci opatření, předcházejících vyhlášení stavu nouze (frekvenční plán, vypínací plán).

Dispečinky 22 kV řídí síť 22 kV a sítě nízkého napětí, spolupracují s dispečinky 22 kV provozovatelů okolních distribučních soustav.

Jednotlivé dispečinky řídí zdroje a odběratele připojené do jimi řízené napěťové hladiny a v rámci své územní působnosti. Rozdělení působnosti dispečinků je blíže popsáno v provozní instrukci „Delegace pravomoci a odpovědnosti“.



Obrázek 3:2 Zařazení útvaru Dispečerské řízení sítí ve společnosti EG.D

3.1.2.1 ČINNOSTI DISPEČINKU

Na dispečincích pro řízení elektrických sítí distribuční soustavy EG.D jsou prováděny dva hlavní druhy pracovní činnosti. Je to příprava provozu distribuční soustavy, v níž pracovníci připravují základní podklady pro práci dispečerů a vyhodnocují provoz distribuční soustavy. Dále pak operativní dispečerské řízení, při kterém zajišťují dispečeri tzv. dispečerské řízení elektrických a plynových sítí v reálném čase a v nepřetržitém provozu.

3.1.2.1.1 CENTRÁLNÍ DISPEČINK 110 KV

Centrální dispečink 110 kV řídí síť o napětí 110 kV na celém zásobovacím území distribuční soustavy (DS) EG.D a současně zajišťuje spolupráci s dispečinkem provozovatele přenosové soustavy (PS) o napětí 220kV a 400kV společnosti ČEPS, se kterým řeší zejména provoz na rozhraní přenosové a distribuční soustavy, spolupracuje na řízení elektrizační soustavy, na plánech obrany a obnovy DS, odpovídá za předávání informací o mimořádných událostech a rozsáhlých výpadcích v DS. Rozesílá v rámci společnosti pravidelné reporty o síťových bilancích, poruchách a o rozsáhlých pracovních činnostech v DS.



Obrázek 3:3 Pracoviště dispečinku EG.D

3.1.2.1.2 DISPEČINKY 22 KV

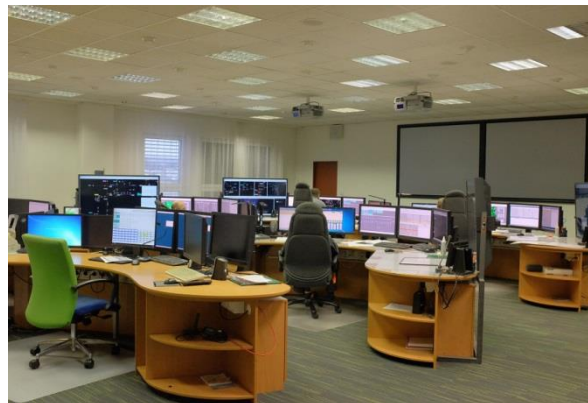
Síť vysokého napětí (VN) DS E.ON v celém Jihomoravském kraji a v části krajů Olomouckého, Vysočina a Zlínského řídí Dispečink 22 kV Brno, v celém Jihočeském kraji a v okrese Pelhřimov kraje Vysočina řídí síť VN a zemního plynu Dispečink 22 kV a plynu České Budějovice. Oba dispečinky 22 kV současně monitorují i síť nízkého napětí. Jedná se zejména o udržování aktuálního zapojení sítě v dispečerském řídicím systému, evidenci manipulací, pracovních činností a poruch v sítích nízkého napětí, při kterých úzce

spolupracují s pracovníky **NONSTOP LINKY Střediska služeb zákazníkům** a s provozními pracovníky v terénu.

V Českých Budějovicích navíc dispečink zajišťuje kromě dispečerského řízení i poruchovou službu v oblasti plynu. Mezi významné činnosti dispečinků 22 kV patří i řízení velkého množství decentralních zdrojů, jejichž velká část byla úspěšně zakomponována do dálkového monitorování a ovládání z dispečerského řídicího systému.



Obrázek 3:4 Dispečerský sál Dispečinku 22 kV Brno



Obrázek 3:5 Dispečerský sál Dispečinku 22 kV a plynu České Budějovice

3.1.2.2 PŘÍPRAVA PROVOZU DISPEČINKU

Zajišťuje zpracování podkladů pro operativní dispečerské řízení, což zahrnuje zejména následující činnosti:

- Spolupráce na přípravě a organizování prací v rozvodné síti s ostatními útvary EG.D a s okolními dispečinky provozovatelů PS a DS – ČEPS, ČEZ, ZSD.
- Plánování a schvalování odstávek přenosových zařízení v rozvodné síti.
- Plánování provozu zdrojů elektrické energie, ve vazbě na zajištění vyrovnané výkonové bilance v síti a zajištění vyvedení výkonu z těchto zdrojů.
- Údržba a aktualizace dispečerských schémat (ve spolupráci s týmem SCADA).
- Rozbory zatížení sítí, technické hodnocení provozu sítí.
- Výpočty chodu sítě, optimalizace zapojení s ohledem na ztráty a kvalitu zajištění napájení.
- Návrhy zapojení sítě a návrhy úprav v síti.
- Zpracování plánů odstávek.
- Zpracování provozně pracovních programů, tj. postupů manipulací pro uvolnění zařízení pro pracovní činnosti v energetické rozvodné síti.

3.1.2.3 PRACOVNÍ SMĚNA DISPEČERA

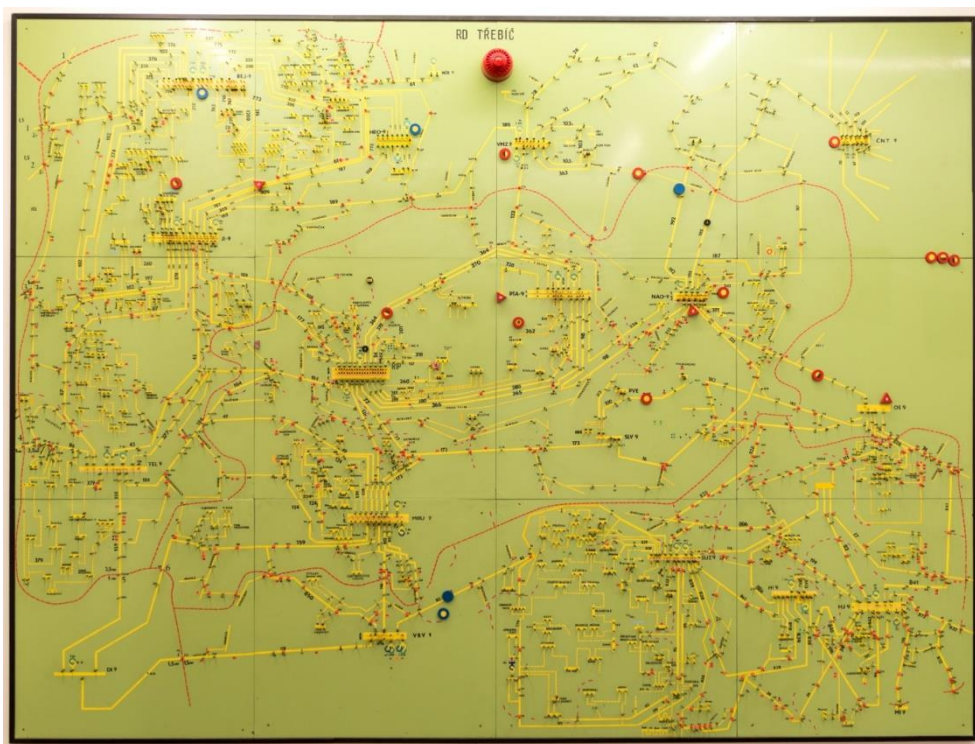
Celkem je v pracovní den ve směně 15 dispečerů. V nočních směnách a o víkendech slouží ve směně 6 dispečerů, z nich je jeden dispečer 110 kV, pět dispečerů 22 kV a nízkého napětí a jeden z dispečerů na dispečinku 22 kV a plynu České Budějovice je současně i dispečerem pro DS plynu. Dispečeri slouží dvanáctihodinové denní a noční pracovní směny. V případě vzniku kalamitních situací jsou pracoviště posílána o pohotovostní pracovníky.

Mezi základní pracovní činnosti v pracovní směně dispečera patří:

- monitorování sítě distribuční soustavy v nepřetržitém provozu a v reálném čase,
- řízení vymezování poruch v DS,
- evidence poruch v DS,
- řízení obnovy dodávky odběratelům,
- řízení a provádění manipulací v DS,
- uvolňování zařízení DS z provozu pro pracovní činnosti,
- evidence pracovních činností v DS,
- uvádění zařízení DS do provozu,
- hlášení provozních událostí,
- povolávání pohotovostních pracovníků,
- řízení zdrojů připojených do DS,
- zpracování a rozesílání zpráv o událostech v DS, o zatížení DS a o výrobě zdrojů,
- spolupráce s provozními a vedoucími pracovníky při řešení mimořádných událostí v DS,
- poruchová služba v oblasti DS plynu v regionu západ,
- monitorování a řízení systému hromadného dálkového ovládání (HDO).

K mimořádným činnostem dispečerů patří v zimním období také řízení vyhřívání vedení 110 kV a 22 kV, prováděné za účelem odstraňování námrazy z vodičů vedení při jejím vzniku, aby tím zamezili fyzickému poškození vedení vlivem tíhy námrazy na vodičích.

Velmi důležitou činností v práci dispečera **je převzetí a předání směny**. Předávající dispečer je odpovědný za předání všech potřebných informací o situaci v DS, tj. zejména aktuální provozní stav řízené sítě, seznámení se zařízeními v poruše, upozornění na provozní abnormality, informace o zařízeních, na kterých je prováděna pracovní činnost. Předání směny je potvrzeno zápisem v provozním deníku. Všeobecně se do provozního deníku zapisují všechny důležité události vzniklé v DS.



Obrázek 3:6 Rajonní dispečink Třebíč (70. – 80. léta)

K uvedeným činnostem přichází navíc denně do dispečerského řídicího systému stovky signálů, na které musí dispečeré správně a včas reagovat. Absolvují desítky telefonních hovorů nejen v rámci uvolňování a zprovoznění zařízení, ale i v rámci řešení poruch jak v oblasti primární silové techniky, tak v oblasti poruch a zkoušek sekundární techniky (ověření komunikace, zkoušky ochrany, zkoušky hromadného dálkového ovládání a mnoho dalších úkonů).

Pro dispečera je, mimo řešení poruch, nejnáročnější ranní časový úsek mezi 6:30 – 8:30 hod., kdy dostává největší počet požadavků na uvolnění zařízení DS, provádí nejvíce manipulací a eviduje nejvíce pracovních činností. S ohledem na možnosti pracovní doby není možné tuto náročnou dvouhodinovku „rozptýlit“ a řeší se v rámci personálních možností dispečinku, např. posilováním směn. Základem pro efektivní a úspěšnou práci dispečera jsou funkční zařízení primární a sekundární techniky. Jejich poruchovost je díky kvalitní údržbě a modernizaci zařízení DS minimální.

3.1.2.4 TECHNICKÁ PODPORA PRÁCE DISPEČERA

Práce dispečera je silně provázána s funkčností mnoha podpůrných technických provozních systémů. Nezbytnou podporu dispečerského řízení zajišťuje dispečerský řídicí systém, prostřednictvím kterého provádí dispečer monitorování dění v DS v reálném čase a manipulace na zařízení DS, tj. vypínání a zapínání zařízení v síti. Bezchybné provádění manipulací je jedním ze základních kamenů zajištění spolehlivého napájení odběratelů. S ohledem na přibývajícím množství a rozvíjející se technické možnosti těchto dálkově řízených prvků v DS přibývá, a úměrně tomu se zvyšuje náročnost a odpovědnost práce dispečera.

Dalšími nepostradatelnými systémy jsou funkční komunikační cesty, zajišťující spojení řídicího systému s rozvodnami, funkční telefonní aplikace a s tím související funkční telefonní spojení.

Při ztrátě komunikace řídicího systému s rozvodnou povolává dispečer na rozvodnu provozní pracovníky v pohotovosti a současně aktivuje pohotovostní pracovníky z oblasti komunikací a řídicích systémů pro vyřešení problému. Velice důležité pro zajištění hlasové komunikace jsou interní telefonní a radiová síť, které jsou v normálním stavu sítě v dnešní době mobilních telefonů spíše záložní, ale v případě vzniku velkých poruch v elektrizační soustavě jsou nenahraditelné.

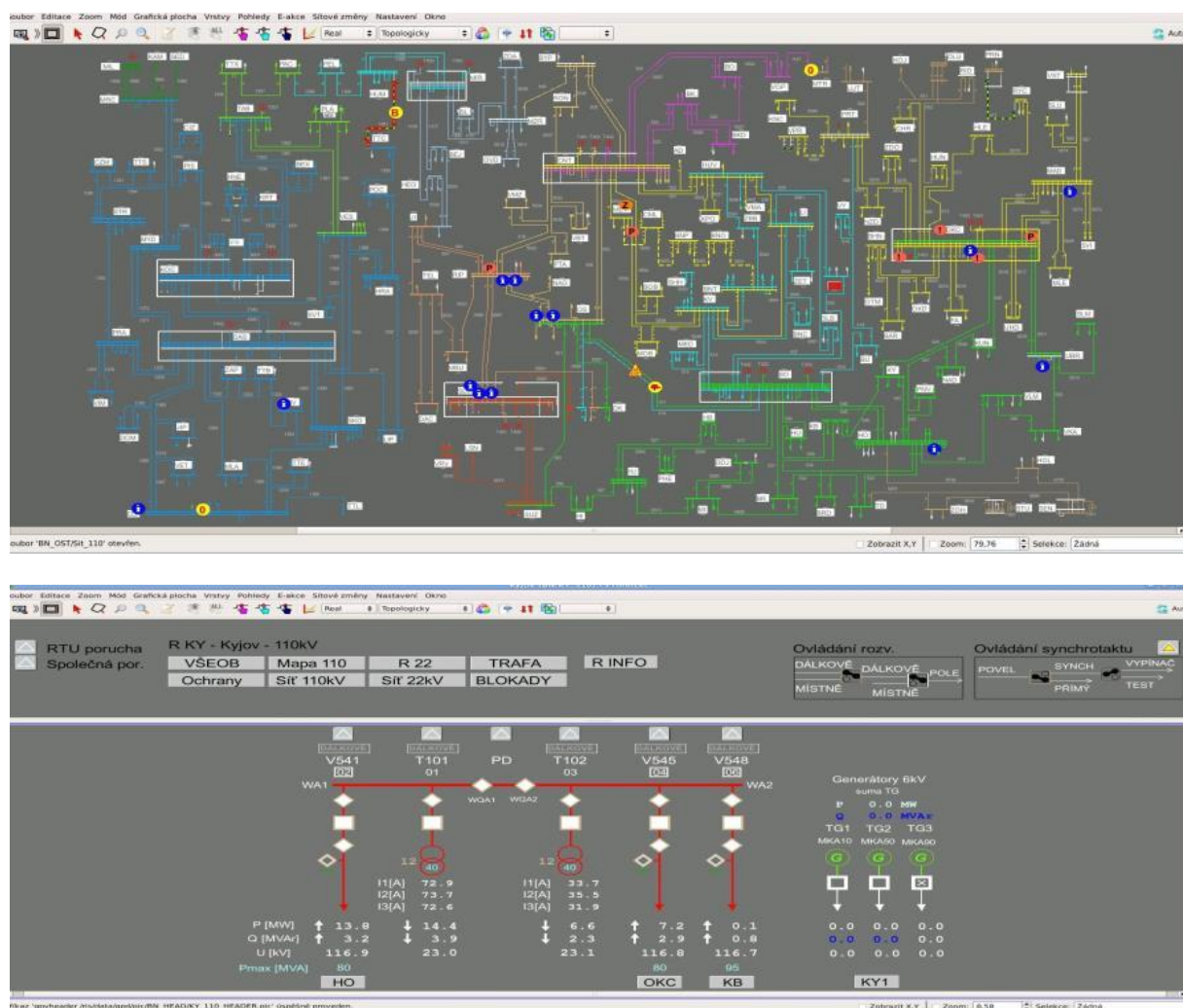
Mezi další důležité provozní systémy na dispečinku patří centrální automatika hromadného dálkového ovládání (řízení přepínání nízkého a vysokého tarifu u odběratelů), prostřednictvím které dispečer monitoruje stav vysílačů tohoto systému, a která umožňuje kontrolní nebo opravné vysílání, případně umožňuje i rychlé odlehčení sítě při vzniku problémových provozních stavů v elektrizační soustavě pomocí operativního přepnutí odběratelů do vysokého tarifu.

Pro řízení sítí nízkého napětí jsou nově využívány i technologie SMART metrů, zejména pro kontroly napětí v síti a pro vymezování poruch.

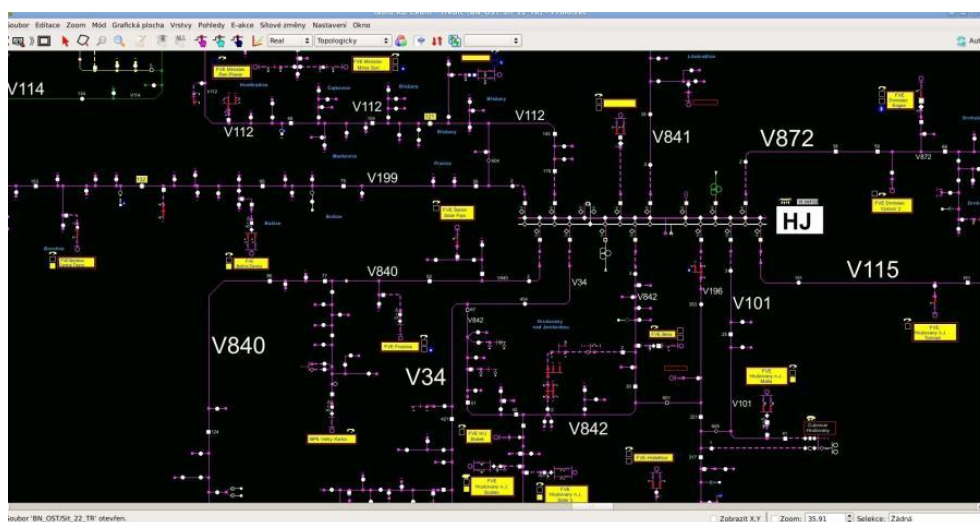
Provoz sítí distribuční soustavy a provoz všech uvedených podpůrných systémů je zajišťován mnoha provozními technickými pracovníky jak interními, tak externími a dispečer musí vědět, jak na vznik případné poruchy reagovat a na koho se má pro její vyřešení obrátit v pracovní i mimo pracovní dobu. Odborná a kvalitní spolupráce mezi provozními pracovníky a dispečerem je nezbytná pro bezpečný provoz zařízení DS.

Práce dispečera vyžaduje, kromě odbornosti a praxe i vysokou psychickou odolnost a spolehlivost, dobrý zdravotní stav a dobrou fyzickou kondici. Musí vždy vystupovat profesionálně. Každá chyba může mít velmi vážné následky.

3.1.2.4.1 DISPEČERSKÁ ŘÍDICÍ TECHNIKA



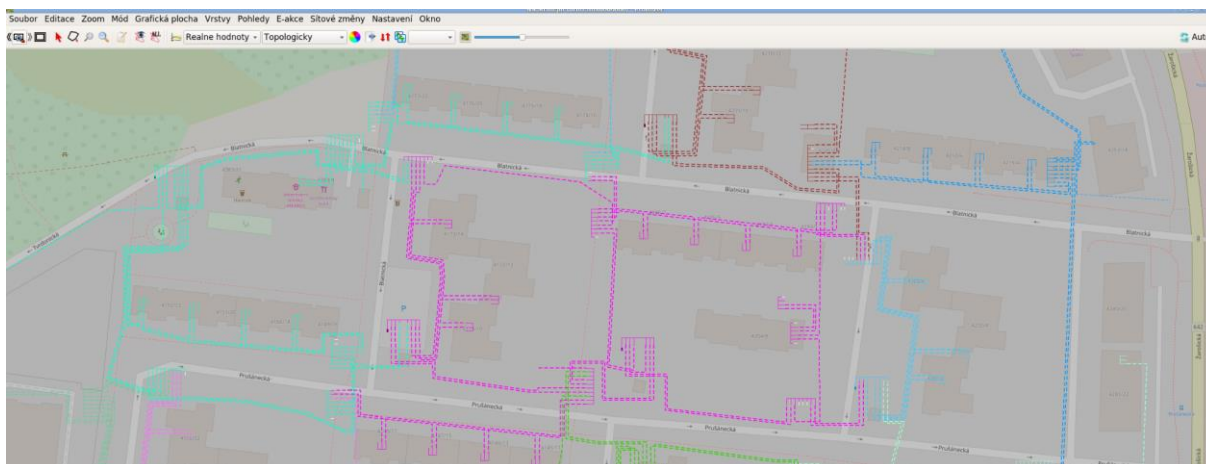
Obrázek 3:7 CD 110 kV pracoviště Brno – řídicí systém RIS



Obrázek 3:8 Dispečinky 22 kV – řídicí systém RIS

Dispečerské řídicí systémy umožňují dálkové povelování, přenos, měření a signalizaci ze všech rozvodů 110/22 kV EG.D ČR a vybraných zařízení DS (vlastních i cizích) na úrovni 110 kV i 22 kV. Jsou provozovány na oddělené síti PIT (OT).

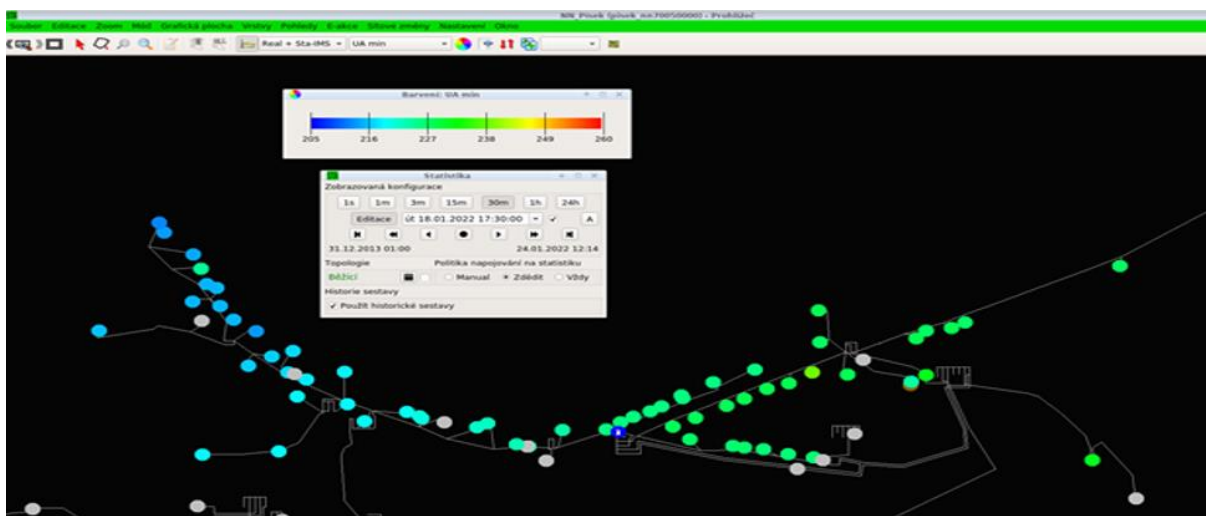
Od roku 2019 jsou součástí dispečerského řídicího systému i provozní schémata sítí NN a systém pro plánování odstávek a řízení poruch (SRI) tzv. Outage Management System (OMS), který slouží k efektivnímu plánování prací a k evidenci poruch v DS. Importovaná provozní schémata NN umožňují dispečinku NN monitorování sítí NN.



Obrázek 3:9 Dispečinky NN – řídicí systém RIS/SRI

Díky integraci na odečtovou centrálu SMDC je možné lokalizovat poruchy na základě informací ze SMART elektroměrů. Dispečer má možnost vyslat na elektroměr nebo skupinu elektroměrů AD HOC dotaz a na základě obdržených dat může rychleji lokalizovat vzniklou poruchu v síti.

Na základě importovaných profilových dat elektroměrů mohou regionální technici provádět analýzy zapojení sítě s ohledem na kvalitu napětí. Data se dají zobrazovat, jak v tabulkové formě, tak i graficky ve schématech sítí NN ve formě podbarvených odběrných míst se zobrazením úrovně napětí podle barevného gradientního barvení. Na následujícím obrázku je vidět zjištěné podpětí v levé horní části sítě NN na základě zobrazených hodnot napětí z elektroměrů (odstíny modré barvy).



Obrázek 3:10 Řídicí systém RIS/SRI – lokalizace podpětí části sítě NN v levé části

Na druhém obrázku je zobrazeno napětí po změně zapojení sítě, které je již na požadované úrovni (zelené probarvení).



Obrázek 3:11 Řídicí systém RIS/SRI – odstranění podpětí sítě NN po změně zapojení sítě NN

3.1.2.4.2 TELEKOMUNIKAČNÍ TECHNIKA

Pro fonickou komunikaci využívá dispečer státní telefonní síť, provozní telefonní síť EG.D (optické přenosy, VF vazby), síť mobilních operátorů a případně radiovou síť, satelitní spojení a speciální telefonní aplikace.



Obrázek 3:12 Skříně optických komunikací

3.2 DISPEČERSKÉ ŘÍDICÍ SYSTÉMY

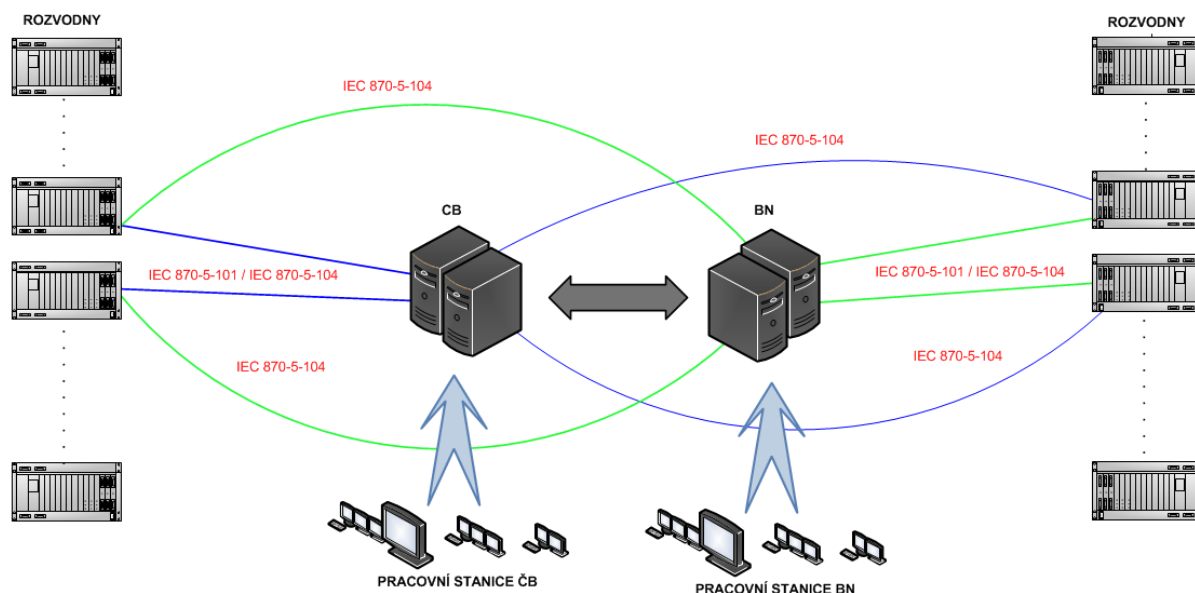
3.2.1 CENTRÁLNÍ DISPEČERSKÉ SYSTÉMY

Účelem dispečerského řízení je monitorovat, řídit a optimalizovat provoz distribuční soustavy v reálném čase. K tomuto účelu slouží primárně dispečerský řídicí systém, který sbírá a zpracovává informace přicházející z procesu — SCADA systém (Supervisory Control and Data Acquisition).

Základní funkce SCADA systému:

- Sběr dat z procesu,
- Dálkové ovládání,
- Grafické zobrazení energetických objektů,
- Záznamy událostí do deníků, alarmování událostí,
- Topologické barvení sítě všech napěťových úrovní (VVN, VN, NN),
- Evidence příkazů „B“,
- Výpočtové funkce sítí,
- Archivace dat,
- OMS (Outage Management System) – řízení plánovaných a neplánovaných výpadků.

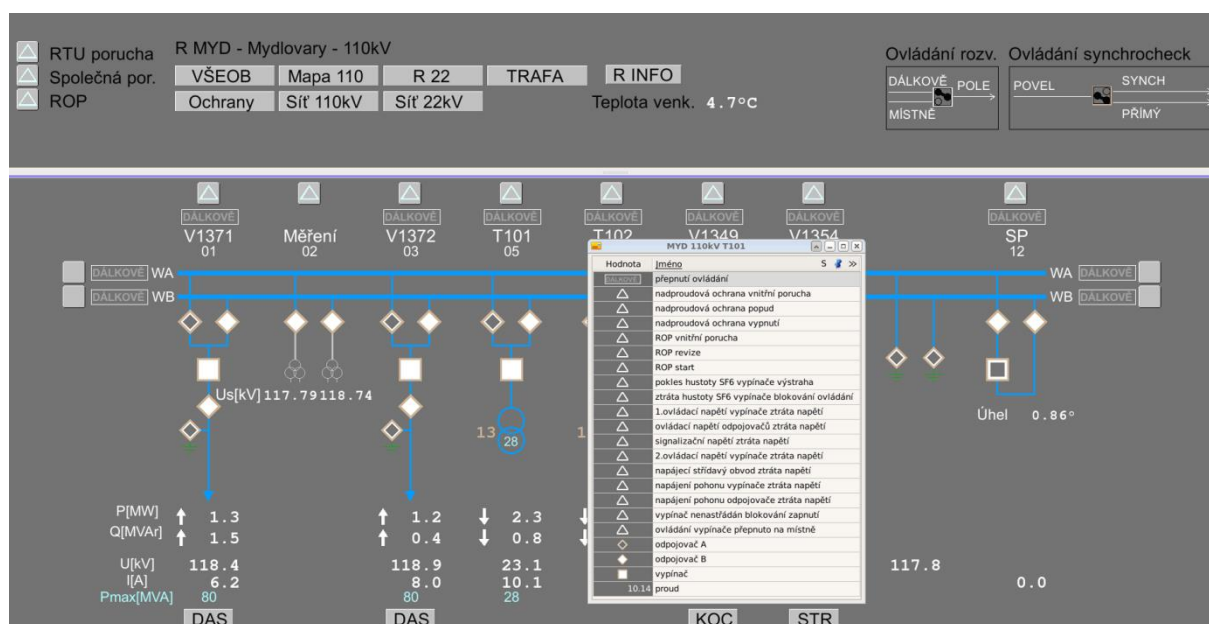
Principiální schéma SCADA systému je na dalším obrázku, kde řídicí systémy rozvodny a řídicí systémy v distribuční síti komunikují po síti PIT (Process IT) s centrálním dispečerským systémem pomocí normalizovaných protokolů IEC 870-5-101 a IEC870-5-104. Jako fyzické přenosové médium jsou používána optická vlákna, síť mobilního operátora a vlastní radiové sítě. Vzhledem k důležitosti tohoto systému jsou jeho veškeré komponenty několikrát zálohovány jak v rámci lokality Č. Budějovice a Brno, tak mezi těmito lokalitami.



Obrázek 3:13 Principiální schéma SCADA systému

Pro potřeby řízení distribuční sítě je nutné fyzickou elektrickou síť převést do digitální podoby, která věrně reprezentuje aktuální stav a zapojení.

Základní funkcí systému je grafické zobrazování energetických objektů, signálů, měření, poruchových hlášení a následná práce s nimi. Nedílnou součástí je topologické barvení sítě od energetických zdrojů ve všech napěťových hladinách VVN, VN a NN.



Obrázek 3:14 Grafické zobrazení energetických objektů

Důležitou funkcí SCADA systému je provozní deník, ve kterém jsou chronologicky zaznamenány přicházející události z procesu, ale i zásahy dispečera. K jednotlivým událostem jsou zpravidla přiřazeny alarmy různé důležitosti, na které dispečer musí odpovědně reagovat.

Ct 8. 3. 2018 07:40:00 Z	HRA 22kV k33 Deštná napájení pohonu odpojovače vypnutí jističe	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:40:00 Z	HRA 22kV k33 Deštná napájení pohonu odpojovače vypnutí jističe	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:40:00 Z	HRA 22kV k26 Vělnice napájení pohonu odpojovače vypnutí jističe	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:40:00 Z	HRA 22kV k21 Měření ovládání napětí odpojovače ztráta napětí	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:40:00 Z	HRA 22kV k26 Vělnice napájení pohonu odpojovače vypnutí jističe	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:39:59 Z	HRA 22kV k21 Měření ovládání napětí odpojovače ztráta napětí	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:39:59 Z	HRA 22kV k31 Strmilov napájení pohonu odpojovače vypnutí jističe	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:39:58 Z	HRA 22kV k31 Strmilov napájení pohonu odpojovače vypnutí jističe	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:39:58 Z	HRA 22kV k21 Měření přepnutí ovládání	MISTNE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:39:58 Z	HRA 22kV k22 Zbuzany napájení pohonu odpojovače vypnutí jističe	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:39:57 Z	HRA 22kV k22 Zbuzany napájení pohonu odpojovače vypnutí jističe	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:39:57 Z	HRA 22kV k29 Jitka Otín napájení pohonu odpojovače vypnutí jističe	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:39:56 Z	HRA 22kV k29 Jitka Otín napájení pohonu odpojovače vypnutí jističe	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:39:55 Z	HRA 22kV k21 Měření napájení pohonu odpojovače vypnutí jističe	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:39:55 Z	HRA 22kV k23 Kamenice napájení pohonu odpojovače vypnutí jističe	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:39:55 Z	HRA 22kV k25 Jarošov napájení pohonu odpojovače vypnutí jističe	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:39:55 Z	Otin Jitka 22kV směr G3 vypínač	VYPNUTO	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:39:55 Z	HRA 22kV k27 Okruh sever napájení pohonu odpojovače vypnutí jističe	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:39:55 Z	HRA 22kV k27 Okruh sever napájení pohonu odpojovače vypnutí jističe	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:39:54 Z	Otin Jitka 22kV směr G3 vypínač	VYPNUTO	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:39:53 Z	HRA 22kV k25 Jarošov napájení pohonu odpojovače vypnutí jističe	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:39:51 Z	HRA 22kV k23 Kamenice napájení pohonu odpojovače vypnutí jističe	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:39:49 Z	HRA 22kV k21 Měření napájení pohonu odpojovače vypnutí jističe	JE	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:38:35 Z	HRA 22kV k28 VS T21	Klidový mód ON	telemetrická	kvitoval Prener
Ct 8. 3. 2018 07:38:32 Z	HRA 22kV k30 Chlum	Klidový mód ON	telemetrická	kvitoval Prener

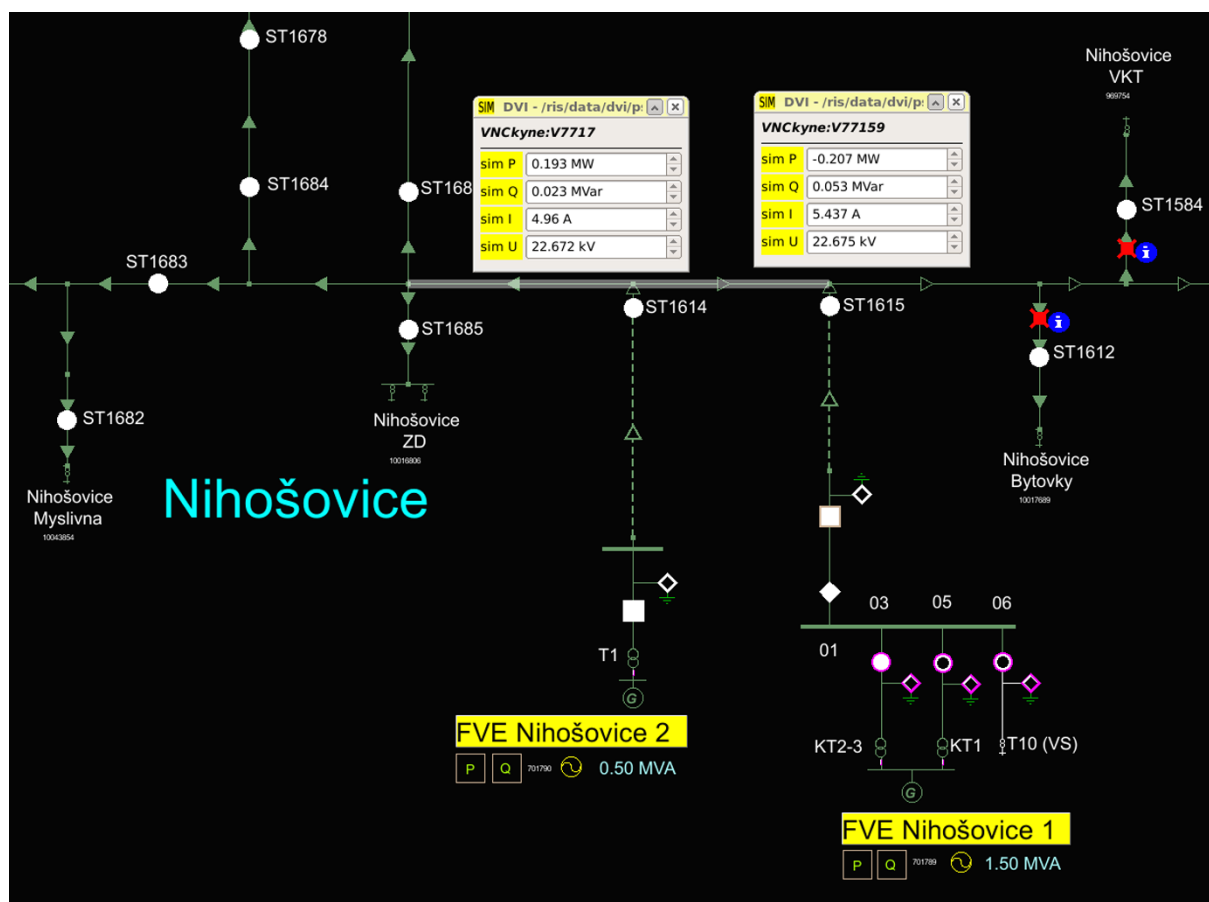
Obrázek 3:15 Provozní deník

Další důležitou funkcí SCADA systému je zpracování archivních dat (tabulky, grafy, ...). Archivace vykonává další různé funkce sběru dat jako vytváření průměrů, maxima a minima. Výpočetní funkce zahrnují periodické výpočty (př. sumarizace výkonů výroby, spotřeby, ztrát podle regionu, typu, ...), predikce atd.

Pro přípravu provozu jsou nepostradatelné funkce síťových výpočtů:

- Estimace (kvalifikovaný odhad) stavu,
- Kontingenční analýza,
- Zkratové výpočty,
- Optimalizace toku výkonu.

Popsané funkce síťových výpočtů mohou být použity i pro studium chování sítě za podmínek odlišných od reálného stavu ve „studijním režimu“.



Obrázek 3:16 Zobrazení dat ve SCADA systému

Na dispečerský řídicí systém je od roku 2019 navázán i systém pro plánování odstávek a řízení poruch SRI (OMS Outage Management System) a řízení sítě NN. Oba systémy jsou navzájem úzce propojeny a předávají si mezi sebou potřebná data a informace pro činnosti, ke kterým jsou určeny.

Jedná se o velmi výkonný nástroj pro práci dispečerů, techniků přípravy provozu, regionálních provozních techniků, NONSTOP LINKY a Retail Center, zejména v oblasti plánování a řízení prací a v oblasti operativního řízení a analýzy poruch v síti na všech napěťových úrovních. Systém OMS pracuje s aktuálním topologickým zapojením sítě VVN, VN, NN a skládá se z několika modulů.

Modul pro požadavky slouží technikům k plánování odstávek, na základě kterých jsou generovány seznamy odběrných míst, která budou po dobu odstávky omezena. Tyto seznamy s dalšími atributy odstávek jsou díky integraci předávány do SAP k dalšímu zpracování.

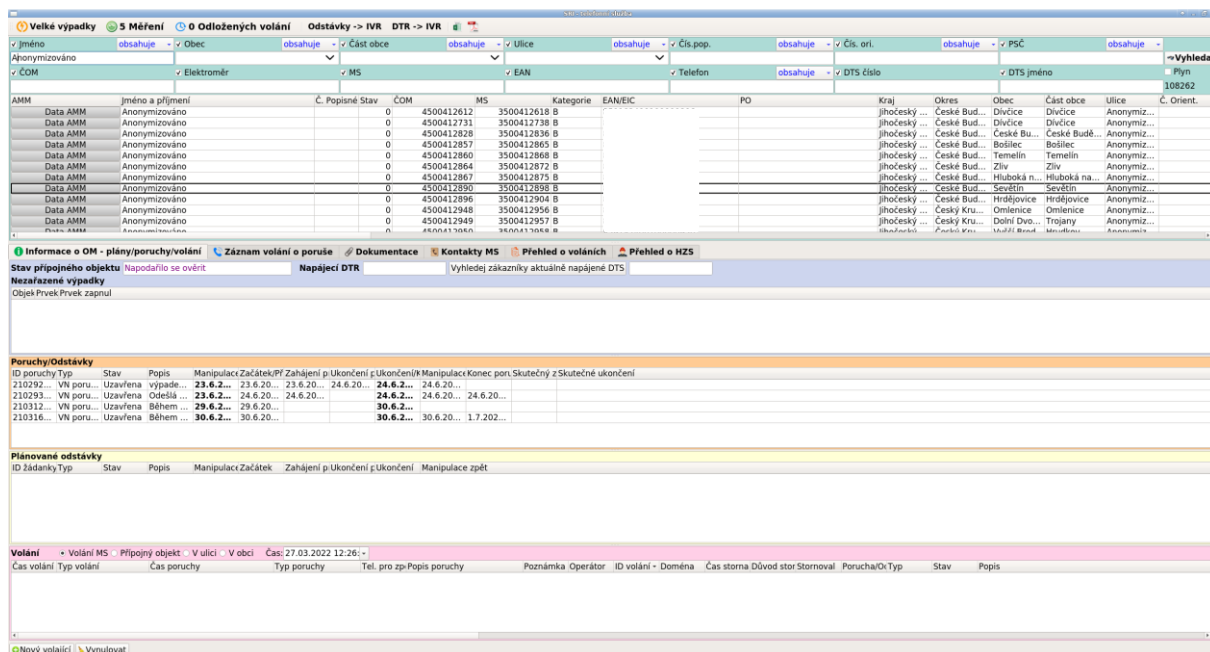
Obrázek 3:17 Modul SRI pro zakládání požadavků

Modul pro řízení odstávek a poruch využívá dispečer pro zahájení a ukončení plánovaných prací (odstávek) a pro řešení poruch a kalamitních situací. V případě poruch jsou zde na základě aktuálního stavu sítě také generovány seznamy odběrných míst, která jsou poruchou postížena a jsou také předávána do SAP k dalšímu zpracování.

Číslo odstávky	Stav	Typ	Doména	Začátek/Předání	Ukončení	Pracovník/Lokace	Referenční zařízení	Krátký text	Popis poruchy/Externí organizace (plyn)	Rozv.
230138204	Uzavřena	VN odstávka	CB-město	27.4.2022 7:45:00	27.4.2022 10:30:00	TS10045272-22-WA	SEV Obila C. Budějovice VN Pro...	SEV Obila C. Budějovice VN Pro...	SEV Obila C. Budějovice VN Pro...	SEV
230134332	Uzavřena	VN odstávka	Brno-východ	21.3.2022 8:00:00	21.3.2022 13:30:00	RMLHUV-T101	HUV T101, jiný důvod	HUV T101, jiný důvod	HUV T101, jiný důvod	HUV
230135052	Uzavřena	VN odstávka	Brno-západ	13.4.2022 8:30:00	13.4.2022 12:30:00	TS5912-22-03 OM	MEY V1279 VN277 Požadavek zák.	Vypnutí, odpojení a zkratování výše uvedeného úseku a předání záježdnosti pracovníků s...	Vypnutí, odpojení a zkratování výše uvedeného úseku a předání záježdnosti pracovníků s...	MEY
230135681	Uzavřena	VN porucha	Brno-východ	16.3.2022 17:25:09	16.3.2022 17:26:28	VNI317 V29	Náhodný strom nad vedením VN mezi p.b.č.76-77 hrozí pád. Vedení HZS. Bude odstraně...	Náhodný strom nad vedením VN mezi p.b.č.76-77 hrozí pád. Vedení HZS. Bude odstraně...	Náhodný strom nad vedením VN mezi p.b.č.76-77 hrozí pád. Vedení HZS. Bude odstraně...	LI
230137782	Uzavřena	VN odstávka	Brno-západ	21.3.2022 11:00:00	21.3.2022 14:30:00	TS706430-22-WA	MEY V1245 VN267 Úprava TS	MEY V1245 VN267 Úprava TS	OPD Brno Západ- asistence měřičů vazu při napětové zkoušce pro vývod na T1. Měřiči v...	MEY
230137962	Uzavřena	VN odstávka	Brno-západ	18.3.2022 8:00:00	18.3.2022 15:30:00	TS8055-T1	BOB V1262 VN162 Úprava TS	BOB V1262 VN162 Úprava TS	OPD Brno Západ- vypnutí, zajištění vstavení B příkazu. Na spolupráce trafostanici Hoř...	BOB
230138124	Uzavřena	VN odstávka	CB-město	26.4.2022 7:45:00	26.4.2022 10:30:00	TS10037785-22-WA	SEV Obila C. Budějovice VN Obila	Revize TS 101. OBI za vypnutího stavu.	Revize TS 101. OBI za vypnutího stavu.	SEV
230141684	Uzavřena	VN odstávka	CB-město	8.4.2022 7:00:00	8.4.2022 10:00:00	RCZAP-JAC400-04-P2	ZAP Diagnostika	Diagnostika oddělovacího trafa VS T041, 0.4/0.4 kV	Diagnostika oddělovacího trafa VS T041, 0.4/0.4 kV	ZAP
230138074	Uzavřena	VN odstávka	CB-město	25.4.2022 12:00:00	25.4.2022 13:30:00	TS10015530-22-WA	KN Alešova C. Budějovice VN Aleš...	Revize TS 328 Blukupstvi za vypnutího stavu.	Revize TS 328 Blukupstvi za vypnutího stavu.	KN
230138054	Uzavřena	VN odstávka	CB-město	25.4.2022 7:45:00	25.4.2022 10:00:00	TS10044644-22-WA	CDV Sever C. Budějovice VN City	Revize TS 160 Vofříkovi dvůr za vypnutího stavu.	Revize TS 160 Vofříkovi dvůr za vypnutího stavu.	CDV
230131304	Zahájena	VN odstávka	CB-město	24.3.2023 8:00:00	29.3.2023 14:30:00	K. C. Budějovice, VN Puchova K10358	SEV Puchova C. Budějovice VN P...	Výkopové práce v OP kabelu VN. Provádí EG D Montáže.	Výkopové práce v OP kabelu VN. Provádí EG D Montáže.	SEV
230131274	Zahájena	VN odstávka	CB-město	27.3.2023 8:00:00	29.3.2023 14:30:00	K. C. Budějovice, VN Obila K10357	SEV Obila C. Budějovice VN Obila	Vlazení nové vlastní TS 146 K. Světlo.	Vlazení nové vlastní TS 146 K. Světlo.	SEV
230131384	Zahájena	VN odstávka	CB-město	24.3.2023 8:00:00	29.3.2023 14:30:00	K. C. Budějovice, VN MR 3 B	SEV MR3 C. Budějovice VN MR 3 B	Výkopové práce v OP kabelu VN. Provádí EG D Montáže.	Výkopové práce v OP kabelu VN. Provádí EG D Montáže.	SEV
230140632	Zahájena	VN odstávka	Brno-západ	27.3.2023 8:00:00	29.3.2023 14:30:00	VNI1396 K22	BOB V1396 VN136 Práce na kabl...	Poslávání na OB Brno VZ. Územ. Požadavek na OPD Brno Západ na kontrolu vypnu...	Poslávání na OB Brno VZ. Územ. Požadavek na OPD Brno Západ na kontrolu vypnu...	BOB
230129081	Zahájena	VN odstávka	Brno-západ	27.3.2023 7:30:00	27.3.2023 13:00:00	RMBNG-22 V289 HPOR	BNJ V289 Revize ochrany	BNJ V289 Revize ochrany	BNJ V289 Revize ochrany	BNJ
230011744	Zahájena	VN odstávka	Brno-východ	22.3.2023 8:00:00	28.3.2023 15:30:00	VNI317 K119	HUV V317 VN317 jiný důvod	Zájem Pouchova škůlny Bmo o vypnutí, zajištění a předání pracoviště pracovní skupin...	Zájem Pouchova škůlny Bmo o vypnutí, zajištění a předání pracoviště pracovní skupin...	HUV
230473514	Zahájena	VN odstávka	CB-město	21.3.2023 7:00:00	28.3.2023 14:30:00	RCSTD-22-36 OM	MEY Kontrola ochrany	MEY Kontrola ochrany	Rekonstrukce R STD. Práce na vzdálenosti. Stavění práce v R22kV a kabelovém prostoru...	MEY
230116222	Zahájena	VN odstávka	Brno-západ	14.3.2023 8:00:00	21.3.2023 14:30:00		MEY Kontrola ochrany	MEY Kontrola ochrany	MEY Kontrola ochrany	MEY
230075484	Zahájena	VN odstávka	CB-město	8.1.2023 7:00:00	31.12.2023 14:30:00	RCSTD-22-22 WA	STD C. Budějovice VN G6 Práce v...	AD T101. Lezecká revize	AD na 22kV pro V522 VOZ - Lezecká revize.	STD
230070061	Zahájena	VN odstávka	Blanský	23.3.2023 8:00:00	27.3.2023 13:30:00	V522-V2	AD T101. Lezecká revize	Revize + výměna transformátoru TS 208 Experiment za vypnutího stavu.	Revize + výměna transformátoru TS 208 Experiment za vypnutího stavu.	AD
230046494	Zahájena	VN odstávka	CB-město	27.3.2023 11:30:00	27.3.2023 14:00:00	TS10044619-22-WA	MEY V247 VN247 k.č.25 vypnutí, odpoje...	POZOR zptné napětí, zvození vlastní spotřeby	MEY V247 VN247 k.č.25 vypnutí, odpoje...	MEY
230128072	Zahájena	VN odstávka	Brno-západ	27.3.2023 8:00:00	31.3.2023 14:30:00	RMBMEY-22-25 V247 OM	MLA Papírny 1 C. Budějovice VN P...	Vypnutí kabelu TS236 Mondl Bupak - TS209 Nemocnice pro zemní práce v jeho blízkosti	Vypnutí kabelu TS236 Mondl Bupak - TS209 Nemocnice pro zemní práce v jeho blízkosti	MLA
230127874	Zahájena	VN odstávka	CB-město	22.3.2023 8:00:00	31.3.2023 14:00:00	K. C. Budějovice, VN Papírny K10223	MEY V246 VN246 Kontrola ochrany	MEY V246 VN246 k.č.23 vypnutí, odpoje...	MEY V246 VN246 k.č.23 vypnutí, odpoje...	MEY
230127892	Zahájena	VN odstávka	Brno-západ	27.3.2023 8:00:00	30.3.2023 14:30:00	RMBMEY-22-24 V209 OM	MEY V209 VN209 Kontrola ochrany	MEY V209 VN209 k.č.24 vypnutí, odpoje...	MEY V209 VN209 k.č.24 vypnutí, odpoje...	MEY
230127782	Zahájena	VN odstávka	Brno-západ	27.3.2023 8:00:00	30.3.2023 14:30:00	RMBMEY-22-24 V209 OM	MEY V209 VN209 Kontrola ochrany	MEY V209 VN209 k.č.24 vypnutí, odpoje...	MEY V209 VN209 k.č.24 vypnutí, odpoje...	MEY
230048952	Zahájena	VN odstávka	Brno-západ	27.3.2023 8:00:00	29.3.2023 15:30:00	K. B. M212 K14	BOB V1231 VN216 Práce na kabelu	Požadavek na PS Brno o předchystání manipulací. Požadavek na OPD Brno Západ na kont...	Požadavek na PS Brno o předchystání manipulací. Požadavek na OPD Brno Západ na kont...	BOB

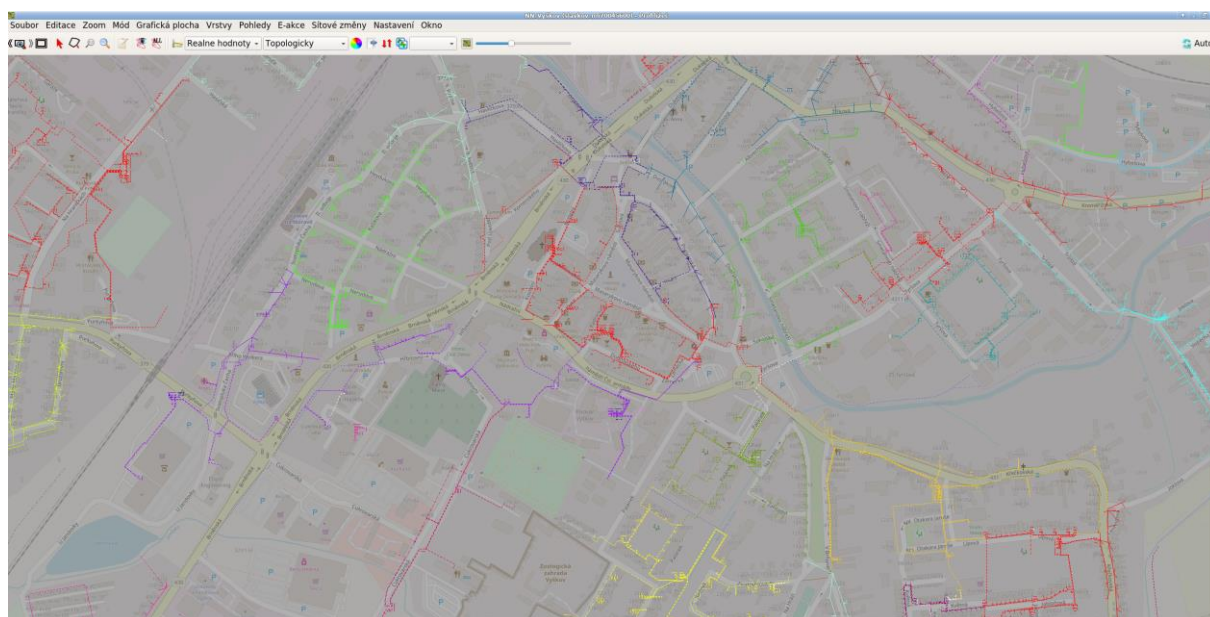
Obrázek 3:18 Modul SRI pro řízení odstávek a poruch

Modul telefonní služba je určen pro NONSTOP LINKU a Retail Center. V tomto modulu si mohou operátoři vyhledat volající zákazníky s vazbou na jejich odběrná místa a na základě aktuálních odstávek a poruch identifikovat příčinu poruchy nebo bezprůd.



Obrázek 3:19 Modul SRI telefonní služba pro Call centrum

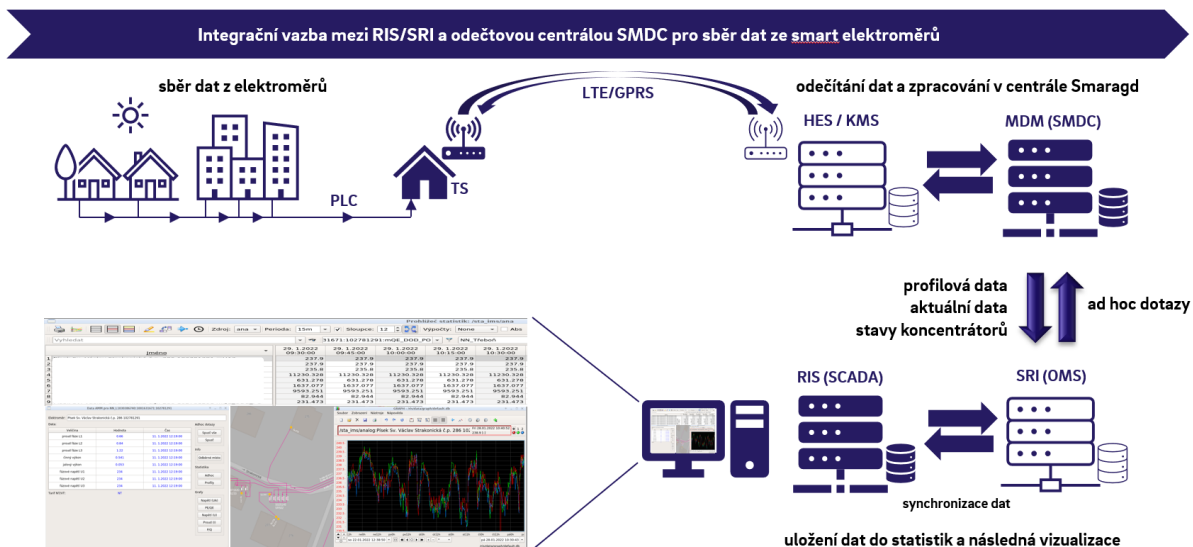
Aktuální provozní schémata sítí NN jsou každý den importována ze systému GIS. Znalost aktuálního zatížení a konfigurace sítě až po zapojení jednotlivých odběratelů na úrovni nízkého napětí poskytuje velmi výkonnou podporu dispečerského řízení DS pro snížení časů odstranění poruch, a tedy i vyšší efektivitu provozu a zlepšení kvality dodávky.



Obrázek 3:20 Provozní schémata NN – řídicí systém RIS/SRI

Tato podrobná znalost aktuálního stavu DS je současně základní stavební kámen pro další využití Smart Meteringu a ostatních prvků tzv. Smart Grid k řízení DS, zejména pro zajištění kvality a spolehlivosti dodávky elektrické energie odběratelům a pro další rozvoj DS.

V současné době je již možné lokalizovat poruchy na základě informací ze SMART elektroměrů. Dispečer má možnost vyslat na elektroměr nebo skupinu elektroměrů ADHOC dotaz a na základě obdržených dat může rychleji lokalizovat vzniklou poruchu v síti. Vše je možné díky zprovoznění rozhraní na datovou centrálu SMDC.



Obrázek 3:21 Integrace mezi řídicím systémem RIS/SRI a odečtovou centrálou SMDC

3.2.2 ŘÍDICÍ SYSTÉMY ROZVODEN VVN/VN

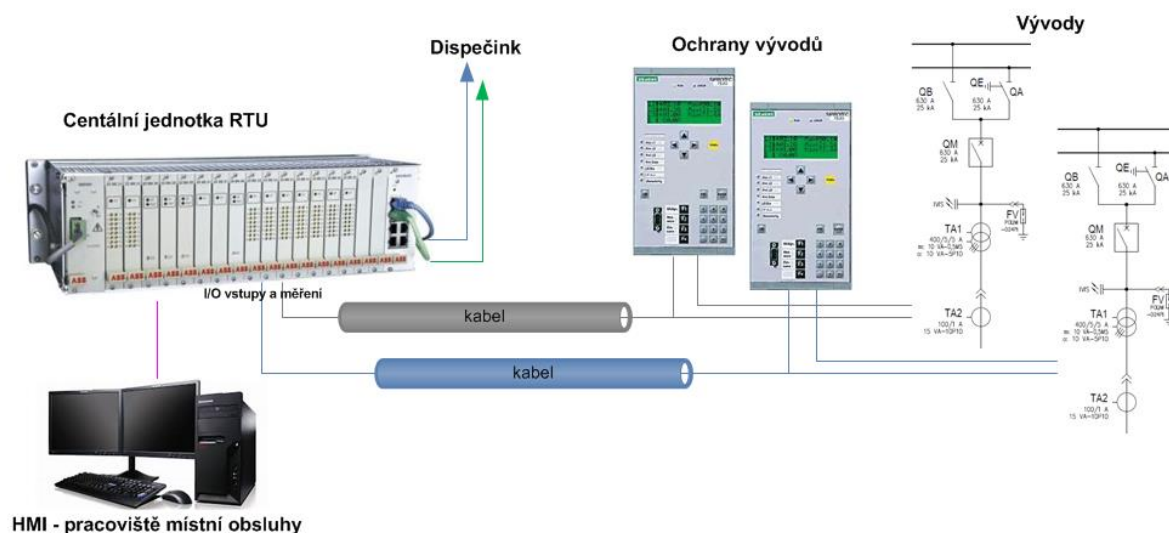
Řídicí systémy rozvoden VVN/VN zajišťují lokální sběr informací, řízení energetických prvků a komunikaci do dispečerského řídicího systému. Komunikace na nadřazený systém SCADA probíhá v redundantní konfiguraci, přesto pokud je ztraceno spojení je možné rozvodnu řídit z lokálního pracoviště **HMI** (**H**uman **M**achine **I**nterface). Pracoviště HMI poskytuje podobné funkce jako centrální dispečerský systém s omezením některých centrálních funkcionalit (evidence příkazů „B“, výpočtové funkce, komunikace s jinými systémy, ...).

Rozlišujeme dva základní systémy zapojení:

- Systémy s centrálním řízením.
- Systémy s decentrálním řízením.

3.2.2.1 SYSTÉMY S CENTRÁLNÍM ŘÍZENÍM

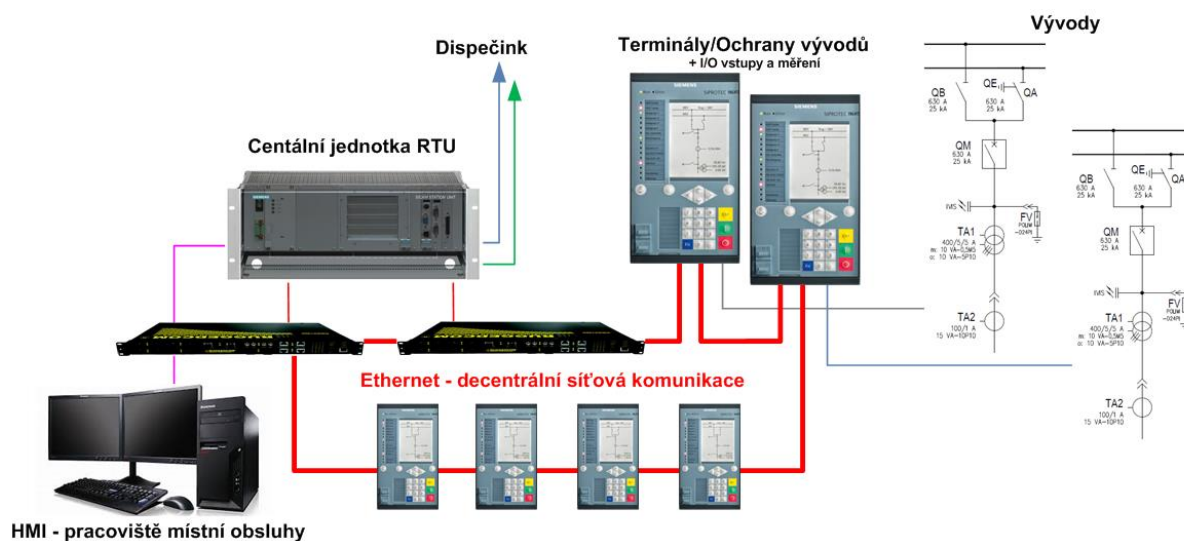
Tyto systémy byly nasazovány v minulosti, kdy byly omezené možnosti komunikace mezi zařízeními. Základem je hvězdicová struktura metalických kabelů od centrální jednotky ke všem zařízením. Všechny informace jsou drátově připojovány k centrální jednotce I/O vstupy. Jelikož je tento systém velmi náročný na objem kabeláže, tak se v dnešní době tato topologie používá pouze v rozsahově malých instalacích. Při obnově zařízení jsou staré instalace nahrazovány systémy decentrálního řízení.



Obrázek 3:22 Schéma systému s centrálním řízením

3.2.2.2 SYSTÉMY S DECENTRÁLNÍM ŘÍZENÍM

U systémů s decentrálním řízením je přímé propojení vodičů pouze mezi ochranami a primární technikou. Centrální jednotka zajišťuje pouze výměnu informací mezi centrálním dispečerským řídicím systémem, HMI a jednotlivými ochranami. Ochrany jsou nazývány terminály, protože vedle standardních funkcí ochran na sebe přebírají funkce spojené s řízením silových prvků. Komunikace je zajištěna ve hvězdicové nebo kruhové topologii.



Obrázek 3:23 Schéma systému s decentrálním řízením

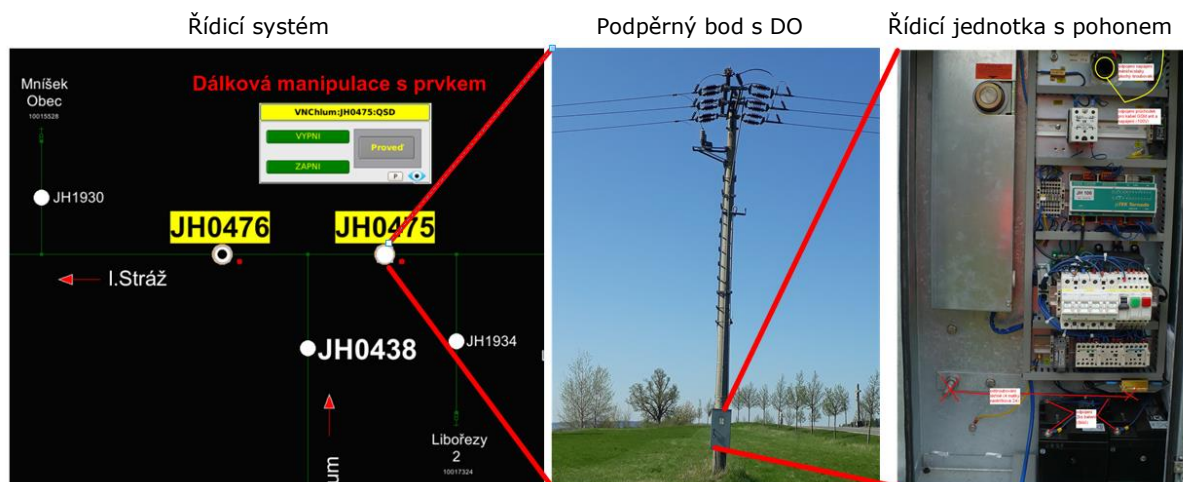
3.2.3 ŘÍDICÍ SYSTÉMY V DISTRIBUČNÍ SÍTI VN (DOUS, RECLOSERY, OZE, DTS)

Pro rychlou změnu konfigurace distribuční sítě 22 kV v případě poruch nebo pravidelné údržby jsou na vybraná místa v síti instalovány dálkově ovládané spínací prvky.

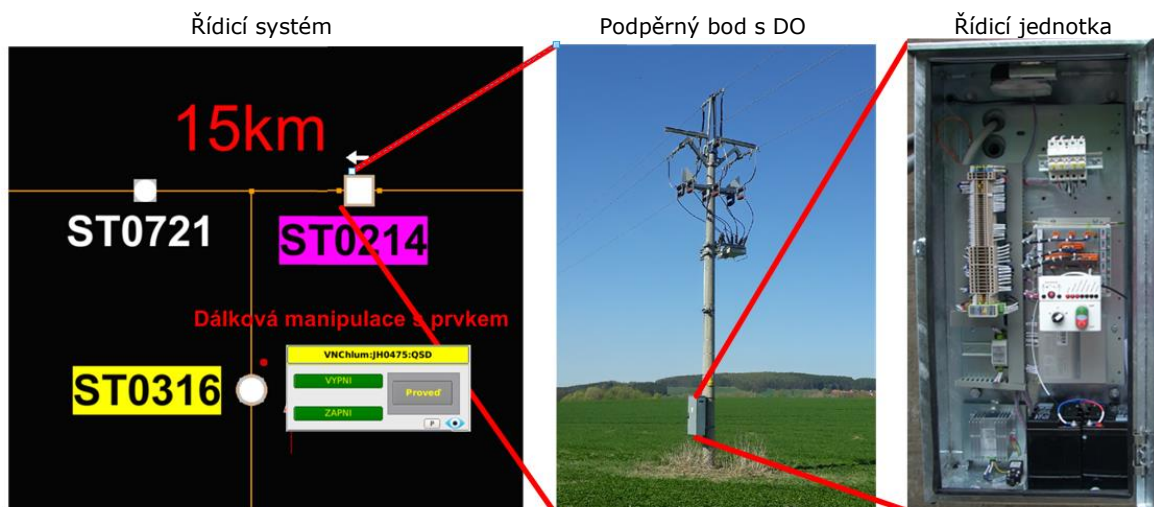
- Venkovní vedení (odpínače, reclosery).
- Kabelové vedení (trafostanice s vypínači, odpínači, odpojovači).

V místech, kde jsou připojeny do distribuční sítě obnovitelné zdroje většího významu jsou rovněž instalovány dálkově ovládané spínací prvky doplněné o měření P, Q, U.

Na základě povelů z centrálního dispečerského ŘS může dispečer u těchto spínacích prvků měnit jejich aktuální stav (vypnout/zapnout), u OZE je doplněna možnost regulace dodávky činného a jalového výkonu. Stavby prvků a hodnoty veličin jsou zpětně signalizovány. Jako přenosový kanál je využívána síť mobilního operátora přes službu GPRS nebo interní radiová síť, kterou provozuje EG.D. Pro napájení koncové technologie jsou použity u venkovního vedení transformátory přímo z linky 22 kV, u kabelového vedení v trafostanici je napájení připojeno z NN rozváděče. Pro zajištění provozu při ztrátě napájení jsou jednotky vybaveny záložním akumulátorem 24 V.



Obrázek 3:24 Dálkově ovládaný úsekový odpínač



Obrázek 3:25 Dálkově ovládaný recloser



Obrázek 3:26 Dálkově ovládaná trafostanice

3.2.4 ŘÍDICÍ SYSTÉMY V DISTRIBUČNÍ SÍTI VN/NN (SMART GRIDS)

Výrazem „Smart Grid“, nebo také česky „inteligentní síť“, bývají označovány komunikační sítě, které umožňují regulovat výrobu a spotřebu elektrické energie v reálném čase. Základním principem Smart Grid je vzájemná obousměrná komunikace mezi výrobními zdroji elektrické energie a spotřebiči nebo spotřebiteli o okamžitých možnostech výroby a spotřeby energie.

Smart Grid má tři základní znaky:

- plná automatizace,
- plná integrace (začlenění) zákazníků,
- adaptace na různé způsoby výroby elektřiny.

Plnou automatizací se rozumí zapojení digitálního kontrolního a řídicího systému spolu se senzory (čidly), které monitorují chování sítě, a automatické obnovování provozu po případné poruše. Díky plné automatizaci jsou v reálném čase k dispozici informace o zatížení sítě, kvalitě dodávky elektřiny, přerušení dodávky apod.

Podstatou plné integrace zákazníků je vybavení zákazníků digitálními měřidly s obousměrným tokem informací v reálném čase, což umožňuje tvorbu cenových tarifů (tedy ceníků a podmínek jejich použití) podle aktuální situace v síti. V této souvislosti se zpravidla hovoří o tzv. chytrých nebo též inteligentních elektroměrech (Smart Metering). Plná integrace umožňuje zákazníkům efektivně řídit spotřebu, např. ohřev vody, praní prádla či dobíjení baterií v době s volnou výrobní kapacitou.

Adaptace na různé způsoby výroby elektřiny umožňuje zapojení např. solárních a větrných elektráren, plynových mikroturbín a dalších decentralizovaných výrobních technologií, což dává příležitost zákazníkům vyrábět elektřinu z vlastních zdrojů a její přebytky prodávat do sítě.

Tím, že umožňují bleskově sladit nabídku elektřiny v síti s okamžitou poptávkou, jsou Smart Grids nutným předpokladem pro zapojení obnovitelných zdrojů energie v masovém měřítku tam, kde díky zeměpisným a klimatickým podmínkám je výroba z těchto zdrojů nepravidelná nebo obtížně předvídatelná, případně se nekryje s požadavky na spotřebu.

Smart Grids kromě toho nabízejí celkové zefektivnění energetiky tím, že umožní účelné sladění výroby a spotřeby s co nejmenšími provozními náklady. Umožňují tedy například, aby spotřebiče, které mohou být zapnuty kdykoliv během dne (například topení) byly zapínány právě v okamžiku, kdy jsou k dispozici nevyužité zdroje elektřiny.

Zároveň však systém Smart Grids také klade nároky na technologii z hlediska složitosti a spolehlivosti při vzájemné součinnosti jednotlivých prvků. Praktické uplatnění Smart Grids se dnes omezuje na vybrané projekty ve vymezených regionech, kde se zkoušejí technické a provozní vlastnosti jejich fungování.

3.3 OCHRANY, AUTOMATIKY, HDO A VLASTNÍ SPOTŘEBA ROZVODEN

3.3.1 OCHRANY

3.3.1.1 ZÁKLADNÍ FUNKCIONALITA

- Souhrn technických opatření určený ke zjištění poruch nebo jiných abnormálních stavů v elektrizační soustavě, umožňující odpojení poruchy přerušením abnormálních stavů a k vyslání signálů nebo jiných příkazů.
- Kontroluje určité části elektroenergetického systému (např. transformátor, generátor, elektrické vedení, tzv. chráněný objekt).
- Informace o jednotlivých veličinách chráněného objektu získává ochrana pomocí přístrojových transformátorů napětí a proudu.
- Tyto informace ochrana vyhodnotí a na základě tohoto vyhodnocení rozhodne, zda je chráněný objekt v mezích normálního provozu nebo zda jde o poruchu.
- V případě poruchy dá pokyn pohonu vypínače, který odepne postižený objekt nebo úsek sítě a současně vysílá signál o působení pro obsluhu.
- Úkolem ochrany je omezit následky vzniklých poruch (poškození zařízení, úraz elektrickým proudem, ohrožení na životě) nebo pokud je to možné, poruchám předcházet.

3.3.1.2 ELEKTROMECHANICKÉ OCHRANY

Elektromechanickou ochranou rozumíme soubor jistících elektromagnetických relé, které vzájemným elektrickým a mechanickým propojením spolupracují při jištění daného zařízení. Jsou vývojově nejstarším typem ochrany a jsou postupně nahrazovány moderními digitálními ochranami.

Dle principu činnosti rozlišujeme elektromechanické ochrany následovně:

- Elektromagnetické
- Jednosměrné
- Elektrodynamické
- Indukční
- Polarizační

Na rozvodnách EG.D se můžeme setkat například s elektromechanickými nadproudovými ochranami AT 31X1 nebo s relé pro opětovné zapínání OZ 33X.



Obrázek 3:27 Elektromechanická nadproudová ochrana AT 31X1

3.3.1.3 DIGITÁLNÍ OCHRANY

Použití výpočetní techniky ve funkci ochrany dává širší možnost zpracování a větší využití vstupních informací než v elektromechanických ochranách. Z tohoto důvodu dochází ke zdokonalení jejich funkčnosti – lepší přesnosti, selektivitě, a také zvýšení uživatelského komfortu. Digitální ochrany umožňují plnit i další úlohy, jako je například monitorování, ovládání a řízení provozu el. soustavy a jejich prvků v reálném čase. Základními stavebními díly těchto ochranných obvodů jsou digitální obvody. Veličiny uvnitř těchto ochranných obvodů jsou zobrazeny a zpracovány pomocí diskretních hodnot (logické nuly a jedničky).

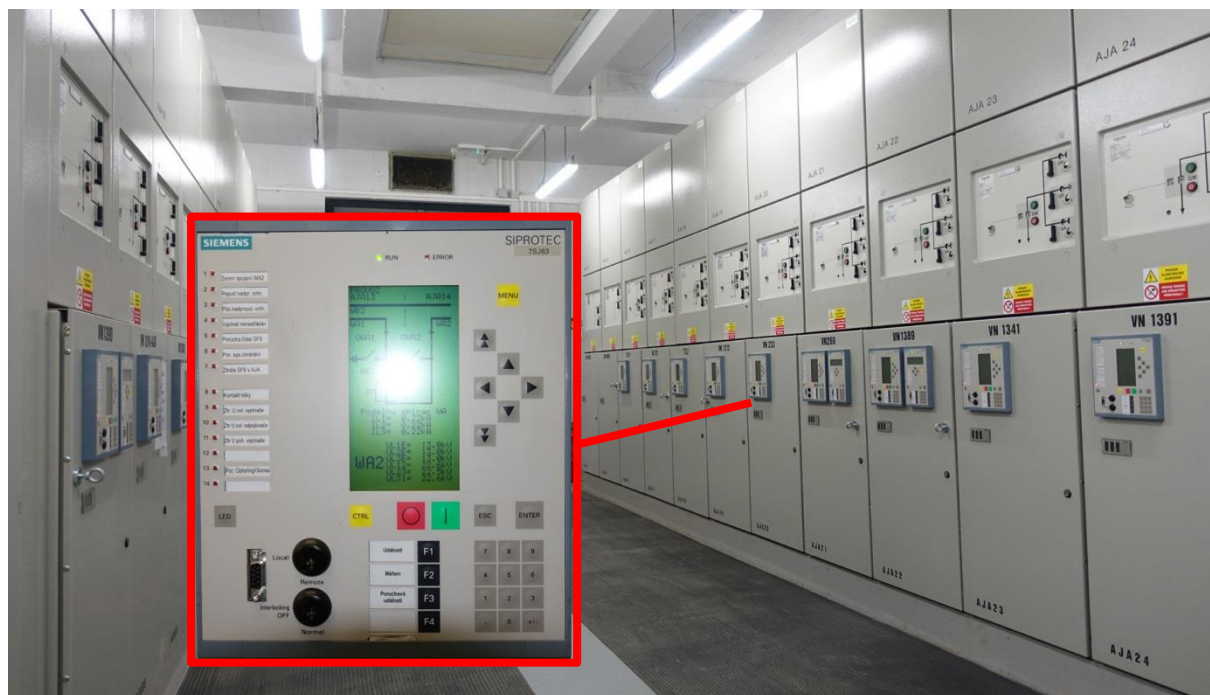
U číslicových ochranných obvodů jsou veličiny o stavu chráněného objektu jako napětí, proud, kmitočet, výkon apod. prostřednictvím analogově číslicových (digitálních) převodníků AD snímány (vzorkovány) v daných časových intervalech Δt a převáděny do číslicové formy. Tyto údaje pak číslicový počítač zpracovává vhodnými programy, které mohou pak modelovat základní funkce měřicího členu ochrany.

3.3.1.4 OCHRANY V DS EG.D

V distribuční soustavě (DS) 110 kV jsou instalovány digitální ochrany výrobců ABB a SIEMENS. Informace jsou do řídicího systému rozvodny přenášeny sériovou komunikací, ethernetovou komunikací nebo prostřednictvím binárních vstupů/výstupů. Na rozvodnách vyšší důležitosti jsou instalovány rozdílové ochrany přípojníc.

V DS 22 kV jsou nasazeny digitální ochrany SIEMENS, ABB, AREVA, P&C a ochrany elektromechanické od firmy ZPA.

Přes ochranné terminály je možné lokální nebo dálkové ovládání spínacích prvků. Lokálně přímo z displeje ochrany a dálkově přes komunikaci z HMI rozvodny nebo centrálního DŘS. V současné době je snaha, aby všechny ochrany podporovaly komunikační protokol IEC61850, po kterém komunikují v rámci rozvodny.

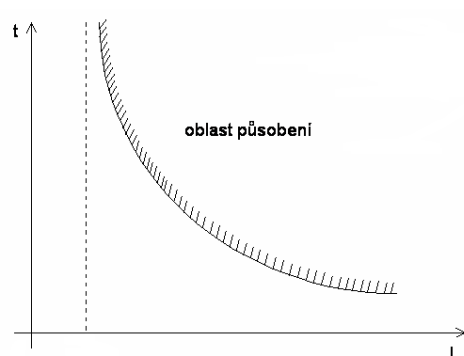


Obrázek 3:28 Ochranné terminály společnosti Siemens

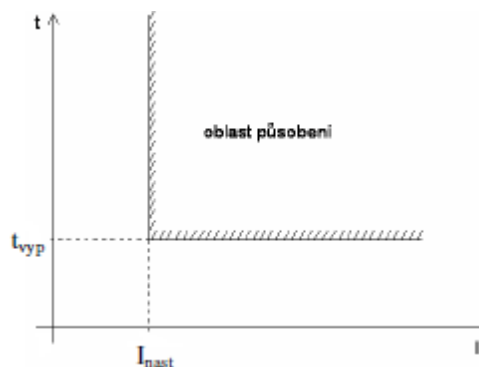
3.3.1.5 DRUHY OCHRAN

3.3.1.5.1 NADPROUDOVÁ OCHRANA

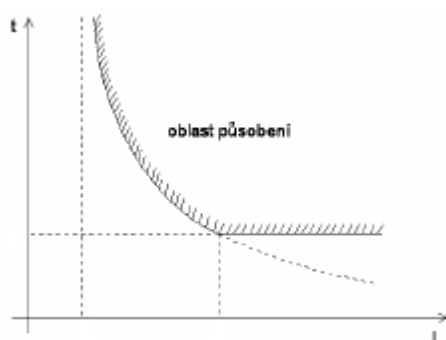
Nadproudová ochrana chrání objekt při zkratu nebo přetížení, kdy se zvětší hodnota protékajícího proudu. Nadproudové ochrany jsou používány hlavně pro svou jednoduchost. Používají se téměř u všech zařízení v elektroenergetice, jako transformátorů, generátorů, motorů, kompenzačních kondenzátorů jako záložní ochrany. U vedení na hladinách VN jsou využívány jako hlavní ochrany, na hladinách VVN jako záložní. Charakteristiky mají časově závislé, časově nezávislé, polozávislé nebo mžikové.



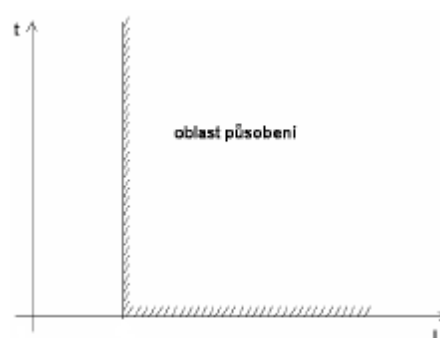
Charakteristika časově závislá



Charakteristika časově nezávislá



Charakteristika časově polozávislá



Charakteristika mžiková

Obrázek 3:29 Charakteristiky nadproudových ochran

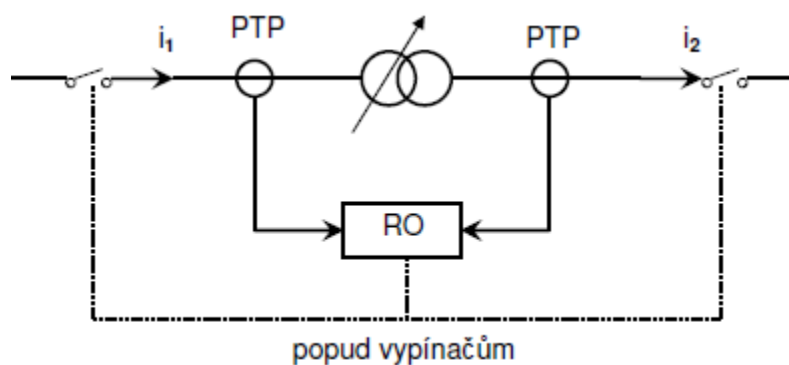
Dodržení selektivity chránění (tj. vypíná se pouze poškozený úsek vedení) se dosáhne snadno pomocí odstupňování vypínacích charakteristik, u časově nezávislých ochran např. odstupňováním vypínací doby.

3.3.1.5.2 ROZDÍLOVÁ OCHRANA (DIFERENČNÍ)

Vyhodnocuje pouze vnitřní zkraty (například transformátoru, umístěného uvnitř chráněného úseku mezi PTP), na ostatní poruchy nereaguje.

i ...poměrný proud (i_1 ..vstupní, i_2 ..výstupní)

bezporuchový stav $i_1 = i_2$, porucha $i_1 > i_2$

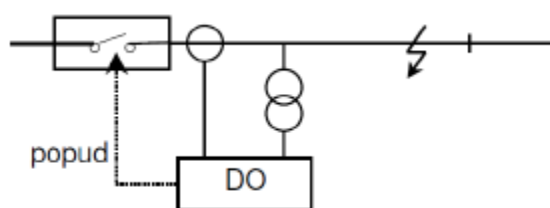


Obrázek 3:30 Principiální schéma zapojení rozdílové ochrany

POUŽITÍ: Pro transformátory VVN/VN a VVN/VVN jako hlavní ochrana, dále pro přípojnice, generátory.

3.3.1.5.3 DISTANČNÍ OCHRANA (IMPEDANČNÍ)

Vyhodnocuje impedanci chráněného zařízení na základě snímání proudu a napětí. Při poruše typu zkratu dochází ke změně velikosti a fázového natočení U a I (U klesá, I roste). Pomocí zjištěné hodnoty impedance lze lokalizovat vzdálenost poruchy od PTP a PTN.



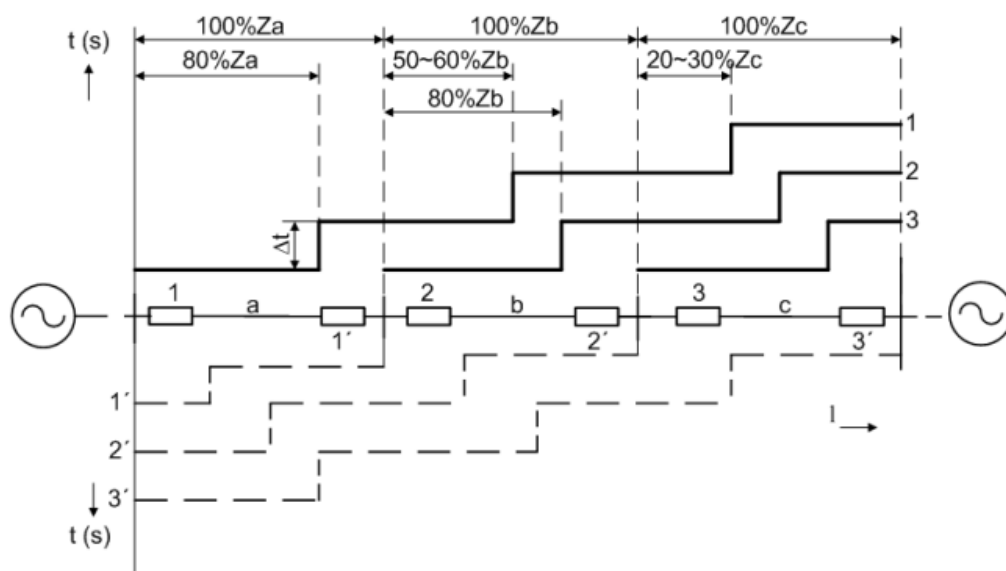
Obrázek 3:31 Principiální schéma zapojení distanční ochrany

Při poruše platí:

$$\overline{Z_{POR}} = \frac{\overline{U_{POR}}}{\overline{I_{POR}}} \quad [\Omega; V, A] \quad l_{POR} = \frac{\overline{Z_{POR}}}{\overline{Z_{NAST}}} \quad [km; \Omega, \Omega/km]$$

Dnešní distanční ochrany umožňují lokalizaci místa poruchy pomocí vyhodnocení indukční reaktance. To eliminuje chybné působení při poruchách s velkým přechodovým odporem poruchy.

POUŽITÍ: Jako hlavní ochrana na vedeních VVN, dále také u generátorů, transformátorů.



- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1.stupeň: $0,8 Z_a$ | $t = 0,01 - 0,02 \text{ s}$ (mžiková) |
| 2.stupeň: $0,8 (Z_a + 0,8 Z_b)$ | $t = 0,6 \text{ s}$ |
| 3.stupeň: $0,8 [Z_a + 0,8 (Z_b + 0,8 Z_c)]$ | $t = 1,1 - 1,2 \text{ s}$ |

Obrázek 3:32 Schéma selektivity distanční ochrany

3.3.1.5.4 AUTOMATIKA OPĚTNÉHO ZAPÍNÁNÍ

Opětné zapínání vypínače vývodu po vypnutí vypínače při detekované poruše provádí automatika OZ, která si při zkratu ve spolupráci s dalšími ochranami (např. ochranami srovnávacími nebo distančními) kontroluje vypnutí vedení a po určité nastavené době provádí opětné zapnutí. Trvá-li zkrat, provádí ochrana definitivní vypnutí, jde tedy o jednoduchý cyklus opětného zapínání VYP – ZAP a v případě trvání zkratu definitivní VYP.

Statistiky ukazují, že u většiny venkovních vedení je většina zkratů jednopólových. Proto automatiku opětného zapínání dělíme na:

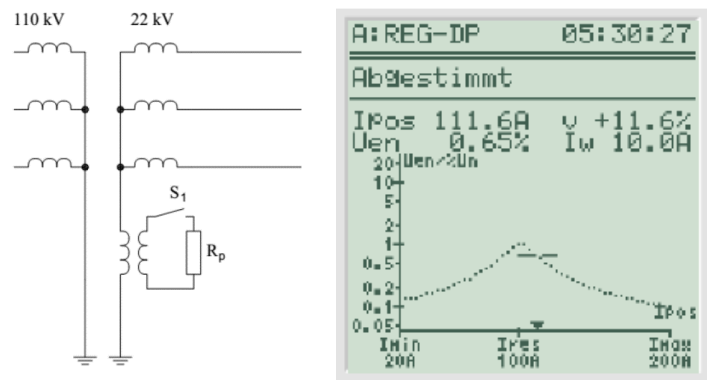
- **jednopólové**, kdy vypínají pouze postiženou fázi,
- **trojpólové**, kdy se vypínají všechny tři fáze.

3.3.2 AUTOMATIKY

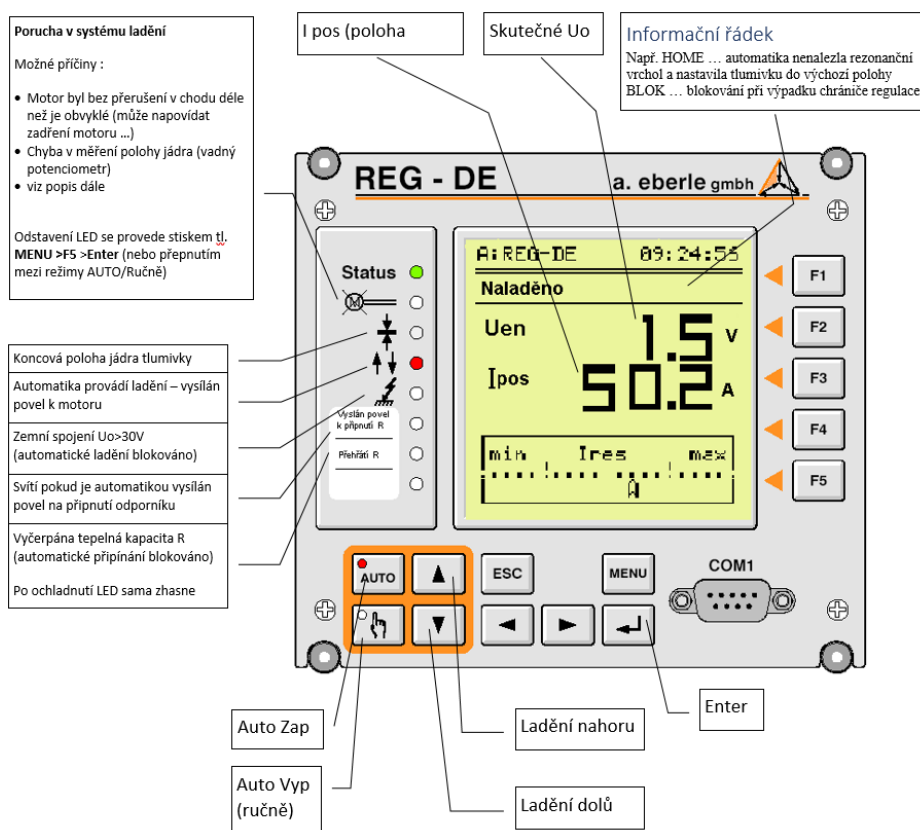
3.3.2.1 AUTOMATIKA LADĚNÍ TLUMIVKY

Sítě vysokého napětí EG.D jsou zpravidla konstruovány jako zhášené – uzel transformátoru 110/23 kV je uzemněn přes tlumivku, nebo jako odporové – uzel transformátoru 110/23 kV je uzemněn přes odpor omezující zemní proud (300A v oblasti „Západ“ a 600 A/1000 A v oblasti „Východ“).

Tlumivka je pomocí automatu (v sítích EG.D převážně používány automaty REG-DP firmy A-EBERLE) laděna do rezonance s kapacitou sítě. Tlumivka je obvykle laděna podle velikosti U_0 na tlumivce. Napětí U_0 je největší v okamžiku, kdy je tlumivka a kapacita sítě v rezonanci.



Obrázek 3:33 Kompenzovaná síť s připínáním pomocného odporníku, rezonanční charakteristika tlumivky



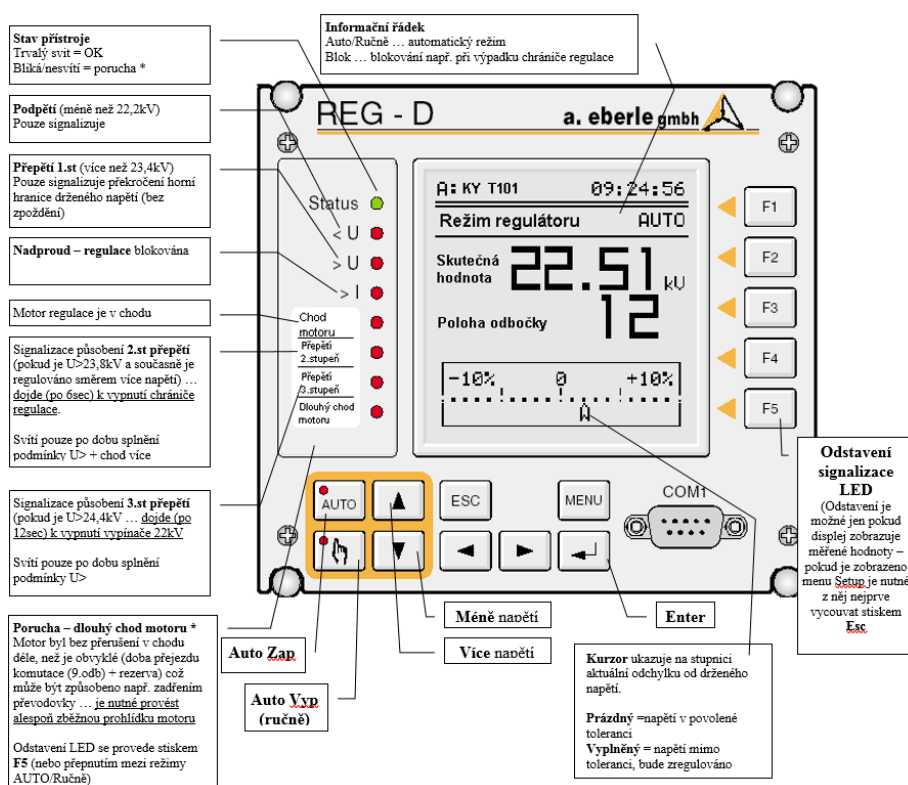
Obrázek 3:34 Popis regulátoru tlumivky REG-DP (DE)

3.3.2.2 AUTOMATIKA REGULACE TRANSFORMÁTORU

V současné době je transformátor VVN/VN posledním prvkem DS, u kterého lze provádět regulaci napětí při zatížení. Na trhu jsou již sice dostupné i distribuční TR VN/NN, které také mají tuto schopnost, ale vzhledem k jejich ceně a životnosti současných TR, nelze jejich masivní nasazení ve střednědobém horizontu předpokládat.

Transformátory VVN/VN jsou většinou konstruovány s převodem $110\text{ kV} \pm 8 \times 2\% / \text{VN}$, díky čemuž je možné za provozu převod dle potřeby měnit. K tomu většinou slouží automatický regulátor odboček, jehož hlavním úkolem je udržovat stabilní sekundární napětí výkonového TR. Existuje celá řada těchto přístrojů, se spoustou doplňkových funkcí,

ale základní princip je vždy stejný. Automatika na základě měřeného napětí a proudu v pravidelných intervalech (řádově 100 ms) vyhodnocuje, zda a jak se skutečná hodnota napětí odchyluje od hodnoty požadované. V případě, že ΔU překročí zadané meze a jsou splněny ostatní potřebné podmínky, předá regulátor pohonu povel, na jehož základě dojde ke zvýšení či snížení odbočky transformátoru. Tento cyklus se může dle potřeby opakovat do té doby, než se měřená hodnota napětí vrátí do pásma tolerovaných hodnot nebo je z nějakých důvodů (většinou bezpečnostních) zablokován. Aby nedocházelo k příliš častým regulačním zásahům má regulace možnost proces zpozdít a povel k přepnutí dát až poté, kdy je napětí mimo zadané meze déle (cca jednotky minut). V případě, že mezitím dojde k návratu stanovených mezí, je doba vynulována a odpočet začne znovu od nuly. Ačkoliv je celý proces plně automatizovaný, většina regulátorů umožňuje rovněž ruční ovládání pro potřeby místní obsluhy transformovny. V DS EG.D je nejčastější používání regulátorů společnosti A. EBERLE.



Obrázek 3:35 Popis regulátoru napětí transformátoru REG-D

3.3.3 SYSTÉM HDO V EG.D

3.3.3.1 ZÁKLADNÍ FUNKCIONALITA

Hromadné **D**álkové **O**vládání je soubor technických prostředků, umožňující vysílat povely z jednoho vysílacího místa k většímu množství přijímačů na různých místech v distribuční síti za účelem:

- usměrňování denního diagramu zatížení (DDZ),
- zvýšení propustnosti sítí,
- speciální využití (např. varovné systémy, řízení OZE),
- řízení spotřeby (změny tarifu, zapnutí/vypnutí skupin spotřebičů — bojlerů, přímotopné topení, akumulární topení, tepelná čerpadla, veřejné osvětlení apod.) vše v souladu s platnou legislativou (ceníky el. energie).

3.3.3.2 POPIS ZAŘÍZENÍ HDO

Systém HDO využívá pro přenos informace (signálu HDO) silová vedení distribuční sítě VVN, VN a NN. Řídící povely jsou z vysílače HDO vysílány ve tvaru impulsního povelového kódu do každé fáze v rozvodně 110 kV nebo 22 kV a následně se přes transformátory 22/0,4 kV přenáší do NN sítí a dále do místa spotřeby a k přijímači HDO. Tyto impulsy jsou modulovány tzv. superpozicí na základní kmitočet sítě 50 Hz. V EG.D se používá tónová (ovládací) frekvence HDO 216,6 Hz. Ovládací napětí tónové frekvence se v síti pohybuje okolo hodnoty 1,8-2,0 % napětí DS. Řídící povely, tzv. telegramy, generuje CA HDO, která dle zadaných parametrů řídí vysílání a zpětně kontroluje, zda bylo vše odvysíláno dle požadavku. Zprostředkovatelem vysílání telegramů je zařízení umístěné ve vysílači — výběrová logika klíčování — VLK15. Přijímač, instalovaný u zákazníka v elektroměrovém rozváděči, dokáže přečíst zaklíčovaný telegram a vyhodnotí, zda má provést přepnutí relé, či nikoli.

Základní části systému jsou:

- centrální automatika — CA HDO,
- vysílač HDO,
- přijímač HDO.

CA HDO — tvoří ji soustava několika počítačů a jako celek zabírá jeden rozváděč na PC sále Dispečinku 22 kV a plynu ČB a na Centrálním dispečinku 110 kV Brno. CA HDO zajišťuje časové vysílání telegramů dle platného vysílacího plánu a zároveň, on-line, kontroluje stav vysílaných telegramů z vysílače. Časové plány spotřebičů do automatiky zadává koordinátor údržby HDO dle požadavků zaměstnanců příslušných útvarů EG.D, například útvaru Měření. Mimo pracovní dobu má stálý dohled nad systémem HDO dispečerská služba CD 110 kV v Brně. V základním provozním režimu jsou všechny vysílače EG.D řízeny z CA. Nedílnou součástí CA je rozváděč RS36, který je umístěn u vysílače na příslušné rozvodně 110/22 kV a zajišťuje komunikaci mezi CA HDO a vysílačem.

Z důvodu požadavku na vysokou dostupnost signálu HDO v distribuční síti musí zařízení trvale spolehlivě pracovat a je také odpovídajícím způsobem zálohováno. V současné době se pro přenos informací mezi CA HDO a vysílačem využívá provozní LAN síť — tzv. PIT (viz kapitola 3.4 Komunikační infrastruktura).

Vysílač HDO — zařízení, které zajišťuje tvorbu a přenos tónového signálu do elektrizační soustavy. V EG.D jsou využívány dva typy vysílačů — vysílače do napěťové hladiny 110 kV s výkonem 1600 kVA a vysílače do napěťové hladiny 22 kV s výkonem 250 kVA. Většina

vysílačů je dvoubloková, tzn. že na příslušné rozvodně je instalován vysílač se dvěma vývodovými vazebními členy (bloky). Pouze v případě, že se na rozvodně nachází více napěťových úrovní Přenosové soustavy (400 kV + 220 kV), je v příslušné rozvodně instalováno více bloků vysílače, např. na rozvodně Sokolnice jsou 3 bloky.



Obrázek 3:36 Vysílač HDO 110kV — sestava rozvaděčů SMK 1600, HDO1 + HDO2



Obrázek 3:37 Vysílač HDO 110kV — vazební člen

Přijímač HDO — koncové zařízení systému, které umožňuje příjem povelového kódu (telegramu), provede jeho vyhodnocení a požadovaný úkon — přepnutí relé. Zpravidla je přijímač umístěn v elektroměrovém rozvaděči na nemovitosti zákazníka. Přijímače HDO používané v EG.D, a.s. jsou moderní, mikroprocesorem řízené přístroje s časovými funkcemi, programově nastavitelnou ovládací frekvencí, citlivostí a schopností se učit — některé přijímače si za provozu dokážou ukládat do paměti data, se kterými pak mohou spolehlivě pracovat (např. po obnově napájení), nebo lze data pomocí PC stahovat k analýze. V naší DS jsou nainstalovány i starší přijímače HDO, většinou typu FMX 15, FMX 30, FMX100 nebo FMX 300.

3.3.3.3 ŘÍZENÍ VYSÍLÁNÍ TELEGRAMŮ

Vysílání telegramů HDO je v základním provozním stavu řízeno z CA HDO. Do CA jsou koordinátorem údržby HDO zadány sestavy kódů a k nim jsou dle platné legislativy přiděleny časy nízkého tarifu (NT), které pak CA dle algoritmů a denní doby řadí a ovládá vysílače HDO. Tyto sestavy kódů a časy NT jsou přenášeny i do místní automatiky (MA) u vysílače z důvodu zálohy a možných poruch CA nebo přenosových cest. Pokud dojde k poruše CA HDO nebo přenosové cesty, je možné převést provoz na MA a pokračovat s časovým vysíláním z MA HDO. Pro vysílání telegramů musí být vždy zabezpečeny synchronizační podmínky. Také je možný ostrovní provoz vysílání nebo ovládání z místa. Neustálý dohled nad těmito provozními stavy má dispečer CD v Brně.

3.3.3.4 TELEGRAMY HDO

V EG.D. se využívají výhradně dva typy telegramu. Prvním je **dlouhý** telegram ZPA I–I (impulz–impulz) tvořený sériovým IPK, jehož celková délka je 64 s. Tento telegram se skládá ze **start impulsu** — SI (2,33 s), **zabezpečovací mezery** — ZM (2,99 s) a kombinace jednotlivých impulsů (1,0 s) a mezer (0,33 s). Jednotlivé impulsy tvoří **předvolbu A** (A1–A4), **předvolbu B** (B1–B8) a **výkonné dvojpovelů DP** (DP1–DP16). Každý dvojpovel obsahuje dva pulzy označené „z“ a „v“ — graficky znázorněno níže na Obrázku 3:38.

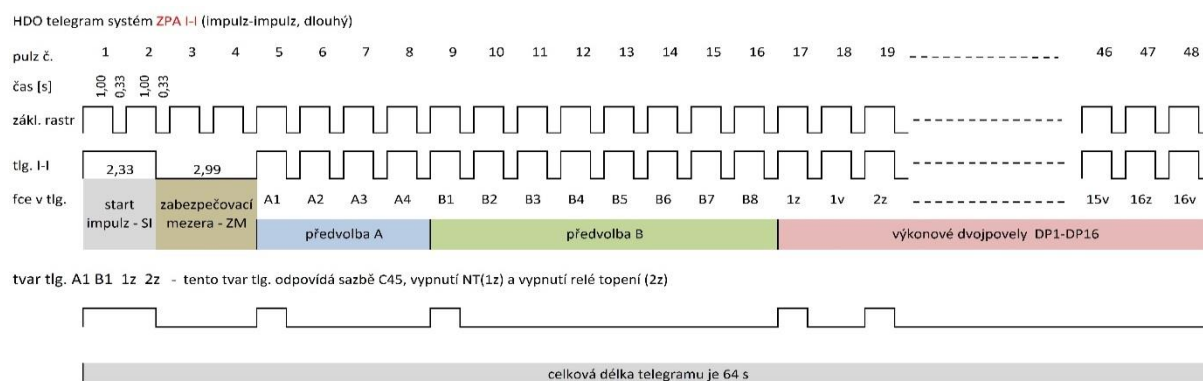
Druhým typem telegramu je **VERSACOM**. Tento telegram má stejný základní rastr — pulz 1 s a mezera 0,33 s — může obsahovat až 150 výkonových povelů a jeho délka může být až 200 s. Používá se pro speciální účely jako je např. časová synchronizace přijímačů, přeprogramování spínacích časů v paměti instalovaných přijímačů a pro řízení OZE. Zásadní rozdíl mezi ZPA I-I a VERSACOM je v počtu kombinací — ZPA I-I má 512 kombinací (4x8x16), VERSACOM jich může mít i několik desítek tisíc.

Kód paměťového relé je u naprosté většiny přijímačů HDO tvořen konkrétní úplnou adresou „povelem“, např. A1_B6_**DP6**. V tomto případě je pro vypnutí vysokého tarifu (VT) vyslán telegram A1_B6_v6 a pro zapnutí VT pak A1_B6_z6.

CA HDO provádí minimalizaci vysílání, což znamená, že vyhodnotí povolené kombinace a vytvoří sloučení adres (kódů). Pak může konkrétní telegram vypadat např. takto:

SI_ZM_A1 2_B1 2 3 4_v1 v2 v3 z4 z5 z6 v7

Níže je graficky znázorněn telegram ZPA I-I, jeho základní rastr, rozbor dle jednotlivých skupin a ukázkový tvar pro ovládání tarifu a zátěže u sazby C45.



Obrázek 3:38 Grafické znázornění telegramu ZPA I-I

Závěrem je třeba poznamenat, že tento systém nemá přímou zpětnou vazbu v podobě informace o přepnutí relé v přijímači u zákazníka. Zpětnou vazbu, a někdy docela rychlou, ovšem poskytují přímo někteří zákazníci, kteří si hlídají, ať už cíleně nebo náhodně, přepínání NT z důvodu využívání nižší ceny elektřiny např. pro využití práce domácích spotřebičů — pračka, myčka, sušička apod.

Systém HDO je velice úzce specializovaná oblast energetiky a v celé České a Slovenské republice se jím zabývá jen hrstka firem. U většiny z nich není problematika systému HDO hlavním předmětem podnikání, vyjma pár případů (ZPA Trutnov, EPA, a.s., ...). V energetických společnostech (v ČR i SR) zajišťuje provoz vysílačů HDO cca 21 pracovníků, v EG.D je to 5 pracovníků (3 pro oblast západ a 2 pro oblast východ).

Systém HDO jako takový, je v provozu již od roku 1959. Původně rotační vysílače se v 80. letech začaly nahrazovat vysílači se statickým měničem kmitočtu (SMK), které vývojem dospěly až do dnešní podoby. Původní elektromechanické přijímače jsou v dnešní době též nahrazeny moderními elektronickými přístroji.

Systém pracuje již dlouho a spolehlivě, jeho využití bude však v budoucnu postupně nahrazeno SMART technologiemi, které poskytnou distributorovi i zákazníkovi další funkcionality (např. viz článek 3.10.5 Smart Metering).

3.3.4 VLASTNÍ SPOTŘEBA

3.3.4.1 VŠEOBECNÝ POPIS

Pro správnou funkci zařízení sekundární techniky v rozvodnách a trafostanicích, jako jsou ochrany, měřicí přístroje, síťové prvky, nebo například elektrické pohony odpojovačů a dalších prvků, je třeba zajistit odpovídající napájecí napětí. Jako souhrnný název pro tato napájecí zařízení se všeobecně používá název vlastní spotřeba.

Vlastní spotřebu můžeme rozdělit na 2 základní typy:

- Vlastní spotřeba nezajištěná (střídavá),
- Vlastní spotřeba zajištěná.

Vlastní spotřebu zajištěnou dělíme dále na 2 typy:

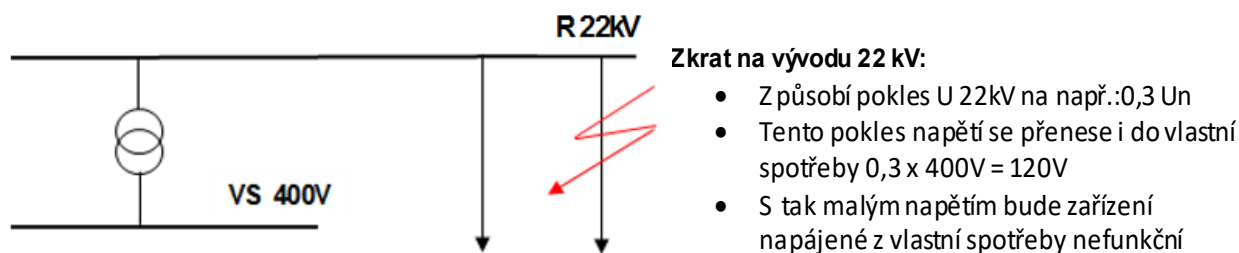
- Stejnosměrná,
- Střídavá.

3.3.4.2 VLASTNÍ SPOTŘEBA STŘÍDAVÁ

Vlastní spotřeba střídavá — nezajištěná je provedena pomocí dvojice zdrojů střídavého napětí, zpravidla za pomoci transformátorů vlastní spotřeby 22/0,4 kV. Nezajištěná střídavá vlastní spotřeba 400/230 V je obvykle vybavena automatickým záskokem, kdy je v případě výpadku střídavého napětí z hlavního zdroje připojen zdroj záložní.

Pro kritické aplikace jako jsou HMI-pracoviště místní obsluhy nebo přenosové prvky se vytváří 230 V **vlastní spotřeba střídavá — zajištěná**. V tomto případě je použito stejnosměrné napětí z bateriových systémů stejnosměrné vlastní spotřeby a pomocí střídače je převedeno na střídavé napětí.

Zajištěná vlastní spotřeba střídavá se používá i z důvodu, že při zkratu v napájecí síti 400, 110 a 22 kV z pravidla dojde k poklesu napětí v celé oblasti. V důsledku poklesu napájecího napětí by některá zařízení přestala fungovat.



Obrázek 3:39 Ovlivnění vlastní spotřeby zkratem na vývodu 22kV

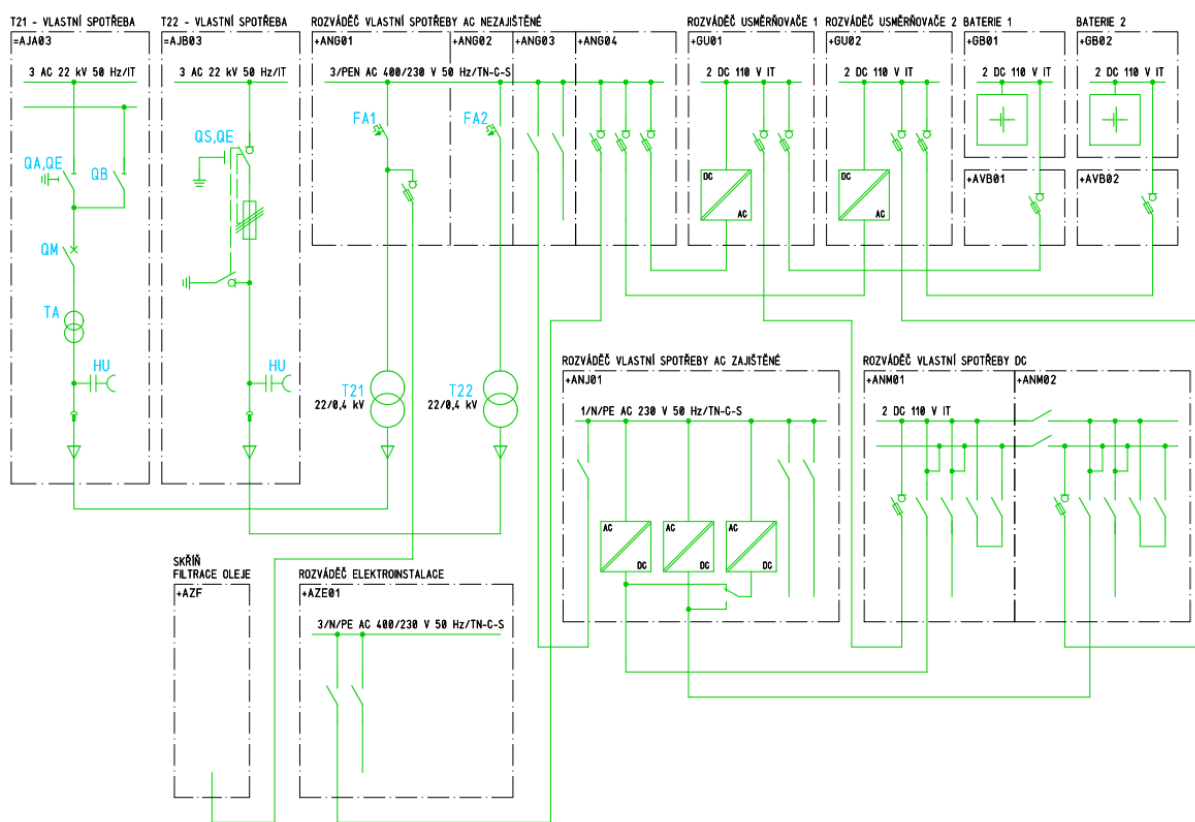
3.3.4.3 VLASTNÍ SPOTŘEBA STEJNOSMĚRNÁ

Vlastní spotřeba stejnosměrná je provedena usměrňovači ze zdroje střídavého napětí na stejnosměrné napětí obvykle hodnoty 110 V DC nebo 220 V DC.

Stejnosměrná vlastní spotřeba se provozuje vždy jako **zajištěná** — to znamená je třeba zajistit zdroj stejnosměrného napětí i při výpadku usměrňovače nebo zdroje střídavého napětí. Zajištění DC spotřeby se provádí pomocí bateriových systémů navržených na cca 10hodinový provoz při výpadku napájení.

Bateriové systémy se obvykle konstruují z elektrolytických článků jmenovitého napětí 2 V. Pro 110 V napájení je to 54x 2 V a pro 220 V 108x 2 V (dva systémy baterií 110 V).

Nové usměrňovače 110 V (220 V) DC jsou vybaveny zařízením pro hlídání okruhu baterie (dobíjení), symetrie a automatickým testem baterie s přenosem stavu do ŘS.



Obrázek 3:40 Příklad části schématu zapojení vlastní spotřeby

ROZVODNY UZLOVÉ (400, 220/110 kV) A ROZVODNY 110/22kV

- Dvě baterie 220 V nebo 110 V DC stejného provedení a kapacity.
- Dva usměrňovače s výstupním proudem min. 2,5 x C10 baterie. Usměrňovače musí být vybaveny pro paralelní provoz.
- Každá baterie a usměrňovač zapojen do rozváděče DC na samostatnou přípojnicí.
- Rozváděč DC se dvěma přípojnícemi, osazen spínačem přípojníc. Přepínače jednotlivých vývodů bez přerušení napájení při manipulaci. Doporučuje se provést rozváděč min. ve dvou polích s podélným dělením, kde v jednom budou zaústěny vývody standardně zapojeny v jedné přípojnici a ve druhém vývody zapojené na druhou přípojnicí. Jističe (pojistky) vývodů osadit signalizací vypnutí (přerušení).

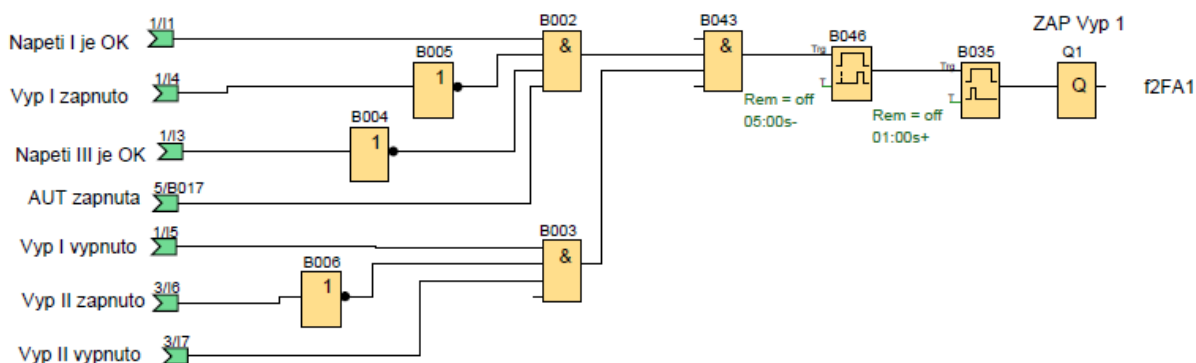
3.3.4.4 AUTOMATIKA ZÁSKOKU VLASTNÍ SPOTŘEBY AC

Z důvodu požadavku na zálohování zdrojů střídavého napětí pro napájení přístrojů a pohonů se používá záskokové logiky mezi více přívody. V nových a rekonstruovaných rozváděcích vlastní spotřeby (značení ANG) je použit záskok mezi dvěma přívody transformátorů vlastní spotřeby 22/0,4 kV (značení T21 a T22). Záskoková logika je naprogramována v programovatelném automatu Siemens LOGO! pomocí grafického logického konfigurátoru.



Obrázek 3:41 Programovatelný automat Siemens LOGO!

Primární strany transformátorů T21 a T22 jsou připojeny k VN síti 22 kV a vlastní automatika záskoku probíhá vždy na sekundárních NN stranách transformátorů. Prioritní je přívod z transformátoru T21. Pokud napětí na sekundární straně T21 klesne pod přístupnou mez a T22 má napětí v pořádku, je T21 po 5 vteřinách vypnut a po dalších 5 vteřinách je zapnut vypínač transformátoru T22. Při obnově napětí z T21 je automaticky proveden zpětný záskok s 5vteřinovým přerušením. Záskok je vždy blokován, pokud dojde na přípojnicích ANG ke zkratu.



Obrázek 3:42 Ukázka logiky záskoku v Siemens LOGO!

3.4 KOMUNIKAČNÍ INFRASTRUKTURA

Pro přenos dat má EG.D v České Republice v současné době vybudovány dvě nezávislé datové sítě – CIT (IT) a PIT (OT). Význam zkratek je následující:

CIT = Commercial IT (Komerční IT), někdy též (Customers IT, Corporate IT)

PIT = Process IT (Procesní IT)

Nově se můžete setkávat i s těmito zkratkami:

IT = Information technology (Informační technologie)

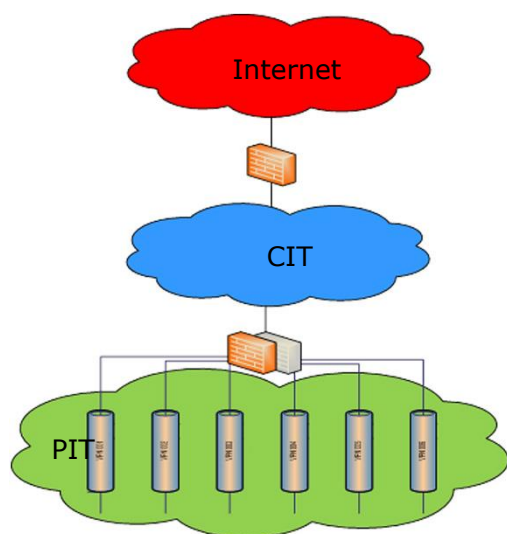
OT = Operational technology (Provozní technologie)

Datová síť CIT (IT) slouží k provozu běžných kancelářských aplikací (e-mail, SAP, Intranet, ...).

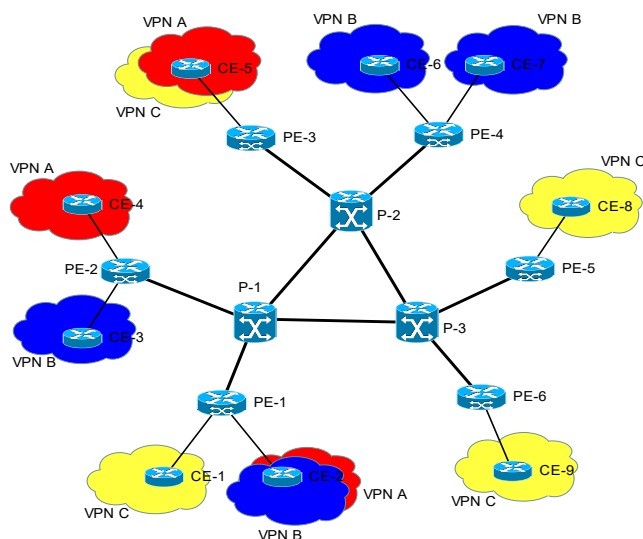
Datová síť PIT (OT) je technologická síť, vyhrazená pro potřeby řízení distribuční soustavy (SCADA elektro, SCADA plyn, HDO, Kvalimetry, Fotel, Telefonie, Rádiová síť hlas, Rádiová síť pro ovládání úsečníků (region Východ), Dohled RWAN PIT, Dohled optiky, Zabezpečení objektů, ...

Nezbytná komunikace mezi sítěmi CIT a PIT je kontrolována firewalllem.

Datová síť PIT využívá technologii MPLS (Multiprotocol Label Switching) pro logické rozdělení této fyzické infrastruktury do několika VPN (Virtual Private Network). Případná komunikace mezi jednotlivými VPN je kontrolována firewalllem.



Obrázek 3:43 Propojení sítě CIT a PIT



Obrázek 3:44 Možné zařazení zákaznických sítí do tří VPN

PRINCIP TECHNOLOGIE MPLS

Základní princip MPLS lze zjednodušeně popsat jako vkládání hlaviček před pakety – tedy za hlavičku rámce linkové vrstvy. Tyto hlavičky mohou obsahovat jeden či více tzv. labelů (značek).

Pakety, které jsou označeny MPLS labely jsou přepojovány pomocí těchto labelů, a nikoliv dle IP směrovacích tabulek. Toto vyhledávání je mnohem rychlejší než vyhledávání v IP směrovacích tabulkách.

MPLS labelů lze využít i pro logické rozdělení stejné fyzické komunikační infrastruktury do více VPN.

V kontextu MPLS se zavádí následující klasifikace směrovačů:

- **Směrovače typu P (Provider)** tvoří jádro páteře MPLS a za normálních okolností pouze přepínají pakety na základě MPLS labelů.
- **Směrovače typu PE (Provider Edge)** jsou umístěny na rozhraní MPLS sítě a klasické IP sítě. Svými funkcemi patří do distribuční vrstvy sítě.
- **Směrovače typu CE (Customer Edge)** jsou přímo připojeny na směrovače PE. Jsou to klasické IP směrovače (nepoužívají MPLS) a slouží k připojování jednotlivých zákazníků (lokalit). V síti MPLS tak tvoří přístupovou vrstvu.

L3 VPN NAD MPLS

Pod pojmem virtuální privátní síť (Virtual Private Network, VPN) se obecně rozumí princip sdílení stejné fyzické komunikační infrastruktury větším počtem logických sítí, které jsou navzájem odděleny tak, jako by každá z nich používala privátní infrastrukturu.

Tradičním prostředkem budování VPN jsou tunely (PVC v ATM nebo Frame Relay, GRE, IPsec aj.), které mají vždy charakter spojované komunikace. Takový přístup je však špatně škálovatelný, neboť je nutno pro jeden každý tunel explicitně zkonfigurovat oba jeho konce. VPN také nemohou být poskytovány jako transparentní služba páteřní sítě, neboť oba konce tunelů musí být na straně zákazníka a je tudíž nutná jeho součinnost.

MPLS naproti tomu nabízí nespojované VPN, které se konfigurují výhradně na směrovačích PE, tedy na straně operátora. Navíc, pokud je třeba do určité VPN přidat nového člena (např. nové pracoviště klienta VPN), stačí pouze změnit konfiguraci na tom PE směrovači, k němuž je nový člen připojen.

VPN lze v tomto pojetí definovat jako jistou podmnožinu zákaznických sítí, které jsou připojeny k jednotlivým směrovačům CE. Různé VPN přitom nemusí být disjunktní. Konektivita mezi dvěma připojenými zákaznickými sítěmi pak existuje právě tehdy, když jsou obě sítě součástí některé VPN.

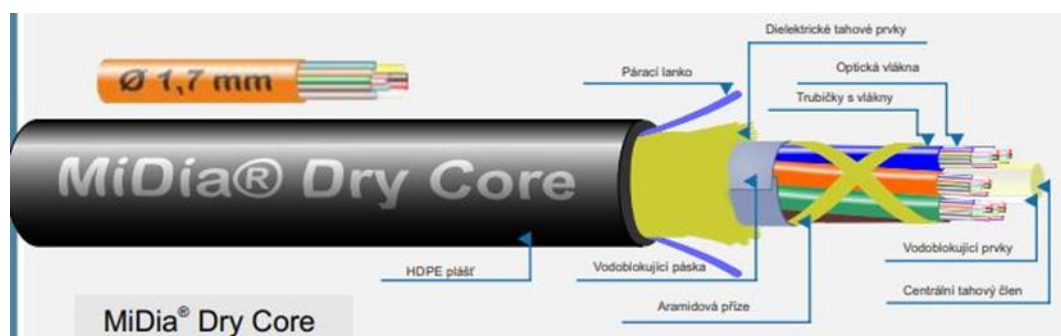
Na obrázku výše je znázorněno možné zařazení zákaznických sítí reprezentovaných směrovači CE do tří VPN označených jako A, B a C. Směrovač CE-4 zde může komunikovat se směrovači CE-2 a CE-5, neboť s nimi sdílí červenou VPN A, směrovače CE-2 a CE-5 však mají kromě toho konektivitu s dalšími zákaznickými sítěmi, neboť jsou zároveň součástí dalších VPN.

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Jaká data přenášíme sítí CIT a jaká data přenášíme sítí PIT?
2. Jak jsou tyto sítě propojeny a proč?

3.5 PŘENOSY INFORMACÍ OPTICKÝMI VLÁKNY

Optická vlákna jsou široce využívána v komunikacích, kde umožňují přenos informací na velké vzdálenosti pomocí optoelektrických (fotoelektrických) impulzů. Vlákna jsou tenká téměř jako vlas, a přitom jsou schopna přenášet velikou rychlostí obrovské objemy dat. Tak jako u silových kabelů, tvořených zpravidla větším počtem vodičů, tak i optické kabely jsou tvořeny větším počtem vláken. Samotné optické kabely nejsou elektricky vodivé, což je dobré pro ochranu komunikačních zařízení, umístěných na kovových konstrukcích přenosové a distribuční soustavy, kde hrozí nebezpečí úderu blesku a vzniku atmosférických přepětí. Dalšími výhodami optiky oproti metalickému vedení jsou řádově vyšší šířka přenášeného pásma, malé rozměry a hmotnost, imunita vůči přeslechům, bezpečnost přenosu a nízké ztráty při přenosu světelné energie. Optické sítě slouží zejména pro přenos dat pro řízení sítě, ovládání a signalizaci stavu zařízení DS, měření, ale mohou přenášet i televizní signál, internet apod.



Obrázek 3:45 Struktura optického zemního kabelu

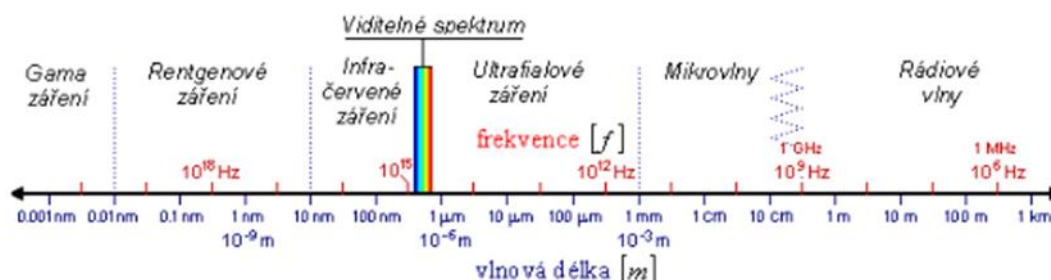
3.5.1 STRUKTURA SKLENĚNÉHO OPTICKÉHO VLÁKNA A JEVY NA ROZHRANÍ DVOU PROSTŘEDÍ

Optické vlákno je především skleněné, nebo případně plastové vlákno, které prostřednictvím infračerveného záření přenáší signály ve směru své podélné osy. Pro zjednodušenou představu lze říci, že přenos signálu optickým vláknem funguje na principu Snellova zákona, který umožňuje vypočítat úhel lomu světla při průchodu z jednoho prostředí do druhého s různým indexem lomu. Vnitřní část vlákna se nazývá jádro. Okolo jádra je plášť, primární a případně sekundární ochrana. Průměr vlákna (jádro + plášť) je 125 μm a pro srovnání průměr vlasu je cca 180 μm . Každé vlákno může přenášet mnoho nezávislých signálů, každý s použitím jiné vlnové délky.

Optická vlákna, podobně jako metalické vedení nebo vlnovody, slouží pro přenos elektromagnetických vln. Elektromagnetické vlny o velmi vysokém kmitočtu řádově stovek THz (tera Hertz, 10^{12} Hz) se nazývají optickým zářením, vyjádřeno délkou vlny se jedná o délky od 0,1 mm až po 10 nm (nanometr, 10^{-9} m). Optická vedení využívají pouze část tohoto spektra.

Skleněné optické vlákno se skládá ze dvou neoddělitelných částí. V ose vlákna je jádro (core) z křemičitého skla, s vysokým obsahem germania. Na jádru je nanесena neoddělitelná vrstva, tzv. plášť jádra (cladding), plnící funkci odrazné vrstvy. Ta je z čistého skla.

Při šíření optického záření často nastane případ, kdy záření dopadá na rozhraní dvou optických prostředí, např. na skleněnou desku. Jedním optickým prostředím je vzduch a druhým sklo. V každém z těchto prostředí se optické záření šíří jinou rychlostí. Ze zkušenosti z klasické optiky víme, že světlo nejen přechází ze vzduchu do skla, ale také se od povrchu skleněné desky odráží. Oba tyto případy představují nejdůležitější optické jevy na rozhraní dvou prostředí. Jsou to odraz světla a lom světla. Úhel odrazu, kdy se světlo šíří přesně na hranici dvou prostředí, nazýváme „mezní úhel“. Obdobně vše funguje i v oblasti infračerveného optického záření. Díky meznímu úhlu dokážeme určit, pod jakým úhlem je potřeba záření navázat do optického vlákna, aby docházelo k tzv. „úplnému odrazu“ a záření se šířilo v jádře optického vlákna.



Obrázek 3:46 Rozložení spektra elektromagnetických vln

3.5.2 ZÁKLADNÍ ROZLIŠOVACÍ KRITÉRIA SVĚTLA A JEHO TYPY

U elektrického signálu přenášejícího informaci je základním rozlišovacím kritériem použitelné šířky pásma frekvence (kmitočet) tohoto signálu. U optického záření vyjádření pomocí frekvence nepoužíváme a pro klasifikaci používáme vlnovou délku (viz výše).

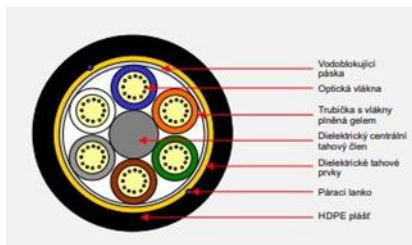
Rychlost světla (nebo jiného elektromagnetického vlnění) ve vakuu je definována přesnou hodnotou $299\,792\,458\text{ m/s}$, zaokrouhleně se uvádí $300\,000\text{ km/s}$. Světlo můžeme rozdělit do následujících skupin:

- Barevné – zdroje: slunce, oheň, žárovka atd.
- Monochromatické (jednobarevné) – zdroje: z barevného pomocí filtru odstraníme nežádoucí barvy, emitör jednobarevného světla – např. LED.
- Koherentní (jedna konstantní vlnová délka a konstantní fáze) – zdroj: laser.

Světelný impulz je generován na polovodičovém přechodu, kterým je např. laserová dioda. Při průchodu elektrického proudu polovodičem dochází k uvolňování fotonu.

3.5.3 KONSTRUKCE OPTICKÝCH KABELŮ

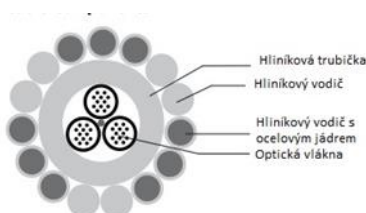
Optický kabel přenáší optické signály. Hlavními požadavky jsou minimální útlum a minimální zkreslení optického signálu při zvoleném typu modulace. Obecně se kabelová trasa montuje z výrobních délek optického kabelu (obvyklé výrobní délky jsou 50 m – 6 km), tak aby se dosáhlo požadovaného propojení mezi dvěma či více místy s minimem spojů.



Obrázek 3:47 Zemní kabel



Obrázek 3:48 Zemní kabel



Obrázek 3:49 Kombinované zemní lano (KZL)



Obrázek 3:50 Kombinované zemní lano (KZL)



Obrázek 3:51 Struktura zemního optického mikrokabelu

Výběr optických vláken závisí na určení přenosové sítě. Z hlediska počtu přenášených vidů jsou rozdělena optická vlákna na mnohavidová (multimode, MM) a jednovidová (singlemode, SM). Je-li poloměr jádra dostatečně malý, může se jím šířit pouze jediný vid a hovoříme o tzv. jednovidovém vlákně. Vlákná s větším průměrem jsou mnohavidová. Mnohavidová vlákna se používají v současné době na lokální sítě malého rozsahu s menšími přenosovými rychlostmi. Při přenosech na větší vzdálenosti nebo při vyšších přenosových rychlostech se používají jednovidová vlákna. V praxi pak hodnotu útlumu ovlivňuje pokládka kabelu (ohyby), spoje a konektory, vyvedení do rozváděčů apod.

Volba vhodného optického vlákna je spojena s volbou kabelu. Vyrábí se kabely až s několika stovkami optických vláken v různém uložení, s různou izolací a různým konstrukčním uspořádáním.

Na distribučním území EG.D rozdělujeme optická vedení na:

- Zemní — zpravidla kabel nebo mikrokabel
- Nadzemní — KZL (kombinované zemní lano), KFL (kombinované fázové lano), samonosný optický kabel (ADSS), ovíjený optický kabel (OPPC)

3.5.4 INSTALACE OPTICKÝCH KABELŮ

Při pokládce optických kabelů nesmí dojít k jejich namáhání tahovou ani torzní (zkrut) silou, obdobně jako u metalických kabelů. V tomto případě by mohlo dojít k poškození vláken či jejich deformaci. To by mělo samozřejmě negativní vliv na přenosové parametry.

Při instalaci optických kabelů je nutno dodržet minimální poloměr ohybu, bývá výrobcem specifikován jako několikanásobek průměru kabelu a obecně platí, že čím větší je poloměr ohybu, tím jsou menší ztráty. Dále je třeba při pokládce nepřekročit maximální tahovou sílu, nikdy kabel nezatahujeme za vlákna, vždy za pevnostní tahový prvek, nebo zatahovací punčochou. Kabel z cívky vždy odvíjíme otáčením cívky, aby nedošlo k jeho kroucení, čímž by mohlo dojít k poškození vláken. Tak jako metalické kabely, tak i optické kabely instalujeme vždy v rozsahu teplot, schválených výrobcem.

Optické kabely lze umísťovat i přímo na části pod napětím (navinout na fázový vodič vedení VN), jsou nevodivé. I když to konstrukce kabelu umožňuje, optický kabel se na distribučním území EG.D, nikdy neukládá přímo do země. Vždy je výhodnější kabely uložit do plastových zemních chrániček (většinou HDPE, (tj. vysokohustotní polyetylen), případně multikanálů. Pokud je kabel uložen bez chráničky a dojde k poruše, musíme provést výkop a kabel opravit. Je-li uložen v chráničce, stačí jej vytáhnout a nahradit novým.



Obrázek 3:52 Spojka na ovíjeném a samonosném kabelu



Obrázek 3:53 Spojka na kombinovaném zemním laně

3.5.4.1 PRINCIP ZAFUKOVÁNÍ OPTICKÉHO KABELU

Pro zafuknutí kabelu je nutné použít kompresor s dostatečným množstvím vzduchu. Zafukovací píst se připojí na začátek kabelu a zasune se do trubky. Následně se trubka utěsní tlakovou napojovací hadicí vybavenou těsnícími kroužky. Zařízení se vybavují kabelovým podavačem (podávací kolečka, tzv. rolny). Tlak v trubce se postupně zvyšuje

na cca 3-5 kPa v závislosti na požadované rychlosti. Podle typu zařízení a průběhu trasy lze zafouknout kabel do vzdálenosti cca 2 km.



Obrázek 3:54 Zafukování mikrokabelu

3.5.5 SPOJOVÁNÍ OPTICKÝCH VLÁKEN

Optické spoje dělíme na:

- Rozebíratelné – pomocí optických konektorů a adapterů.
- Nerozebíratelné – svařované.

Většina optických spojů využívá systém propojení konektor – adapter – konektor. V tomto případě se konektor ani adapter nijak nepodílí na přenosu světelného signálu. Oba prvky slouží pouze jako distanční prvky pro přesné napojení optického signálu. Velmi důležitým prvkem optického konektoru je díl nazývaný ferule. Tento díl je většinou vyrobený ze zirkonia (keramika) a hraje klíčovou roli.

Optická vlákna svařujeme elektrickým obloukem pomocí speciálních svářeček. Vláknem je zbaveno všech ochranných vrstev, odmaštěno a zalomeno. Svářečka ustaví vlákna přesně proti sobě, elektrickým obloukem jsou konce vláken nataveny a následně doraženy na sebe. Po samotném svaření jsou na vlákna nasazeny ochranné svary, což jsou teplem smrštelné trubičky s pevnostní výztuhou. Tyto ochrany svarů se následně vkládají do kazet ve spojkách nebo rozvaděčích.

3.5.6 PŘEJÍMKA PO MONTÁŽI, ÚDRŽBA A MĚŘENÍ PARAMETRŮ OPTICKÝCH VEDENÍ

Při montáži optické trasy se provádí průběžná kontrola každého kroku prací a kontrola kvality jednotlivých částí trasy, měření přenosových parametrů – útlumu spojek, vložného útlumu a měrného útlumu kabelových délek. Mezníkem celkových ztrát optického vlákna je jeho útlum, udávaný v dB (decibel). V praxi se ještě používá měrný útlum, což je útlum vztahovaný na jednotu délky (kilometr). Útlum i měrný útlum představují základní a nejdůležitější přenosové parametry každého optického vlákna a každé optické trasy. U telekomunikačních optických vláken se vyžaduje, aby celkový měrný útlum byl menší

než 0,5 dB/km (je závislý na vlnové délce), což klade velmi vysoké požadavky na technologii přípravy vláken a na čistotu výchozích surovin.

Při měření či jiných pracích na optických vláknech v provozu je třeba si uvědomit, že zdrojem optického impulzu je laser a při neopatrné manipulaci by mohlo dojít k poškození zraku, podobně jako v případě nevhodné manipulace např. s laserovým ukazovátkem, **avšak toto záření je pouhým okem neviditelné!!**

Ve společnosti EG.D se o optické sítě stará oddělení Správa lokalit a přenosových sítí.

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Jaké jsou výhody přenosu dat optickými vlákny oproti přenosu metalickým vedením?
2. Proč ukládáme optické kabely do chrániček a nikoli přímo do země?
3. Jak optický kabel do chráničky vtáhneme?
4. Na co musíme dát pozor při pracích na optických vláknech v provozu?

3.6 FYZICKÁ A KYBERNETICKÁ BEZPEČNOST

3.6.1 FYZICKÁ BEZPEČNOST

3.6.1.1 VÝZNAM FYZICKÉ BEZPEČNOSTI

Hlavním úkolem společnosti EG.D je zajištění spolehlivé a bezpečné dodávky elektrické energie a plynu. Má význam nejen pro koncové zákazníky, ale velmi důležitá je rovněž závislost dalších odvětví kritické infrastruktury na těchto dodávkách. Selhání, nebo narušení klíčového prvku v této oblasti tak může vést k selhání dalších prvků a způsobit tak rozsáhlý „dominový efekt“. Cílem naší společnosti je zajistit fyzickou bezpečnost klíčových prvků distribuce takovým způsobem, abychom těmto rizikovým situacím mohli předcházet.

3.6.1.2 KLÍČOVÉ OBLASTI K ZAJIŠTĚNÍ DISTRIBUCE

Základními stavebními kameny v oblasti distribuce elektřiny a plynu jsou prvky Kritické infrastruktury (KI) a Kritické informační infrastruktury (KII). Jedná se o prvky, které jsou pro naši společnost, jakožto provozovatele distribuční soustavy, naprosto nezbytné a jejichž narušení by mohlo způsobit významné škody v rámci zajištění poskytovaných služeb (např. blackout).

Kritická infrastruktura obecně zahrnuje stavby, zařízení, prostředky a veřejnou infrastrukturu, jejichž narušení nebo zničení by mělo vážný dopad na bezpečnost a ekonomiku státu, zabezpečení základních životních potřeb obyvatelstva a zdraví osob.

Z pohledu EG.D do této oblasti patří:

- vybrané elektrické stanice distribuční soustavy,
- technické dispečinky provozovatele distribuční soustavy elektro,
- vybrané plynárenské předávací a regulační stanice,
- technické dispečinky plynárenské distribuční soustavy.

Kritická informační infrastruktura je obecně definována jako informační systém, služba nebo síť elektronických komunikací, zajišťující provoz stanovených prvků Kritické infrastruktury.

V prostředí EG.D se jedná o:

- informační systémy podporující službu distribuce elektřiny,
- informační systémy podporující službu distribuce plynu.

3.6.1.3 HLAVNÍ PRINCIPY FYZICKÉ BEZPEČNOSTI

K zajištění fyzické bezpečnosti osob, objektů a technologií je ve společnosti EG.D zaveden systém opatření, která mají neoprávněným osobám zabránit nebo ztížit přístup k důležitým aktivům společnosti, popřípadě přístup nebo pokus o něj zaznamenat. Tato opatření lze rozdělit do tří hlavních skupin.

1) Technická opatření — prostředky ochrany, které mají za úkol chránit hranici (perimetr) objektu, plášť bezpečnostní zóny i vnitřní prostory. Rozlišujeme:

- a) *mechanické prostředky* (např. plot, bezpečnostní dveře, skla a zámky s certifikátem požadované odolnosti, stavební konstrukce, mříže, klíčové trezory, turnikety a další mechanické zábrany) a

- b) *elektronické prostředky* (detektory pohybu, magnetické kontakty, detektory tříštění skla, tísňové hlásiče, čtečky vstupních karet). Signály z těchto prvků jsou následně svedeny do Dohledového centra fyzické bezpečnosti.
- 2) **Režimová opatření** — soubor interních, písemně definovaných pokynů, příkazů, omezení a postupů, sloužící ke stanovení režimu a způsobu použití bezpečnostních opatření. Týkají se všech osob, které vstupují (vyjíždějí) nebo vycházejí (vyjíždějí) a pohybují se ve střeženém objektu, bezpečnostní zóně. V EG.D jsou vydávána zpravidla ve formě místních provozních předpisů a popisují např. pravidla pro přidělování přístupových oprávnění, pravidla pro výkon práce na kritické informační infrastruktuře apod.
- 3) **Fyzická ostraha** — je zajišťována buď místně, *dálkovým bezpečnostním dohledem* nebo jejich *vzájemnou kombinací*. V prostředí EG.D je dálkový dohled zajišťován prostřednictvím tzv. **Dohledového centra fyzické bezpečnosti (DCFB)**.



Obrázek 3:55 Vnější oplocení rozvodny 110/22 kV



Obrázek 3:56 Osvětlení budovy a kamerový systém

3.6.1.4 DOHLEDOVÉ CENTRUM FYZICKÉ BEZPEČNOSTI

Jedná se o dohledové pracoviště, umožňující nepřetržitý monitoring chráněných objektů. Jeho základem je informační systém, do kterého jsou svedeny signály z výše uvedených elektronických prostředků. Obsluha dohledového centra je tak v nepřetržitém provozu schopná okamžitě reagovat na hrozící rizika a vzniklé bezpečnostní události.

Prostředky fyzické bezpečnosti objektů mohou být využívány nejen k ochraně technologií, ale také pro ochranu života a zdraví osob. Včasným zjištěním, že v objektu se pohybuje cizí osoba, může operátor dohledu přivolat policii a zajistit tak našim zaměstnancům např. profesionální ochranu.

Za zmínku stojí také vybavení chráněných objektů přenosnými tísňovými tlačítky s možností aktivace alarmu na DCFB. Operátor následně za pomoci kamerového systému vyhodnotí situaci a zajistí potřebné kroky (např. přivolá záchrannou službu, PČR apod.).

3.6.2 KRIZOVÉ ŘÍZENÍ A ŘÍZENÍ KONTINUITY ČINNOSTÍ

3.6.2.1 KRIZOVÉ ŘÍZENÍ

Problematika krizového řízení je dána především zákonem č. 240/2000 Sb. (krizový zákon). Dojde-li ke krizové situaci, může hejtman vyhlásit stav nebezpečí na území kraje nebo jeho části a v případě stavu ohrožení života, zdraví, či hrozí-li škody velkého rozsahu na majetku nebo životním prostředí, je EG.D povinna plnit i úkoly, které jdou nad rámec opatření uvedených v krizových plánech. Společnost EG.D je tzv. subjektem kritické infrastruktury a spolupracuje s krajskými úřady při tvorbě krizových plánů, čímž se nastaví vzájemné vazby pro případ krizových situací. Nastane-li tato situace, každý ví, jaká je jeho úloha a co má dělat.

Společnost EG.D, a.s. je ze zákona povinna zajistit spolehlivou a bezpečnou dodávku elektřiny všem zákazníkům. Právě pro mimořádné stavy máme v elektrizační soustavě připraven soubor postupů a opatření, jak tyto kalamitní situace zvládat. Souhrnně jsou obsaženy v Havarijním plánu a Plánu krizové připravenosti, které zpracováváme.

Abychom si ověřili, že postupy a opatření která máme ve zmíněných plánech jsou správná a při řešení krizových situací účinná, organizujeme různá cvičení. Příkladem mohou být součinnostní cvičení s Armádou České republiky nebo s Integrovaným záchranným systémem.



Obrázek 3:57 Součinnostní cvičení s AČR na ochranu rozvodny



Obrázek 3:58 Součinnostní cvičení s IZS na záchranu osoby ze sloupu VVN

3.6.2.2 ŘÍZENÍ KONTINUITY ČINNOSTÍ

Řízení kontinuity činností (Business Continuity Management, BCM) je proces, který připraví společnost na řešení mimořádných situací a zmírní jejich případné následky. Mezi příklady nejčastějších příčin přerušení kontinuity činností lze zahrnout:

- Technická selhání (např. selhání dílčího ICT vybavení).
- Přerušení dodávek elektřiny.
- Selhání programového vybavení vlivem chyb či lidského faktoru.
- Přírodní pohromy (např. požár, povodeň, vichřice, epidemie).
- Kybernetické bezpečnostní incidenty (např. ransomware).

BCM identifikuje potenciální dopady ztrát a jeho cílem je v EG.D vytvořit takové postupy a prostředí, které umožní zajistit kontinuitu a obnovu klíčových procesů a činností společnosti, na předem stanovené minimální úrovni, v případě jejich narušení nebo ztráty.

Hlavními přínosy BCM jsou zejména:

- Snížení dopadů mimořádných a neočekávaných událostí.
- Zajištění chodu klíčových procesů i v případě mimořádných událostí.
- Zvýšení odolnosti společnosti proti narušení provozu.
- Zvýšení sebevědomí managementu a zaměstnanců ohledně připravenosti na mimořádné situace.
- Zvýšení důvěryhodnosti značky pro zákazníky a partnery.
- Soulad s regulatorními a legislativními požadavky, připravenost na interní i externí audity.

3.6.3 INFORMAČNÍ A KYBERNETICKÁ BEZPEČNOST

Základními a nejdůležitějšími kritérii informační bezpečnosti jsou:

- **Důvěrnost** — zajištění toho, že informace je přístupná jen těm, kteří jsou oprávněni k ní mít přístup.
- **Integrita** — zabezpečení přesnosti a kompletnosti informace a metod jejich zpracování.
- **Dostupnost** — zajištění toho, že informace a s nimi spojená aktiva jsou uživateli přístupná v době, kdy je požaduje.

INFORMAČNÍ BEZPEČNOST zabezpečení (ochrana) důvěrnosti, integrity a dostupnosti informací nejen v digitální podobě, ale i v materiální formě (např. na papíře).

KYBERNETICKÁ BEZPEČNOST zajišťuje ochranu kybernetického prostoru pomocí právních, organizačních, technických a vzdělávacích prostředků.

KYBERNETICKÝ PROSTOR je digitální prostředí umožňující vznik, zpracování a výměnu informací, a je tvořen informačními systémy, službami a sítěmi elektronických komunikací.

K zabezpečení kontinuity provozu a spolehlivosti dodávek elektřiny a plynu našim koncovým zákazníkům je v EG.D zaveden **SYSTÉM ŘÍZENÍ BEZPEČNOSTI INFORMACÍ (ISMS, INFORMATION SECURITY MANAGEMENT SYSTEM)**. Systém řízení bezpečnosti informací představuje systematický přístup založený zejména na řízení rizik a definuje politiky, bezpečnostní pravidla, zdroje a činnosti, které organizace řídí za účelem ochrany informací. Řízení ISMS na odpovídající úrovni umožňuje EG.D dosahovat svých cílů a zajistit soulad s legislativními požadavky na místní i evropské úrovni (např. zákon o kybernetické bezpečnosti).

3.6.3.1 BEZPEČNOSTNÍ MONITORING

Interní bezpečnostní CSIRT/CERT tým společnosti EG.D zajišťuje bezpečnostní monitoring OT sítě a SCADA systémů, tj. informačních a komunikačních systémů pro monitoring a řízení distribuce elektrické energie a plynu. Pod pojmem bezpečnostní monitoring si lze představit sadu softwarových a hardwarových nástrojů, procesů a pracovníků, kteří aplikují řadu metod a pravidel k detekci a vyhodnocení podezřelých událostí v monitorovaném prostředí a k zajištění reakce na vzniklé bezpečnostní incidenty nebo kybernetické útoky. Podezřelými aktivitami jsou např. neoprávněný přístup k aplikacím a systémům, připojení neautorizovaných zařízení, přihlášení pracovníka mimo obvyklou pracovní dobu. Zaznamenané události jsou následně přenášeny do centrálního úložiště a přeposílány do nástroje SIEM (Security Information and Event Management), který tyto události

koreluje, obohacuje o dodatečné informace, vyhodnocuje a generuje dle definované sady pravidel upozornění, které pracovníci z bezpečnostního týmu EG.D přezkoumávají.

Snižování bezpečnostních rizik je nezbytné pro vytvoření a udržení odolné a spolehlivé distribuční soustavy. Změny v energetickém sektoru, zejména pak digitalizace distribuční soustavy, s sebou přináší nová rizika a výzvy v zajištění kybernetické bezpečnosti. Za účelem navýšení odolnosti a snižování útočného povrchu systémů proti případným pokusům o zneužití nebo kybernetickým útokům bezpečnostní tým EG.D stanovuje bezpečnostní požadavky na dodávané technické řešení, provádí bezpečnostní testování k ověření úrovně požadované bezpečnosti, kontroluje správné bezpečnostní nastavení systémů a reaguje na zjištěné nedostatky.



Obrázek 3:59 Sada základních pravidel kybernetické bezpečnosti

3.6.3.2 KYBERNETICKÉ ÚTOKY A ENERGETIKA

KYBERNETICKÝ ÚTOK je útok na ICT infrastrukturu za účelem způsobit poškození nebo získat citlivé či strategicky důležité informace. Jedním z nejohroženějších sektorů s potenciálně katastrofickými dopady v případě nefunkčnosti systémů je energetika. V konečném důsledku kybernetického útoku může dojít k poškození či zničení věcí, nebo způsobení zranění či smrti osob.

Příklady hrozeb pro průmyslové řídicí systémy:

BlackEnergy

Útočníci prostřednictvím trojského koně BlackEnergy pronikli do jednotlivých komponent distribučních sítí a následně ji poškodili nebo ochromili. Útok způsobil na Ukrajině výpadek dodávky elektrického proudu – bez elektřiny tehdy zůstalo po dobu několika hodin až 700 tisíc osob.

Industroyer (Crash Override)

Industroyer je sofistikovaný malware určený k narušení činnosti průmyslových řídicích systémů, především systémů používaných v elektrických rozvodnách (malware je schopný přímo ovládat spínací prvky v rozvodnách a trafostanicích).

- Ransomware (škodlivý software, jehož účelem je zašifrovat, zakázat nebo výrazně omezit přístup k datům, zařízením nebo celým systémům oběti, a to do té doby, dokud nebude zapláceno požadované výkupné).
- Sociální inženýrství (např. phishingové e-maily k získání přihlašovacích údajů).
- Odcizení či zneužití důvěrných informací a dat (např. detailní plány distribuční sítě).
- Výpadek sítí či přerušení provozu informačních a komunikačních technologií a tím přerušení poskytování služeb nebo přerušení (výrobní) činnosti organizace (např. nemožnost centrálního řízení distribuční sítě, poškození primární techniky).
- Neoprávněný přístup k systému, síti nebo informacím.
- Nedostupnost, nefunkčnost či neobvyklé chování systému či síťových zařízení,
- Nehody, havárie či přírodní pohromy vedoucí k výpadku informačních a komunikačních technologií a naplnění některých z výše uvedených scénářů (např. selhání nezálohovaného serveru).

Útoky v oblasti energetiky jsou v poslední době čím dál rozšířenější a sofistikovanější. Je proto nutné útočníky nepodceňovat a věnovat kybernetické bezpečnosti patřičnou pozornost. V oblasti průmyslových řídicích systémů se kybernetický útok může projevovat jako běžný provozní problém. S ohledem na tuto skutečnost je třeba pečlivě vyhodnocovat všechny chybové události a stavy, především ty, které nastávají bez nějaké běžné, zjevné příčiny nebo za nestandardních podmínek. Při podezření na bezpečnostní incident nebo kybernetický útok v rámci provozní sítě (OT), incident nahlase, pomůžete tak zabránit dalším škodám.

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Co zahrnuje pojem Kritická informační infrastruktura?
2. Vyjmenuj příklady mechanických zábranných prostředků fyzické ochrany objektů
3. Čím je charakterizován perimetr rozvodny?
4. Kdo je oprávněn přidělit vstup do rozvodny VVN/VN?

3.7 PROVOZ SÍTĚ 22 kV, VYMEZOVÁNÍ PORUCH

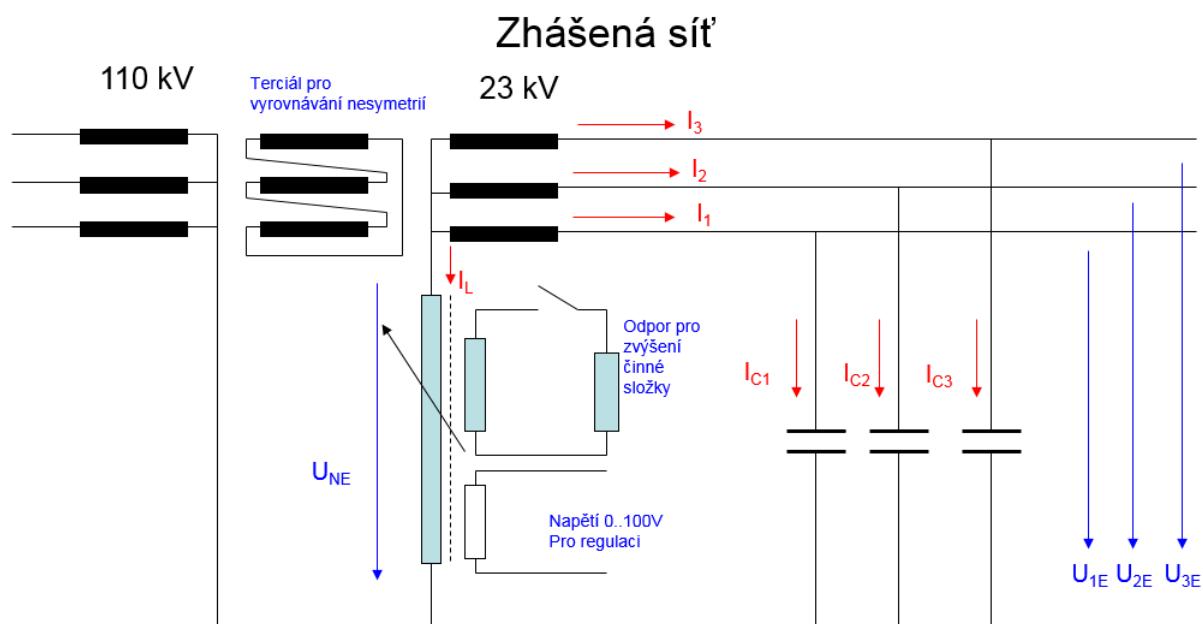
V oblastech jednotlivých rozvodů 110/22 kV provozujeme síť VN 22 kV dvěma způsoby:

- s uzlem trafa 110/23 kV uzemněným přes kompenzační tlumivku (tzv. zhášená síť),
- s uzlem trafa 110/23 kV uzemněným přes odporník (tzv. odporová síť).

Výjimkou je rozvod vlastní spotřeby v rozvodnách, napájený z 10,5 kV terciárních vinutí přenosových transformátorů 400/110 kV – zde se jedná o izolovanou síť.

Všechny odběry ve VN sítích jsou ze sdružených napětí. Většinou se používají trafa 22/0,4 kV v zapojení Dy1, dále se mohou v síti vyskytnout trafa se zapojením Yy0, případně Yz1 (tzv. lomená hvězda).

3.7.1 ZHÁŠENÁ SÍŤ



Obrázek 3:60 Zhášená síť

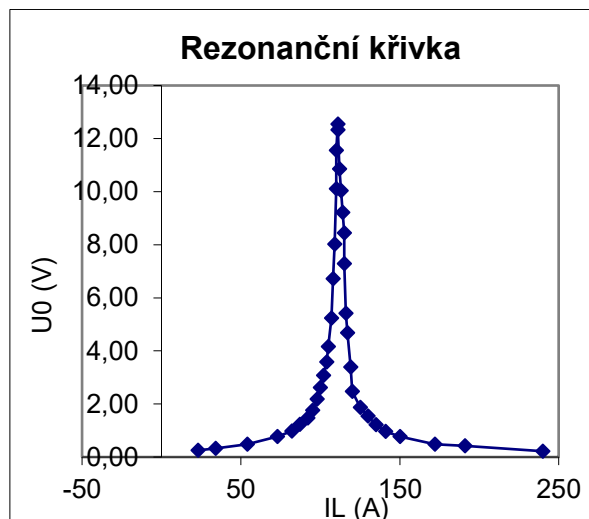
$C_{1,2,3}$ kapacity vodičů proti zemi

$I_{1,2,3}$ proudy do zátěže

$I_{C1,2,3}$ kapacitní proudy (svody) jsou dány kapacitou vodič-zem, tato není pro všechny fáze stejná, proto vzniká přirozená nesymetrie

I_L proud tlumivkou vyvolaný kapacitní nesymetrií

Tlumivka je regulovatelná a její hodnota závisí na rozsahu sítě. Tlumivky se ladí samočinně nebo ručně. Tlumivku je nutno přeladit, pokud dojde ke změně kapacity sítě důsledkem připojení nebo odpojení nějakého úseku vedení. Tlumivka snižuje velikost proudu v místě poruchy tím, že kompenzuje kapacitní poruchový proud a tím sníží výsledný poruchový proud na 10 % až 3 % původní hodnoty. Tento zbytkový poruchový proud je převážně činného charakteru.



Obrázek 3:61 Rezonanční křivka tlumivky

Pokud budeme ladit tlumivku při normálním provozu dostaneme rezonanční křivku.

Tato je dána přirozenou nesymetrií sítě. Napětí ideálně symetrické sítě je $U_0 = 0 \text{ V}$.

Proud tlumivkou I_L v rezonanční křivce představuje polohu jádra tlumivky, tento proud poteče tlumivkou jen při zemním spojení při plném napětí $U_E = 13,3 \text{ kV}$.

Při vyladěné tlumivce místem poruchy teče pouze zbytkový činný proud daný odporem tlumivky a činnými svody. V EG.D podlaďujeme o 2 až 4 % z I_L při naladěné tlumivce.

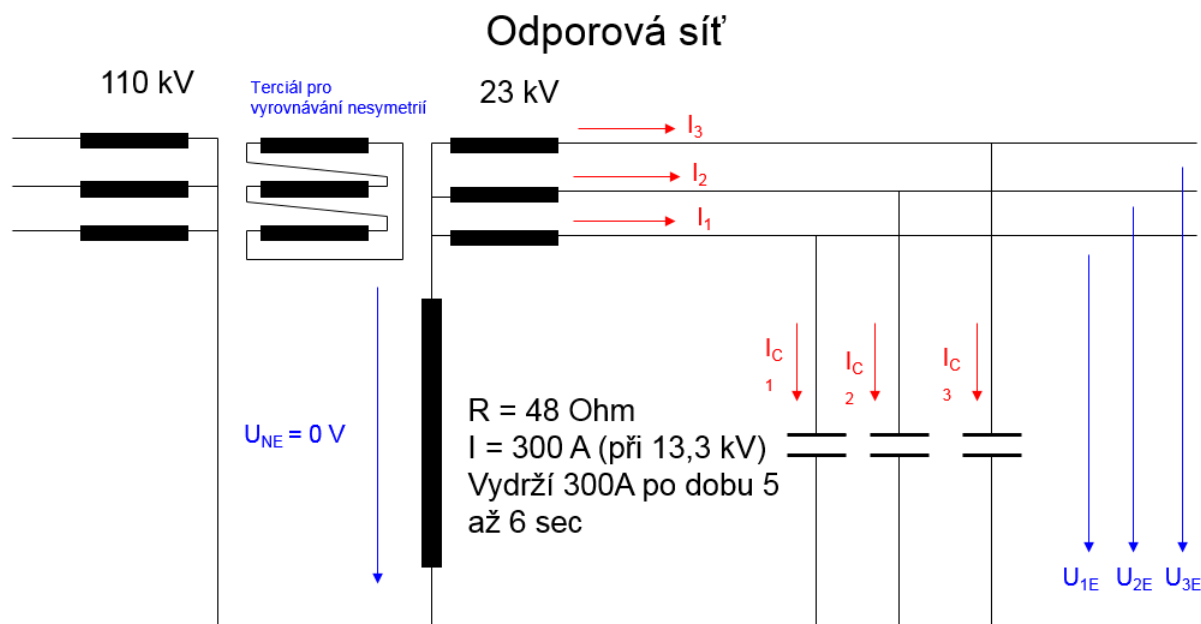
Zemní spojení je ochranami pouze signalizováno. Zapojení uzlu transformátoru přes zhášející tlumivku umožňuje provozovat síť i při zemním spojení bez ovlivnění spolehlivosti dodávky, dokud se nevyhledá a neodstraní porucha. Po tuto dobu však hrozí, že zemní porucha přeroste do závažnějšího problému, jako je například vícefázový či mezifázový zkrat. Tuto dobu proto omezujeme na minimum.

Při poruše hodnota napětí uzlu proti zemi vzroste na hodnotu fázového napětí a od tlumivky k místu poruchy začne protékat proud induktivního charakteru, který je fázově otočen o 180° vůči poruchovému proudu, který je kapacitního charakteru.

Pro zjištění zemního spojení vývodu vlastní ochranou vývodu používáme wattmetrický princip – činný proud sítě teče jen vývodem se zemním spojením, avšak pouze za podmínky dobrého naladění tlumivky.

Pro zlepšení detekce zemního spojení na konkrétním vývodu v rozvodně je použita automatika odporu, která zajistí připnutí pomocného odporníku k tlumivce – zvýší činný proud místem zemního spojení. Standardně používáme odpor **1 Ohm** (0,5 Ohmu výjimečně). Nižší odpor způsobí zbytečně vyšší proud, ale i pokles U_0 a ochrany nemohou správně signalizovat. Odporník je připnut pouze po dobu 1 sec. Počet sepnutí R je hlídán tepelným modelem – ten nedovolí více připnutí, než odporník vydrží. Pomocný odporník a přívody nejsou na trvalé sepnutí proudově dimenzovány.

3.7.2 ODPOROVÁ SÍŤ



Obrázek 3:62 Odporová síť

$C_{1,2,3}$ kapacity vodičů proti zemi

$I_{1,2,3}$ proudy do zátěže

$I_{c1,2,3}$ kapacitní proudy (svody) jsou dány kapacitou vodič-zem, tato není pro všechny fáze stejná, proto vzniká přirozená nesymetrie

Díky velké kapacitní symetrii kabelových vedení je nemožné naladit zhášející tlumivku, proto se uzel transformátoru u těchto vedení uzemňuje přes odporník. Uzemnění přes odporník se tedy používá většinou u kabelových vedení nebo u sítí s velkým poměrem kabelových vedení. Tento typ uzemnění je nutné použít, pokud je poruchový proud větší než 350 A. Zařazení činného odporu do uzlu způsobí omezení proudu zemních spojení s ohledem na dimenzování uzemnění, zajistí dostatečné tlumení přepětí při vzniku zemního spojení a umožní použití jednoduchých číslicových ochran, vyhodnocujících zemní poruchy. Spolu s rychlým vypínáním všech zemních poruch se toto projevuje tak příznivým ovlivněním vlastností, že se u tohoto typu sítí téměř nevyskytují vícenásobné poruchy.

Odporník omezí zemní proud na cca 300 A (v oblasti „Západ“) a 600 A, případně 1000 A (v oblasti „Východ“). Zemní zkrat je ochranami vypínán. Pro působení zemní ochrany vývodu používáme wattmetrický princip – činný proud daný odporem teče jen vývodem se zemním zkratem. Směrová zemní ochrana funguje jenom pokud má U_E .

Odporník v uzlu má vlastní ochranu – ta hlídá a načítá proudy odporníkem, při překročení tepelné kapacity odporníku vypne transformátor (300 A/5 sec, trvale lze 30 A).

3.8 MĚŘENÍ PORUCH, DIAGNOSTIKA ZAŘÍZENÍ DS

Lokalizace místa poruchy, ale i diagnostická měření, kterými je možno vzniku poruchy zařízení distribuční sítě předcházet, patří mezi nejčastější činnosti týmu Měřicí vozy.



Obrázek 3:63 Kabelový měřicí vůz na podvozku Mercedes Sprinter

Společnost má celkem šest měřicích vozů, z nichž každý obsluhují dva technici. Oblast západ zajišťují dva vozy, umístěné v Českých Budějovicích. Oblast východ zajišťují čtyři vozy, jeden je v Jihlavě, jeden v Otrokovicích a tři vozy v Brně. V kabelových sítích NN, VN a v některých případech i VVN, provádějí zaměstnanci týmu následující činnosti:

3.8.1 ANALÝZA, LOKALIZACE A DOHLEDÁNÍ PORUCH NA KABELOVÝCH VEDENÍCH

Jednou z mnoha činností techniků měřicích vozů je nalezení poruchového místa na kabelech všech napěťových hladin. Pro úspěšnou lokalizaci poruchy je nutné znát konstrukci kabelu, napěťovou hladinu, na které je daný kabel provozován, znát místa jeho ukončení (v rozváděči, skříní či na sloupu) včetně všech odboček, trasu, a způsob uložení v celé jeho délce.

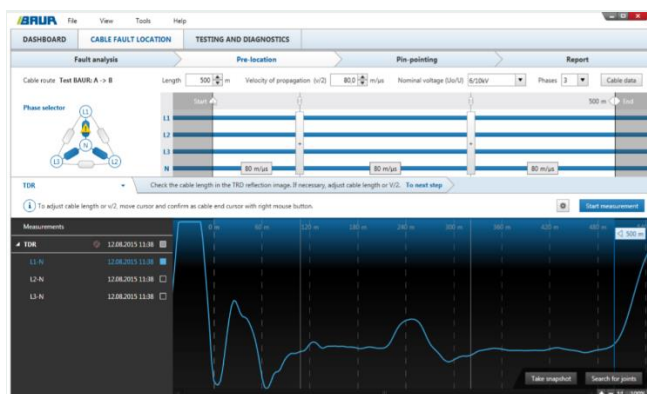
Po analýze izolačního stavu kabelu a vyhodnocení typu poruchy se musí technik měřicího vozu rozhodnout, kterou metodu pro lokalizaci poruchy použije. V praxi se setkáváme s několika různými typy závad. Porucha může být na plášti kabelu, další typ poruchy je mezi žilou a pláštěm a mezi jednotlivými žilami kabelu. Pro zaměření místa nízkoohmové poruchy (zkrat do cca 200 Ω nebo přerušný kabel), je vhodná například Impulsně-odrazová metoda TDR. Pro vysokoohmové poruchy (průraz izolace nad 200 Ω nebo přerušný kabel), je nejvhodnější a nejčastěji používaná Několikanásobná impulsní metoda SIM/MIM. Pro tyto typy poruch, které jsou navíc ovlivněny možnou vlhkostí ve spojích, je možné také použití Propalovací metody. V případě velmi dlouhých kabelů je nejpresnější Rázová-proudová metoda ICM a pro přerušované závady na kabelu je vhodná Dokmitávací metoda. Abychom mohli najít místo závady na plášti je dobré použít Můstkové měření pomocí Wheatstoneova obvodu a měřicího obvodu podle Murrye anebo podle Glasera. V některých případech je možné použití kombinace některých metod.

Když už máme poruchu předměřenou a známe její vzdálenost od místa měření, musíme ji umět také dohledat. Pro co nejpresnější dohledání místa poruchy si musíme kabelové vedení vytrasovat pomocí tónového generátoru a hledáčky, případně za použití mapových podkladů z GIS.

Poté, co známe trasu kabelu, přichází na řadu akustická lokalizace poruchy pomocí půdního mikrofónu a přístroje ke snímání signálu. Signál v podobě rázových impulsů nám vytváří rázovací generátor umístěný v měřicím voze a jeho intenzitu je možné plynule řídit dle potřeby tak, aby nedocházelo ke zbytečnému přetěžování izolace měřeného kabelu.

Místo plášťové a nízkoohmové poruchy vzhledem k okolní půdě lze upřesnit pomocí metody krokového napětí. Poruchu, která je pouze mezi dvěma žilami a není spojena se zemí, lze dohledat pomocí Zkrutové metody.

Pro spolehlivé a přesné vyhledání poruch na kabelovém vedení, které jsou pokaždé jiné, je důležité mít praxi, provozní zkušenosti a také hodně trpělivosti.



Obrázek 3:64 Impulzní reflektometr IRG 4000

3.8.2 DIAGNOSTIKA A ZKOUŠKY KABELOVÝCH VEDENÍ

Před připojením nového kabelu na stávající vedení se musí dle normy ČSN EN 60060-1 a PNE 34 7626 provést plášťová zkouška a po ukončení montážních prací následuje napěťová zkouška kabelu nebo diagnostika, která zahrnuje měření částečných výbojů a měření hodnoty ztrátového činitele $\tan \delta$. Zkouška nebo diagnostika kabelového vedení se také, dle výše uvedených norem, provádí vždy po montáži, po opravě, po odstavení kabelu z provozu z důvodu překládky trasy kabelu v rámci inženýrských staveb, vřazení nové trafostanice do stávajícího úseku, po provozním zestárnutí izolace, a také při uvádění do provozu nových kabelových vedení za účelem ověření jeho provozu schopnosti.

3.8.2.1 PLÁŠŤOVÁ ZKOUŠKA

Jedná se o kontrolu kvality pokládky celoplastových kabelů (kontrola neporušenosti vnějšího pláště). Provádí se stejnosměrným napětím mezi kovovým stíněním kabelu (oboustranně odpojeným od uzemnění) a uzemněním stanice či zemnicím páskem. Provádí se před naspojováním na jiné konstrukční typy kabelových vedení. Základním kritériem hodnocení je schopnost kabelu vydržet napěťové namáhání bez průrazu po celou dobu zkoušky. Doplnujícím kritériem je hodnota svodového proudu a změna hodnoty proudu v průběhu zkoušky. Izolační stav plášťů lze zkoušet pouze u kabelů uložených v zemi a zasypaných alespoň do pískového lože. Podmínkou zkoušky je možnost odpojení kabelového stínění od provozního uzemnění. Jedná se o destruktivní metodu, která při negativním výsledku umožňuje zkoušený kabel dále dočasně provozovat. V případě uložení kabelů v celé trase na vzduchu (uložení v kolektorech, na kabelových lávkách, závěsný kabel) se plášťová zkouška neprovádí.



Obrázek 3:65 Diagnostika zařízení 22 kV



Obrázek 3:66 Shirla – přístroj pro testování pláště kabelů a lokalizaci kabelových poruch

3.8.2.2 NAPĚŤOVÁ ZKOUŠKA VLF

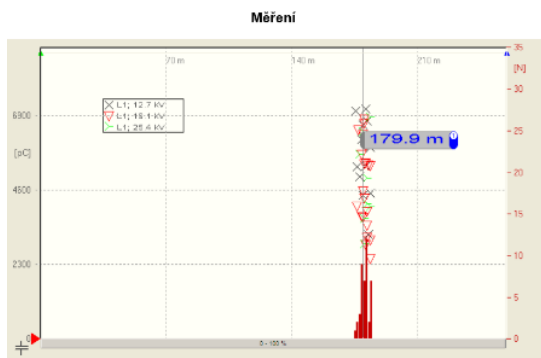
Jedná se o kontrolu pevnosti izolace kabelu a kabelových armatur. Provádí se střídavým napětím velmi nízkého kmitočtu 0,1 Hz mezi fází (popř. 3 fázemi současně) a kovovým stíněním nebo pláštěm (příp. připojeným k uzemnění stanice). Základním kritériem hodnocení je schopnost kabelu vydržet napěťové namáhání bez průrazu po celou dobu zkoušky. Doplňujícím kritériem je hodnota svodového proudu a změna hodnoty proudu v průběhu zkoušky. Jedná se o destruktivní metodu, která při negativním výsledku neumožňuje zkoušený kabel bez jeho opravy dále provozovat.



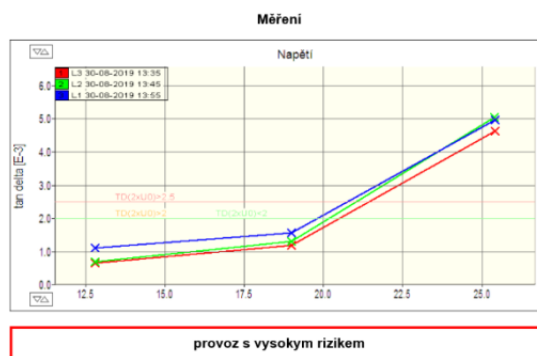
Obrázek 3:67 Technické vybavení kabelového měřicího vozu

3.8.2.3 MĚŘENÍ ČÁSTEČNÝCH VÝBOJŮ

Je to tzv. lokální diagnostika, kdy se kvalita izolace a montáže kabelových souborů ověřuje diagnostickou zkouškou částečných výbojů. Jedná se o určení lokálních míst kabelového vedení, projevujících se vznikem částečných výbojů – lokální kritérium.



Obrázek 3:68 Snímek z vyhodnocení částečných výbojů



Obrázek 3:69 Snímek z vyhodnocení ztrátového činitele tg δ

3.8.2.4 MĚŘENÍ HODNOTY ZTRÁTOVÉHO ČINITELE TG Δ (TANGENS DELTA)

Je to tzv. integrální diagnostika, u které jde o komplexní posouzení celkového stavu kabelového vedení — hodnota ztrátového činitele tg δ, zbytkové průrazné pevnosti, obsahu vody apod. — integrální kritérium.

3.8.3 IDENTIFIKACE KABELŮ ZE SVAZKU

Před každým zásahem do izolace kabelů z důvodu montáže kabelových souborů je nutné provést jeho přesnou identifikaci ze svazku. Dle PNE 33 0000-6 se jedná o „práci na kabelech“ a proto musí být vystaven pro takové práce Příkaz „B“. Identifikaci můžeme provádět pomocí několika k tomu určených sad přístrojů, které se skládají z vysílače a přijímače. Vysílač indukuje signál o dané frekvenci do hledané fáze a pro přesnější určení indikuje také směr proudu v jednotlivých fázích. Ve spojovací pomoci přijímače určíme nejen vypnutý kabel, ale přímo i danou fázi, do které je signál vyslán.



Obrázek 3:70 Sada k vyhledání kabelů ze svazku KSG 200



Obrázek 3:71 Dvojčinný zkratovač kabelů DZK 105

3.8.4 PROBITÍ KABELŮ PRO NÁSLEDNOU MONTÁŽ KABELOVÝCH SOUBORŮ

Po provedené identifikaci je kabel nutné bezpečně přerušit. K tomu můžeme použít jeden z několika dostupných prostředků, například Dvojčinný zkratovač kabelů DZK 105, poháněný stlačeným plynem CO₂, střihač Intercable s izolační PPN hadicí, poháněný

hydraulickou AKU pumpou, nebo AKU střihač Milwaukee, ovládaný na bezpečnou vzdálenost pomocí Bluetooth. Při probíjení jsme v online spojení s dispečerem, který má v řídicím systému OMS přehled o dané oblasti a v případě probíjení nesprávného kabelu s námi komunikuje a řídí další postup tak, aby při obnově distribuce elektřiny nedošlo k nežádoucím vlivům nebo k úrazu.

Jsou situace, kdy v zemi zůstaly uložené staré kabely, ke kterým se dnes už nikdo nehlásí. I v těchto případech používáme k jejich probíjení výše uvedenou techniku.



Obrázek 3:72 Střihač Intercable s izolační PPN hadicí



Obrázek 3:73 AKU střihač Milwaukee

3.8.5 FÁZOVÁNÍ VEDENÍ VN PŘED SEPNUTÍM DO KRUHU

Další činností, kterou technici měřicích vozů provádí, je fázování kabelů a venkovních vedení před sepnutím do kruhu. Síť musí být zapojena tak, aby se tímto sepnutím spojily stejné fáze, tedy L1 s L1, L2 s L2 a L3 s L3. V opačném případě by nastal zkrat. Fázování se provádí pomocí fázovací tyče přímým dotykem na živou část, případně přes kapacitní děliče umístěné na VN rozváděčích.

3.8.6 OZNAČENÍ SLEDU FÁZÍ NA PROVOZOVANÉM ZAŘÍZENÍ

Označení jednotlivých fází v kabelových skříních, na VN rozváděčích a na venkovním vedení je důležité provést před rozšiřováním sítě a připojováním nových trafostanic tak, aby síť byla kruhovatelná, tedy aby byla splněna podmínka dle článku 3.8.5. Dalším důvodem je rozšiřování chytré sítě a stále více instalovaných SMART prvků, jako jsou Reclosery, DOÚS, SMART metry (elektroměry) a další, které pomáhají při dispečerském řízení sítě.



Obrázek 3:74 Přístroj pro určení jednotlivých fází Megger PVS 100i



Obrázek 3:75 Lokační sada Radiodetection RD 8100

3.8.7 TRASOVÁNÍ KABELOVÝCH SÍTÍ

Zabýváme se také trasováním kabelových sítí v majetku naší společnosti, tak i v cizím vlastnictví. K trasování používáme velice spolehlivou sadu Radiodetection řady RD 8000, která má oproti nižším verzím i možnost určení směru proudu pro identifikaci ze svazku. Trasování lze provádět na kabelech vypnutých a zajištěných, ale i pod napětím. Upřednostňujeme ovšem trasování vypnutých kabelů pro vyšší přesnost.

3.8.8 ZKOUŠKY ZKRATOVACÍCH SOUPRAV

Normy ČSN EN 61230 a PNE 35 9700 nám dávají za úkol provádět zkoušky vodičů a koncových svorek uzemňovacích a zkratovacích souprav. Jelikož jsme členy AZVN — Asociace zkušeben vysokého napětí, používáme k měření jejich metodiku ZM-20, která z těchto norem vychází. Jednak se provádí kontrola prohlídkou, kdy se zjišťuje stav poškození svorek, pramenů a izolací a poté se mikroohmmetrem (např. Megger MOM2, případně Mostec VG-BAT-300) měří ohmický odpor. V případě, že zkratovací souprava vyhoví, je označena štítkem zkušebny s vyznačeným termínem provedené zkoušky. Perioda přezkoušení je stanovena na 5 let.

3.8.9 PERIODICKÉ PŘEZKUŠOVÁNÍ OOPP A PRACOVNÍCH PLOŠIN PRO PPN VN

Tým Měřicí vozy zajišťuje také provoz zkušebny E21-AZVN v Českých Budějovicích, kde přezkušujeme OOPP – zkušební napětí VN, VVN, fázovací soupravy, vyprošťovací háky, vypínací tyče a další jiné. Tyto činnosti provádíme nejen pro naše montéry, ale také pro externí zákazníky.

Jednou z posledních činností, kterou provádí jen Měřicí vozy, jsou zkoušky pracovních plošin pro čtyři PPN VN. Máme na to dle norem zpracovanou vlastní metodiku, schválenou AZVN, a tyto zkoušky po nás požadují nejen naše čtyři PPN VN, ale i kolegové z Německa.

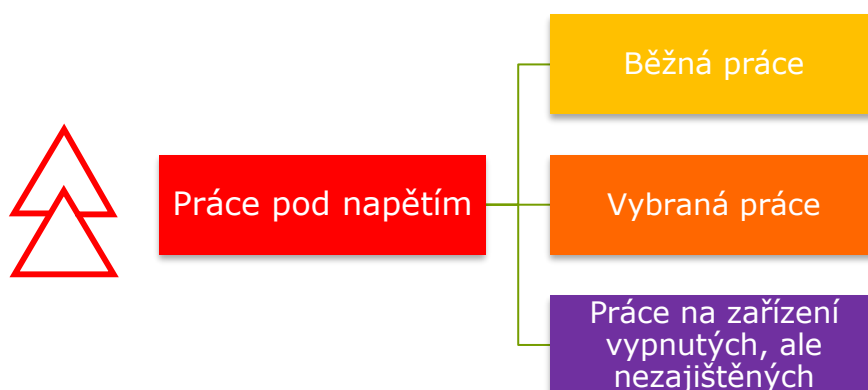


Obrázek 3:76 Zkouška pracovní plošiny PPN VN

3.9 PRÁCE POD NAPĚTÍM

Práce pod napětím (dále PPN) je veškerá práce, při které se osoba úmyslně dostává do styku s živými částmi nebo zasahuje do ochranného prostoru (D_L) buď částmi svého těla, náradím, vybavením, nebo předměty, se kterými pracuje. Montéři provádějící PPN musejí mít vhodné oblečení a odpovídající ochranné prostředky a pomůcky. Pro montéry PPN musí být stanoven speciální výcvikový program a jejich způsobilost se potvrzuje vydáním osvědčení pro práci pod napětím.

3.9.1 ZÁKLADNÍ ČLENĚNÍ PRACÍ POD NAPĚTÍM



3.9.1.1 BĚŽNÉ PRÁCE POD NAPĚTÍM

Měření	Zkoušení	Fázování	Výměna pojistek	Zajištění pracoviště
Měření fyzikálních veličin na elektrickém zařízení	Kontrola funkčnosti a stavu elektrického, mechanického nebo tepelného stavu zařízení včetně měření	Činnosti přizpůsobené typu fázovacího přístroje a rizikům na elektrickém zařízení	Postupy pro výměnu výkonových pojistek na zařízeních s rizikem přímého dotyku a vzniku zkratu	Postupy pro zajištění bezpečnostních opatření pro práci na zařízení bez napětí nebo v blízkosti živých částí.

Pro činnosti spojené s běžnou prací pod napětím jsou vydány místní provozní a bezpečnostní předpisy (dále jen MPBP), např.:

EGD-PP-280	MPBP pro výměnu pojistek na zařízení nízkého napětí
EGD-PP-282	MPBP pro identifikaci místa zemního spojení pomocí přístroje ELF7
EGD-PP-283	MPBP pro zajišťování pracoviště na venkovním vedení VN
EGD-PP-284	MPBP pro zajišťování pracoviště na kabelovém vedení NN
EGD-PP-285	MPBP pro zajišťování pracoviště na venkovním vedení NN
EGD-PP-287	MPBP pro odstraňování námrazy z venkovního vedení NN a VN soupravou pro odstraňování námrazy
EGD-PP-292	MPBP pro ověřování napěťového stavu (zkoušení) při normálním napájení elektrického zařízení
EGD-PP-419	MPBP pro prorážení kabelového vedení VN a NN

3.9.1.2 VYBRANÉ PRÁCE POD NAPĚTÍM (PPN)

Jsou to práce na elektrickém zařízení prováděné postupy a metodami PPN osobami zvláště k těmto činnostem vyškolenými. Během práce pod napětím mohou být osoby ve styku s nezakrytými živými částmi nebo zasáhnout do ochranného prostoru některou částí těla nebo náradím, zařízením nebo předměty drženými v ruce.

Provádění vybraných prací na zařízení nízkého napětí (PPN NN) zajišťují provozní montéři EG.D a zhotovitelské firmy, které splňují kvalifikační požadavky a mají od EG.D povolení k těmto činnostem.

Provádění vybraných prací na zařízení vysokého napětí (PPN VN) má v rámci EG.D na starosti tým **Čety PPN VN**. Jedná se o 6 specializovaných skupin montérů, kteří mají k dispozici špičkové vybavení a techniku.



Obrázek 3:77 Rozmístění čet PPN VN v distribučních společnostech

3.9.1.2.1 ŠKOLENÍ A KVALIFIKACE

Pro vybrané práce a k zvyšování odbornosti osob pověřených k provádění PPN je vytvořen speciální výukový program. Školení vybraných prací zajišťují školicí střediska v odborných středních školách SŠEE Sokolnice a SOŠE, COP Hluboká nad Vltavou.

Školení obsahuje schválené pracovní postupy a zásady BOZP, které budou montéři vykonávat po absolvování školení. Pokud se budou práce v praxi od těchto postupů odchýlovat, musí pracovní úkony vycházet ze stejných zásad bezpečnosti.

Po úspěšném absolvování školení musí být vydáno osvědčení, které potvrzuje, že osoby jsou oprávněné vykonávat práci pod napětím, pro kterou byly vyškoleny.

Principy bezpečnosti při PPN NN a seznam schválených pracovních postupů je uveden v dokumentu **EGD–PP–272 Vybrané práce pod napětím na zařízení NN**.

Způsobilost vykonávat práce pod napětím je udržována soustavným výkonem práce na zařízení a pravidelným opakovacím školením ve výcvikovém středisku pod dohledem určených instruktorů. Po opakovacím školení PPN NN se vydává nové osvědčení.

3.9.1.2.3 OPAKOVACÍ ŠKOLENÍ PPN

OPAKOVACÍ ŠKOLENÍ PPN NN: opakovacího školení se musí zúčastnit všichni pracovníci s kvalifikací PPN NN nejpozději **do 36 měsíců** od absolvování základního nebo opakovacího školení.

OPAKOVACÍ ŠKOLENÍ PPN VN: opakovacího školení se zúčastňují všichni pracovníci s kvalifikací PPN VN jednou **za 12 měsíců**.

3.9.1.3 PRÁCE NA ZAŘÍZENÍCH VYPNUTÝCH, ALE NEUZEMNĚNÝCH

Jsou to práce, které nelze konat při uzemněném a zkratovaném zařízení, např. měření izolačního odporu, kontrola signálních vedení, zkoušení současnosti zapínání kontaktů vícepólových spínačů, zkoušení ochran, zjišťování sledu fází. Takové práce jsou považovány za práce pod napětím, platí pro ně veškerá ustanovení pro práce pod napětím včetně používání osobních ochranných prostředků a pracovních pomůcek.

3.9.2 VÝHODY PPN

Samotné zavedení technologií PPN NN a PPN VN má pro distribuční společnost z dlouhodobého hlediska několik významných benefitů jako je:

- zvýšení spolehlivosti dodávky el. energie,
- zvýšená bezpečnost zaměstnanců při práci na el. zařízení,
- spokojenost koncových zákazníků (odběratelů),
- ekonomičnost a pravidelnost údržby zařízení,
- nabídka služeb PPN významným zákazníkům.

3.9.2.1 ZVÝŠENÍ KVALITY DODÁVKY ELEKTRICKÉ ENERGIE

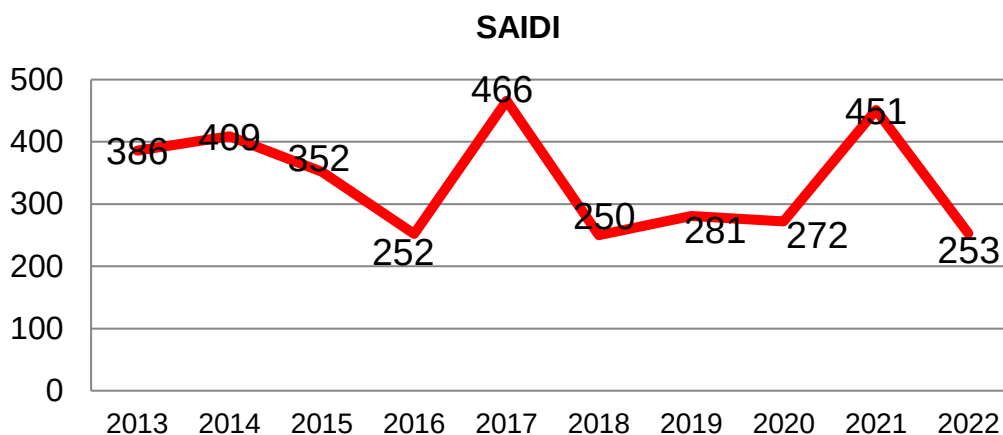
Na základě ustanovení § 23 odst. 6 vyhlášky č. 540/2005 Sb., o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice (dále jen vyhláška) je Energetickým regulačním úřadem (dále jen ERÚ) sledována a vyhodnocována nepřetržitost přenosu a distribuce elektřiny.

Vyhláškou jsou definovány následující ukazatele nepřetržitosti:

- a) **SAIFI:** průměrný počet přerušení distribuce elektřiny u zákazníků v hodnoceném období,
- b) **SAIDI:** průměrná souhrnná doba trvání přerušení distribuce elektřiny u zákazníků v hodnoceném období (hodnoty v minutách),
- c) **CAIDI:** průměrná doba trvání jednoho přerušení distribuce elektřiny u zákazníků v hodnoceném období (hodnoty v minutách).

Hlavní vliv na ukazatele nepřetržitosti má podíl kabelových vedení, způsob zapojení sítí, hustota odběru, geografické podmínky, počet zákazníků atd.

V případě, že by všechny akce PPN byly provedeny beznapětovou metodou, vzrostl by systémový ukazatel SAIFI přibližně o 15 % a systémový ukazatel SAIDI přibližně o 27 % (zdroj: PPN VN E.ON r. 2015). Vzhledem k tomu, že ERÚ uplatňuje motivační regulaci kvality (ERÚ vyžaduje postupné snižování hodnot), by to znamenalo, že bez používání metod PPN by distribuční společnost byla vystavena velkým finančním sankcím.



Graf 1 Vývoj ukazatele SAIDI ve společnosti ECD/EG.D za posledních deset let

Výsledky systémových ukazatelů závisí na mnoha okolnostech. Proto je podstatnější sledovat časový vývoj ukazatelů. Výraznější výkyvy byly zaznamenány v roce 2017 (orkán Herwart) a v roce 2021 (červnové tornádo na jižní Moravě), kdy došlo ke zvýšené kumulaci poruch a byl vyvolán stav nouze. Společnost ECD dosáhla v roce 2018 zatím nejnižší hodnoty ukazatele SAIDI (250).

3.9.2.2 ZVÝŠENÁ BEZPEČNOST ZAMĚSTNANCŮ PŘI PRÁCI NA EL. ZAŘÍZENÍ

Zavedení technologií PPN prokazatelně přispívá ke snížení úrazovosti na pracovištích. Je to způsobeno několika okolnostmi:

- Vybavení pracovníků OOPP** je na špičkové úrovni a tím se podstatně eliminuje dopad na zdravotní stav pracovníků při práci na elektrickém zařízení za případného vzniku nenadálých rizik.
- Chování pracovníků** je při PPN je zcela odlišné oproti činnostem bez napětí, protože pracují s vědomím, že zařízení je pod napětím a přistupují k němu s náležitým respektem a opatrností. Platí, že čím vyšší napětí tím vyšší je respekt pracovníků vůči el. zařízení. Zejména při PPN na zařízení NN se proto může stát, že vlivem pracovní rutiny a podceňováním situace na pracovišti může docházet k porušování základních principů bezpečnosti pro PPN. To lze eliminovat např. dispečerským řízením těchto prací (vystavení příkazu „B-PPNN“) a dalšími opatřeními.
- Kvalitní výcvikový program** pro PPN zahrnuje propracovaný systém odborných kurzů zaměřených zejména na praktické dovednosti. Vše probíhá ve speciálně vybavených polygonech, které simulují reálné podmínky v praxi.

Tabulka 3:1 Úrazovost pracovníků v energetice za období 2006-2016

Rok	Celkový počet zaměstnanců v energetice	Celkový počet úrazů v energetice v České republice	Počet pracovních úrazů elektrickým proudem na zařízeních vypnutých	Počet pracovních úrazů v energetice při práci PPN
2006	8005	45	3	1
2007	8387	58	2	1
2008	8753	54	4	2
2009	8487	45	0	2
2010	8771	60	0	1
2011	8670	40	3	1
2012	8588	39	3	2
2013	9011	43	1	0
2014	8389	27	1	2
2015	8276	26	2	0
2016	8335	32	2	0
Celkem		469	21	12

3.9.3 HLAVNÍ RIZIKA A JEJICH ELIMINACE PŘI PPN

Při provádění PPN je potřeba zohlednit všechna reálná rizika, která z těchto činností vyplývají:

- nebezpečné přiblížení k částem pod napětím,
- dotyk živých částí,
- popálení od elektrického oblouku,
- popálení rozstříknutým kovem v důsledku elektrického zkratu,
- poškození zraku v důsledku elektrického oblouku,
- výbuch zařízení s následnou destrukcí,
- požár.

3.9.3.1 ZÁKLADNÍ OOPP MONTÉRA PRO PPN

OOPP = osobní ochranné pracovní prostředky. Při vykonávání PPN jsou míněny zejména OOPP, které slouží jako ochrana proti rizikům vyvolaným elektrinou a nebezpečným napětím nebo prostředky užívané jako izolace při práci pod napětím na jednotlivých typech zařízení.

Analýzou rizik pro konkrétní pracovní podmínky, na konkrétním pracovišti, se stanoví, kdy a jaké OOPP je nutno používat.

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Definuj pojem běžné práce PPN NN.
2. Jaká je časová perioda pro opakovací školení PPN NN?
3. Vyjmenuj hlavní rizika při PPN.
4. Co znázorňuje systémový ukazatel SAIDI?
5. Vyjmenuj hlavní výhody PPN.



- 1** ČSN EN 50365 Elektricky izolující přilby pro použití v instalacích nízkého napětí
ČSN EN 397 Průmyslové ochranné přilby
- 2** ČSN EN 166 Osobní prostředky k ochraně očí
- 3** EN ISO 13688:2014 Ochranné obleky — všeobecné požadavky
IEC 61482-2:2009 Ochrana před tepelným účinkem oblouku
ČSN EN ISO 11612:2015 Ochranné oděvy na ochranu proti teplu a plamenu
- 4** ČSN EN 609 03 Práce pod napětím — Rukavice z izolačního materiálu
ČSN EN 388: 2004 Rukavice proti mechanickým rizikům
- 5** ČSN EN 609 00 Ruční nářadí pro práce pod napětím do 1kV AC a 1,5 kV DC
- 6** ČSN EN ISO 20345 Osobní ochranné prostředky — Bezpečnostní obuv
ČSN EN ISO 20347 Osobní ochranné prostředky — Pracovní obuv
- 7** ČSN EN 363 Prostředky ochrany osob proti pádu — Systémy ochrany osob proti pádu
ČSN EN 361 Osobní ochranné prostředky proti pádům z výšky — Zachycovací postroje
ČSN EN 355 Osobní ochranné prostředky proti pádům z výšky — Tlumiče pádu

3.10 MĚŘENÍ DISTRIBUOVANÉ ELEKTRICKÉ ENERGIE

Oblast této kapitoly je vhodné rozdělit do několika základních rovin. V první části popisuje metrologickou legislativou, která definuje požadavky na námi používané technické prostředky měření (TPM) a jejich správu.

Dále se zabýváme tzv. technickými požadavky na odběrné místo zákazníka, do kterého následně instalujeme TPM podle napěťové hladiny a velikosti rezervovaného příkonu (hlavního jističe).

Věnujeme se také dalším návaznostem a povinnostem distributora souvisejícím s měřením. Je zde popsán základní proces výstavby a připojení odběrného místa, kde posledním krokem je instalace měření. Dále jsou popsány základní činnosti týmů, které spolupracují na zajišťování procesů v oblasti měření.

Velmi často diskutovanou oblastí související s měřením je oblast neoprávněných odběrů, která je popsána v samostatné kapitole.

3.10.1 DŮLEŽITÁ SOUVISEJÍCÍ LEGISLATIVA

3.10.1.1 SMĚRNICE PRO MĚŘICÍ PŘÍSTROJE (MEASURING INSTRUMENTS DIRECTIVE – MID 2004/22/EC)

Směrnice pro měřicí přístroje (MID) představuje relativně nový pojem v oblasti měřicích přístrojů. Byla zavedena Evropskou komisí v roce 2004, s cílem podpořit volný prodej měřicích přístrojů a stanovit obecná pravidla pro jejich používání. Byla pak vydána jako evropská směrnice 2004/22/EC a vstoupila v platnost k 30. říjnu 2006.

Měřicí přístroje musí splňovat základní podmínky směrnice, plus navíc požadavky jednoho z deseti přístrojově-specifických dodatků. U elektroměrů se jedná o dodatek MI-003 (elektroměry činné energie). Elektroměry použité pro fakturační účely musí mít schválení podle této směrnice MID a rovněž musí mít schválení pro řadu návazných oblastí, např. společné zásobování bytových objektů.

3.10.1.1.1 VYTVÁŘENÍ JEDNOTNÉHO TRHU MĚŘICÍCH PŘÍSTROJŮ V EU

Cílem směrnice je vytvořit jednotný trh měřicích přístrojů, který má přinést výhody výrobcům a v konečném důsledku spotřebitelům v Evropě. Nejsou povolena národní pravidla, která by se odlišovala od MID. Přístroj opatřený "Evropským osvědčením o typovém schválení" (MID European Type Approval Certificate) může být prodáván a používán v kterémkoli členském státě EU (nebo Evropského hospodářského prostoru EEA).

3.10.1.1.2 CESTY K CERTIFIKACI

MID stanovuje požadavky ve třech oblastech: klimatické podmínky (např. jak rozdílné teplotní zóny ovlivňují požadavky), mechanické prostředí a elektromagnetické prostředí.

WELMEC, což je výbor, jehož hlavním cílem je prosadit harmonizovaný a důsledný přístup k evropské metrologii (měření spotřeby elektrické energie), formuluje návrhové směrnice pro elektroměry.

Ty jsou pak standardizovány ze strany CENELEC, což je Evropský výbor pro standardizaci v elektrotechnice, do podoby norem EN 50470-1, -2 a -3.

MID jasně říká, že existuje několik cest, jak certifikovat výrobky jako jsou elektroměry.

1. METODA B+F:

B: přezkoušení typu: (analogie v metrologickém zákoně – schválení typu)

Notifikovaná osoba provede příslušné zkoušky a posouzení, je zde několik metod, např. přezkoušení reprezentativních vzorků, přezkoušení reprezentativních částí výrobku, nebo posouzení přezkoumání technické dokumentace.

Následně je vydán certifikát "ES přezkoušení typu" (platnost 10 let), toto ovšem nestačí pro uvedení měřidla na trh.

F: prohlášení o shodě s typem založené na ověřování výrobku (lze přirovnat k metrologickému zákonu – prvotní ověřování)

Při tomto postupu vykoná notifikovaná osoba příslušné zkoušky a posouzení, či statistické ověření. Na elektroměru je tedy vždy číslo notifikovaného orgánu (NO), který provedl ověření F. Pokud shledá NO shodu, vydá certifikát "ES ověření".

2. METODA B+D:

B: je stejné jako výše popsané

D: prohlášení o shodě s typem založené na zabezpečení jakosti výroby

Notifikovaná osoba vykoná posouzení systému jakosti výroby čili nic se neměří. Je vydán certifikát "o schválení systému managementu výrobce". Na elektroměru je tedy vždy číslo NO, který provedl ověření D.

Výrobce si volí, jakou použije metodu. Ověřování výrobků může být provedeno přímo u výrobce na jeho zařízení pod dohledem NO.

3.10.1.2 ZÁKON O METROLOGII Č. 505/1990 SB.

Účelem zákona je úprava práv a povinností fyzických osob, které jsou podnikateli, a právnických osob, dále souhrnně nazývaných subjekty, a orgánů státní správy, a to v rozsahu potřebném k zajištění jednotnosti a správnosti měřidel a měření.

Řadu detailů k ustanovením zákona řeší zejména jeho průřezová prováděcí vyhláška č. 262/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů.

Subjektům a orgánům státní správy je stanovena povinnost používat základní měřicí jednotky, jejich označování, násobky a díly, a ostatní jednotky. Základní jednotky jsou v tomto zákoně taxativně vyjmenovány včetně definic.

Prostředek sloužící k určení hodnoty měřené veličiny se nazývá měřidlo.

Zákon o metrologii definuje pojem návaznost měřidel jako zařazení daných měřidel do nepřerušené posloupnosti přenosu hodnoty veličiny počínající etalonem nejvyšší metrologické kvality pro daný účel. Proces návaznosti etalonů a pracovních měřidel je nazýván kalibrací, proces návaznosti stanovených měřidel v podobě a rozsahu úkonu státní správy je nazýván ověřením.

Při kalibraci pracovního měřidla se jeho metrologické vlastnosti porovnávají zpravidla s etalonem, popřípadě lze použít certifikovaný nebo ostatní referenční materiál za předpokladu dodržení zásad návaznosti měřidel.

Ověřením stanoveného měřidla se potvrzuje, že stanovené měřidlo má požadované metrologické vlastnosti.

3.10.2 PERIODICKÉ PŘEZKOUŠENÍ MĚŘIDLA (CEJCH)

Aby případná měnící se přesnost elektroměrů v důsledku působení různých vlivů příliš nezkreslovala skutečnou spotřebu energie, je nutné elektroměry pravidelně ověřovat v Autorizovaném metrologickém středisku dle požadavků výše uvedeného metrologického zákona a navazujících předpisů. Jedno takové v EG.D máme – Servis měření v Táboře. Průměrně ročně k ověření vymění externí pracovníci (v případě speciálních elektroměrů přímo zaměstnanci EG.D) více než 100 tisíc přístrojů. Servisem měření jich však projde ještě více – část přístrojů se nahradí novými (především z důvodu modernizace). Elektroměry se ověřují po různé době dle typu dle vyhlášky č. 345/2002 Sb., kterou se stanoví měřidla k povinnému ověření a měřidla podléhající schválení typu. Nejčastější perioda je 12 let pro přímé elektroměry použité na hladině NN.



Obrázek 3:78 Cejchovací stolice

3.10.2.1 PŘÍPRAVA A PŘEDÁNÍ SEZNAMU PŘÍSTROJŮ K CEJCHU

Odpovědný pracovník připraví před koncem roku podklady pro seznam přístrojů pro periodickou výměnu v nadcházejícím roce. Do seznamu jsou zařazeny/vyřazeny přístroje podle potřeby, např. zařazení přístrojů z kapacitních důvodů, vyřazení přístrojů, které prošly statistickou výběrovou zkouškou apod. Dále pracovníci na tato odběrná místa vystavují servisní zakázky, které pak provádějí buď interní pracovníci nebo externí dodavatelé.

3.10.2.2 ŽÁDOST O ÚŘEDNÍ OVĚŘENÍ

O přezkoušení měřicího zařízení může požádat každý zákazník odebírající elektrickou energii ve svém odběrném místě např. v případě pochybnosti o správnosti měření (podle

zákona č.505 / 1990 Sb. ve znění pozdějších předpisů (§11a) (zákon o metrologii) a zákona č.458 / 2000 Sb. (§49 odst. 8) (energetický zákon).

3.10.3 TYPY MĚŘENÍ DLE VYHLÁŠKY O MĚŘENÍ Č. 82/2011 SB.

Stávající vyhláška o měření zná 4 typy měření, od kterých se odvíjí nejen způsob a frekvence odečtů, ale i provedení měřicí soupravy a vybavení elektroměrových rozváděčů.

Tabulka 3:2 Typy měření

Typ měření	Typické odběrné místo	Typ odečtu	Typ elektroměru	Počet odb. míst na území EG.D
A	Velkoodběr	Dálkový (pomocí GSM – modem se SIM kartou), průběh spotřeby/výroby	Elektronický, tzv. speciální (průběhový)	Cca 28 tis.
B	Podnikatelský maloodběr			
S	Mikrozdvoj			
C	Domácnost	Manuální, pouze suma spotřeby	Elektronický/ indukční	Cca 1,5 mil.

Přesné rozdělení dle napěťové hladiny, výkonu a dalších aspektů můžeme najít ve Vyhl. 82/2011 Sb. v aktuálním znění.

Z důvodu potřeby dálkových odečtů instalujeme do rozváděčů pro typy měření A, B a S modemy umožňující dálkový přenos údajů (pomocí SIM karty přes operátora, příp. přes telefonní linku).

Dalším rozdílem z pohledu provedení měřicí soupravy je, že u měření typu C je spínání tarifů zajištěno pomocí přijímače HDO (příp. spínacích hodin), proti tomu u měření A a B (případně S) je řešeno pomocí TOU (Time Of Use) tabulky s nahranými časy pro přepínání registrujícího tarifu v elektroměru.

Způsob provedení měření elektřiny se dále člení na:

- a) přímé měření, kdy elektroměrem prochází veškerá měřená elektřina a nejsou použity měřicí transformátory (do hodnoty hlavního jističe 80 A včetně),
- b) nepřímé měření, kdy je elektroměr použit v zapojení s měřicími transformátory proudu, kterými prochází veškerá měřená elektřina (tzv. polopřímé měření), a od napětí 1 kV i s měřicími transformátory napětí (nepřímé měření).

Podle strany transformátoru, na kterou jsou měřicí transformátory připojeny, je měření rozděleno na primární (na straně vyššího napětí) nebo sekundární (na straně nižšího napětí) měření.

3.10.4 PROVEDENÍ MĚŘICÍ SOUPRAVY PODLE TYPU A ZPŮSOBU MĚŘENÍ A PŘIPOJOVACÍ PODMÍNKY

Každý provozovatel distribuční soustavy (PDS) vydává tzv. **připojovací podmínky**, což je jeden ze základních technicko-legislativních dokumentů, týkajících se měření.

Na našem distribučním území, je tento dokument nazván: **Požadavky na umístění, provedení a zapojení měřicích souprav u zákazníků a malých výroben připojených k elektrické síti nízkého napětí.**

Dokument je dostupný na webu, případně ve formě papírové brožury. Každý pracovník, jehož činnost se dotýká měření nebo elektroměrového rozváděče, by měl mít tuto brožuru u sebe.



Obrázek 3:79 Obálka brožury

Obsahem jsou například tato témata:

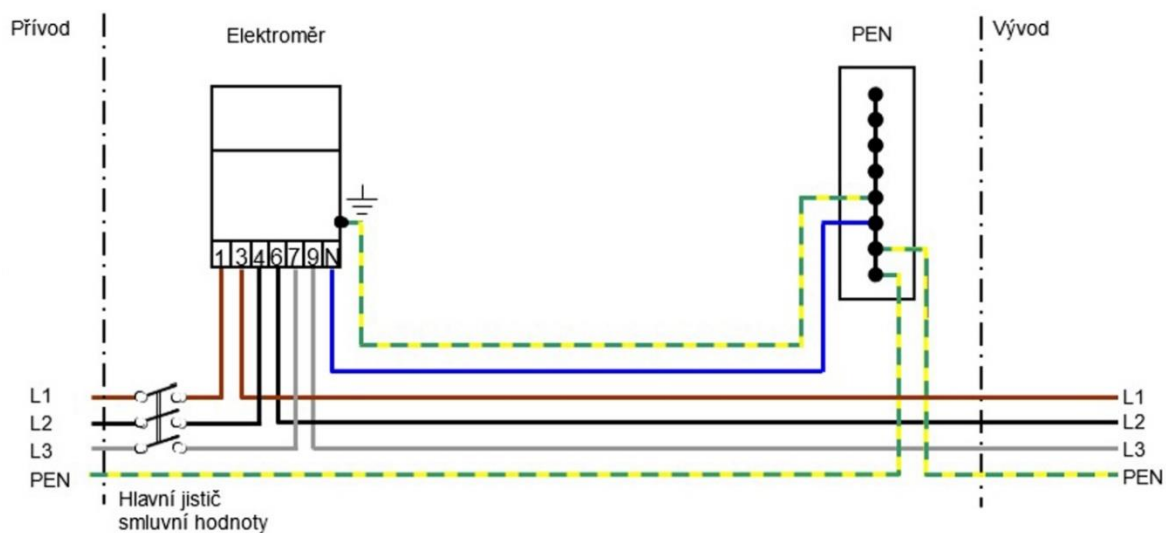
- hlavní domovní vedení,
- umístění nových a rekonstruovaných elektroměrových rozváděčů,
- provedení elektroměrových rozváděčů, vybavení elektroměrových rozváděčů,
- zajištění elektroměrových rozváděčů proti neoprávněné manipulaci,
- standardní vybavení a zapojení elektroměrových rozváděčů,
- dimenzování vodičů, přepětové ochrany, krátkodobé a neměřené odběry,
- požadavky na umístění, provedení a zapojení měřicích souprav u malých výroben,
- dobíjecí stanice,
- sdílení elektřiny v bytových domech,
- oznamovací povinnost, schémata.

Provedení ER (elektroměrového rozváděče) musí splňovat bezpečnostní požadavky dané ČSN, zvláště pak opatření k zajištění ochrany před úrazem elektrickým proudem a musí mít vhodnou protikorozi ochranu.

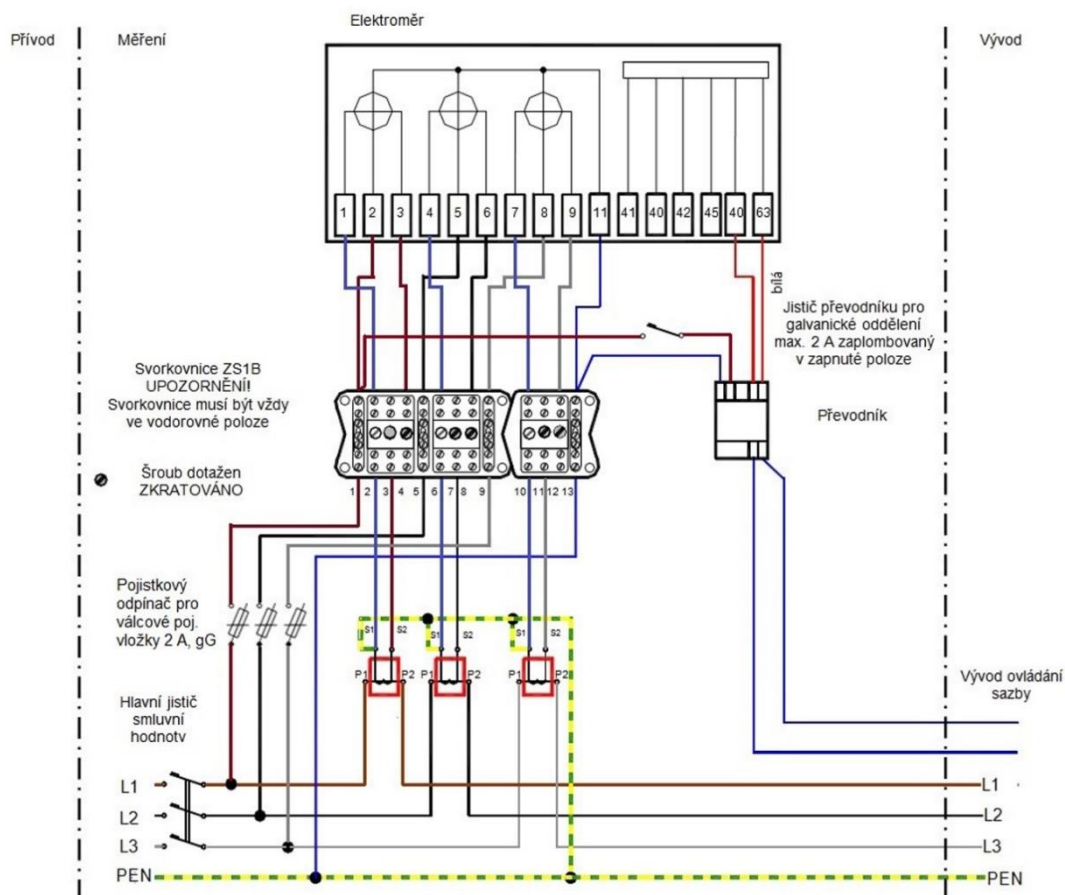
Pro montáž elektroměrů a sazbových spínačů (přijímačů HDO, převodníků) musí být připraveno v rozváděči místo o rozměrech minimálně (v mm):

Potřebná místa pro elektroměry a spínače	šířka	výška	hloubka
Elektroměr jednofázový	180	300	160
Elektroměr třífázový	200	400	160
Sazbový spínač (přijímač HDO)	180	300	160
Převodník	100	200	160
Optoddělovač	100	200	160

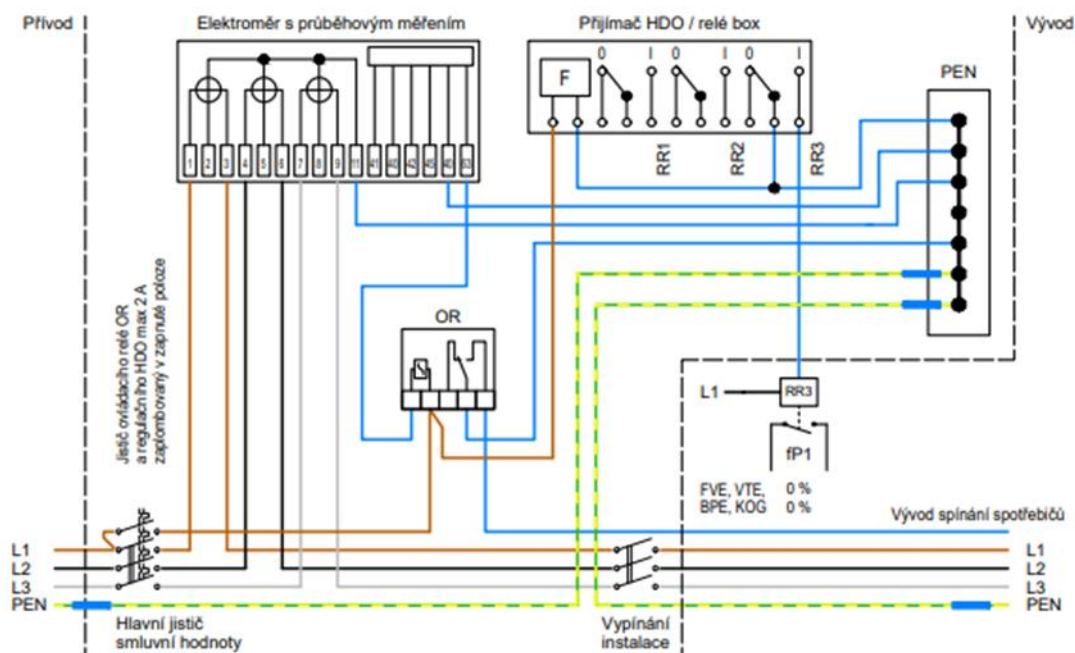
Průřez HDV se volí s ohledem na očekávané zatížení. Minimální průřezy pro HDV jsou 4× 10 mm² Cu nebo 4× 16 mm² Al. HDV je ukončeno na hlavním jističi.



Obrázek 3:80 Schéma zapojení měření s třífázovým jednosazbovým elektroměrem v síti TN



Obrázek 3:81 Schéma zapojení nepřímého třífázového měření proudu nad 80 A třífázovým elektroměrem a spínačem sazby v síti TN



Obrázek 3:82 Zapojení měření s přímým třífázovým elektroměrem s převodníkem, regulací činného výkonu OZE a přijímačem HDO (od P_{rez} 0 kW do 100 kW včetně), platné od 1. 7. 2022

3.10.4.1 HLAVNÍ JISTIČ PŘED ELEKTROMĚREM NA HLADINĚ NN

Před elektroměr se musí osadit hlavní jistič odpovídající technickým normám se stejným počtem pólů, jako má elektroměr fází.

Hodnoty pro hlavní jistič musí být vybrány z této normalizované řady:

- 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80 A — **přímé měření**
- 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000 A — **nepřímé měření**

Přípustná maximální hodnota jmenovitého proudu jednopólového hlavního jističe pro jednofázová odběrná místa je 25 A.

Použití pojistek, pojistkových odpínačů a sdružených jističů s proudovými chrániči není povoleno.

Pro zákazníky s výrobnami nad 250 kW a zákazníky měřené typem měření A nebo B platí jiné požadavky, které se nazývají: **Požadavky na provedení trafostanic ve vlastnictví žadatele připojené kabelovým vedením VN včetně požadavků na umístění, provedení a zapojení měřících souprav u zákazníků a výroben připojených k elektrické síti vysokého a velmi vysokého napětí.** I tyto jsou uvedeny na webu distributora.

Tento prováděcí pokyn stanovuje základní požadavky distributora na umístění, provedení a zapojení měřících souprav u nových nebo celkově rekonstruovaných odběrných míst zákazníků kategorie A a B. Seznam požadavků je určen zákazníkům jako podklad pro zajištění technické připravenosti před montáží měřicí soupravy a slouží také jako podklad pro kontrolu technické připravenosti pro pracovníka odpovědného za montáž měřicí soupravy.

Elektroměřová souprava se doporučuje umístit do samostatného rozváděče nebo skříň měření – typové skříň. Elektroměřový rozváděč musí být schváleného typu.

Skříň měření se umístí mimo prostor VN, nejlépe v rozvodně NN, na místě přístupném pro pracovníky distributora. Skříň měření musí být umístěna tak, aby bylo možné provést plné otevření dveří skříň. V odůvodněných případech lze umístit do rozvodny VN, a to pouze po předchozím písemném odsouhlasení se Správou měření. V případě podniku, provozovny, výroby apod. nacházející se v průmyslovém komplexu lze měření umístit do obvodové zdi na vnější stranu trafostanice.

Umístění měření v objektech EG.D se považuje za přístupné pro pracovníky pověřené společností EG.D.



Obrázek 3:83 Skříň měření

Jiné umístění elektroměřových rozváděčů stanoví individuálně ve stanovisku k žádosti o připojení odpovědný pracovník Správy měření. Tato informace je uváděna v servisní zakázce.

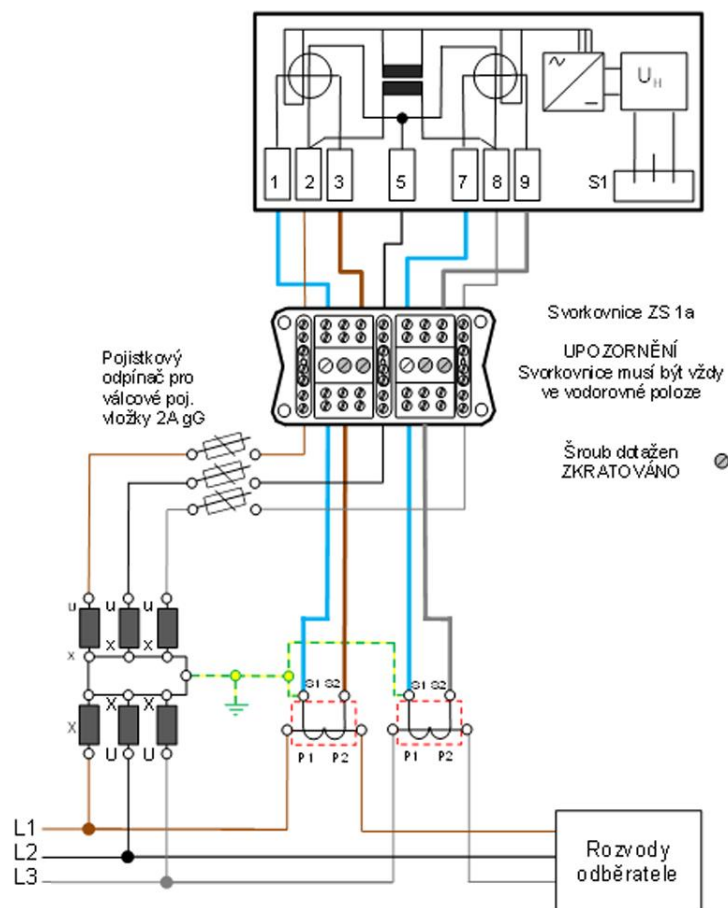
Minimálně požadované vybavení rozváděče ze strany zákazníka:

- zkušební svorkovnice,
- místo pro elektroměr — š x v x h: 200x400x160 mm,
- místo pro modem — 180x300x160 mm,
- zásuvka 230 V (napojena z měřené části a jištěna jističem 6 A, vypínací charakteristiky B),
- jištění pro měřicí transformátory napětí (MTN) (např. pojistkový odpínač).

MT jsou v majetku provozovatele odběrného místa (zákazník, výrobce).

MT musejí být namontovány tak, aby byl zepředu čitelný štítek s převodem a výrobním číslem a musí být pevně připevněny k rozváděči nebo k průchozímu měřenému kabelu.

MT jsou podle zákona o metrologii č. 505/1990 Sb. v platném znění stanovená měřidla, musí být schváleného typu a úředně ověřeny. To znamená, že budou opatřeny úřední značkou a letopočtem (min. posledním dvojčíslem letopočtu) posledního ověření. Platnost ověření při montáži nesmí být starší jak 1 rok a po celou dobu užívání MT odpovídá jeho vlastník, tj. zákazník/výrobce za archivaci ověření a zachování neporušenosti štítku MT.



Obrázek 3:84 Schéma zapojení nepřímého průběhového měření VN (dvousystémové, třívodičové zapojení)

Třída přesnosti pro účely obchodního měření je stanovena takto:

- MTP pro NN tř. př. 0,5S
- MTP pro VN tř. př. 0,5S
- MTN pro VN tř. př. 0,5
- MTP pro VVN tř. př. 0,2S
- MTN pro VVN tř. př. 0,2

Jmenovitá hodnota sekundárního proudu je 5 A a u nepřímého měření VVN 1 A.

Uzemnění MT musí být provedeno přímo na svorkách MT.

3.10.5 SMART METERING

Smart Metering přináší zákazníkovi vyšší komfort dodávky, pravidelné poskytování informací o aktuálním stavu v síti a úspory a motivaci k hospodárnosti. Distributorovi umožňuje zjednodušení procesů spojených se zásahy na odběrném místě, např. změny sazeb a odečty.

Tyto přístroje jsou většinou vybaveny:

- vestavěným odpojovačem pro dálkové vypnutí/zapnutí OM,
- dálkovou obousměrnou komunikací (to umožňuje sběr dat na dálku),
- záznamníkem událostí,
- interním časem synchronizovaným přes odečtovou centrálu,
- blokovacími relé pro blokaci zátěže obdobně jako má HDO přijímač,

- pravidelným poskytováním informací o aktuálním stavu v síti a odečtech (data mohou být automaticky vyhodnocována).

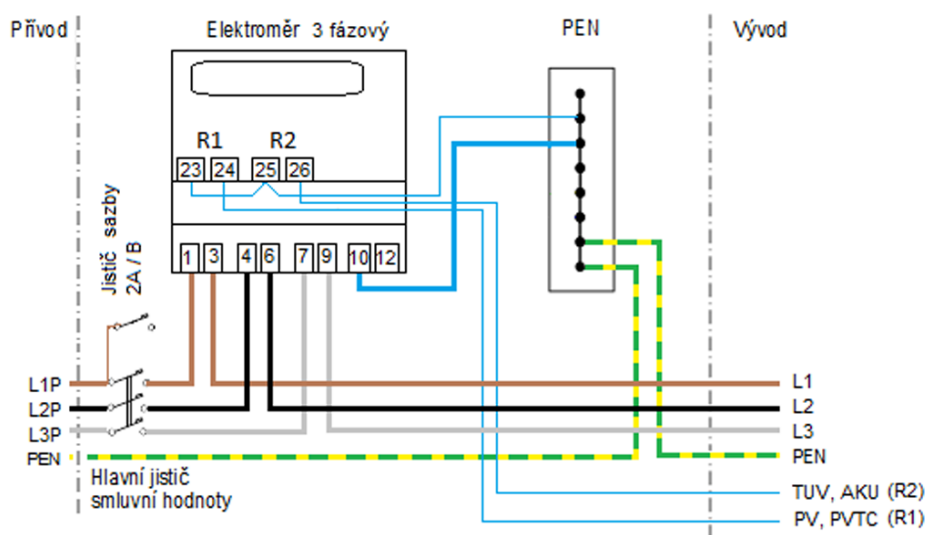
V rámci připravované legislativy se uvažuje od roku 2024 o instalaci u odběrných míst připojených do DS s napětím do 1kV s přímým měřením a s ročním odběrem elektřiny přesahujícím 6 MWh.

Smart měření budou mít označení C1 a C2, C3 a budou mít základní měřicí a vyhodnocovací interval jednu čtvrt hodinu. Základní interval pro zpracování a přenos naměřených údajů bude 1 měsíc. V odběrném místě pro dvoutarifní měření nebude využíván HDO přijímač, ale spínací prvek s časovou základnou a TOU (Time Of Use) tabulkou s nahranými časy pro přepínání registrujícího tarifu v elektroměru.



Obrázek 3:85 Smart elektroměr

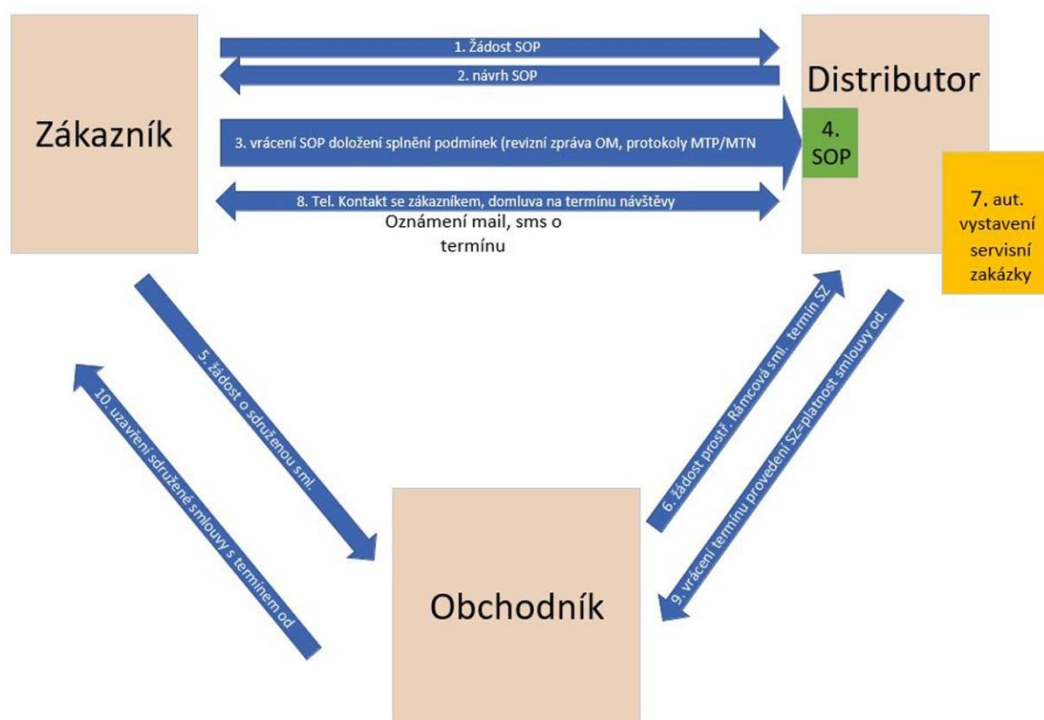
Pro toto řešení musí dojít k úpravě zapojení ER pro dvoutarifní měření: *(pro dvoutarifní měření nebude využíván HDO přijímač)*



Obrázek 3:86 Schéma zapojení měření s třífázovým dvojsazbovým elektroměrem bez přijímače HDO

3.10.6 PROCESY SPOJENÉ S MĚŘENÍM, ELEKTROMĚROVOU ČINNOSTÍ A JEJICH NÁVAZNOSTI NA DALŠÍ ČINNOSTI DISTRIBUTORA

Před tím, než dochází k prvotní montáži měřidla je nutné, aby zákazník splnil několik smluvních povinností. Na následujícím schématu je stručně vysvětlen nejběžnější smluvní proces pro přímé měření na hladině NN, který se odehrává mezi třemi základními subjekty podle číselných kroků v obrázku:



Obrázek 3:87 Zákazník, Dodavatel energií, Distributor

1. Zákazník podá na distributora žádost o Smlouvu o připojení, kde specifikuje místo připojení, objekt, adresu, své kontakty.
2. Distributor tuto žádost zpracuje a pokud je možné v rámci distribuční sítě odběrné místo připojit, tak vrací zákazníkovi návrh této smlouvy k podpisu. Smlouva obsahuje i požadavky na zákazníka, které musí splnit a další postup.
3. Zákazník vrátí podepsanou smlouvu a plní požadavky distribuce, např. osadí elektroměrový rozváděč podle připojovacích podmínek, zajistí připojení k DS a vrací distribuci revizní zprávu a případně další nutné dokumenty.
4. V tento okamžik má distributor informaci, že odběrné místo je připraveno k připojení k DS.
5. Zákazník žádá u dodavatele energií o tzv. Sdruženou smlouvu o dodávce.
6. Obchodník žádost zpracuje a s distributorem v souladu s rámcovou smlouvou komunikuje možnost instalace měření.
7. Distributor vystaví tzv. Servisní zakázku pro pracovníky provozu.
8. Distributor dále prostřednictvím Střediska služeb zákazníků kontaktuje zákazníka a domluví se s ním na termínu instalace.
9. Distributor tento termín vrací obchodníkovi v souladu s rámcovou smlouvou.
10. Obchodník uzavírá se zákazníkem sdruženou smlouvu s termínem účinnosti dle dohodnutého termínu instalace měření.
11. Dále proběhne instalace měřidla a tím k připojení odběrného místa k DS.

Na podobném principu je zajištěna i např. změna sazby nebo navýšení / snížení hodnoty hlavního jističe.

Pro udržení spolehlivosti, jednotné práce a postupů na měření je nutné udržovat metodiku způsobu měření a metodiku práce s TPM. Tyto činnosti zajišťuje tým Správa TPM.

Správa výměn a anomálií TPM se zabývá řešením reklamací, anomálií a organizace výměn TPM k cejchu.

U měření typu C, které je instalované u domácností a malých podnikatelů, tým Odečty zajišťuje řízení externích odečítačů a zpracování odečtených dat z měření typu C.

Tým Dálkové odečty zajišťuje odečty údajů ze speciálních elektroměrů typu A a B vybavených dálkovým odečtem.

Tým Správa dat se zabývá zpracováním a validací naměřených dat a jejich odesláním na Operátora trhu.

Servis měření v Táboře zajišťuje úřední ověření TPM a jejich distribuci na příslušné regiony.

Útvar Provoz sítě VN a NN: provádí činnosti na měření typu C, A, B.

Tým Energetická kontrola se zabývá řešením neoprávněných odběrů.

3.10.6.1 ANOMÁLIE MĚŘENÍ (ÚTVAR SPRÁVY VÝMĚN A ANOMÁLIÍ TPM)

Tým se zabývá třemi základními oblastmi:

- reklamace a stížnosti,
- organizace cejchů,
- anomálie měření.

V detailu se jedná o řešení:

- reklamací a stížností (např. na jednání a chyby montéra, škodu na zařízení, ...),
- závad na měření bez vazby na fakturu (...spínání tarifu, HDO, ...),
- reklamací po úředním ověření přístroje (v elektřině i plynu),
- reklamací spotřeby i dodávky (výroby z FVE, MVE, VE),
- anomálií a požadavků směřovaných z týmů Speciální měření, Fakturace, CC, SSZ, Energetická kontrola, Management stížností, Správa dat, Správa odečtů, ECE,
- agendy Neprovedené cejchy, NUSP servisní zakázky, Technické nedostatky na OM (z cejchů, z KLZ).

Provádí také:

- kontroly datových sestav (ze systému SAP a odečtových centrál),
- kontroly v síti (fyzicky na OM),
- prověření, stanovení, náhradu dat (validaci dat).

Na adresu tohoto týmu lze směřovat anomálie, chyby, nesoulady v oblasti fakturačního měření a měřících souprav obecně (např. chybná parametrizace měřidla, nesoulad MT s nastavením elektroměru, nesoulad s evidencí v SAP, porucha měření, jiná závada).

3.10.6.2 TÝM ENERGETICKÉ KONTROLY

Identifikace a minimalizace škod vyplývajících z neoprávněných odběrů a zajištění efektivní prevence proti vzniku neoprávněných odběrů.

Hlavní činnosti:

- Garance celého procesu řešení neoprávněných odběrů.
- Řízení dodavatelských firem provádějících kontrolu odběrných míst za účelem odhalení neoprávněných odběrů.
- Analýza dostupných dat a doručených podnětů za účelem detekce neoprávněných odběrů.
- Provádění kontrol odběrných míst za účelem odhalování neoprávněných odběrů.
- Dohled nad řešením standardních neoprávněných odběrů.
- Identifikace škody způsobené neoprávněným odběrem, jednání se škůdcem za účelem uhrazení způsobené škody.

Neoprávněný odběr elektřiny (je podrobně definován v §51 EZ).

Neoprávněným odběrem elektřiny z elektrizační soustavy je:

- odběr bez právního důvodu nebo pokud právní důvod odpadl — zde se jedná např. o odběr bez uzavřeného smluvního vztahu,
- odběr při opakovaném neplnění smluvních platebních povinností nebo platebních povinností, vyplývajících z náhrady škody způsobené neoprávněným odběrem elektřiny, které nejsou splněny ani po upozornění — zde se jedná např. o odběr při neplacení dle povinností stanovených ve smlouvě,
- odběr bez měřicího zařízení, pokud odběr bez měřicího zařízení nebyl smluvně sjednán - např. propojení přívodu a vývodu ve svorkovnici elektroměru
- připojení nebo odběr z té části zařízení, kterou prochází neměřená elektřina - např. odbočka z neměřené části,
- odběr v přímé souvislosti s neoprávněným zásahem na přímém vedení či na zařízení distribuční soustavy nebo na zařízení přenosové soustavy — pod tímto se dá představit napojení na vedení či jakýkoliv zásah do zařízení DS, který by způsobil odběr bez měření,
- odběr elektřiny bez smlouvy o zúčtování odchylek nebo smlouvy, jejímž předmětem je přenesení odpovědnosti za odchylku na subjekt zúčtování trvající déle než 10 pracovních dní. Po ukončení smlouvy startuje „doba hájení“ odběratele, po kterou je nutné, aby byla uzavřena nová smlouva. Pokud k tomuto nedojde a odběr trvá, dochází k neoprávněnému odběru – bezesmluvní vztah.

Odběr měřený měřicím zařízením:

- které prokazatelně nezaznamenalo odběr nebo zaznamenalo odběr nesprávně ke škodě výrobce elektřiny, obchodníka s elektřinou, provozovatele distribuční soustavy nebo provozovatele přenosové soustavy v důsledku neoprávněného zásahu do tohoto měřicího zařízení nebo do jeho součásti či příslušenství, nebo byly v měřicím zařízení provedeny takové zásahy, které údaje o skutečné spotřebě změnily,
- které nebylo připojeno provozovatelem přenosové soustavy nebo provozovatelem distribuční soustavy,
- které prokazatelně vykazuje chyby spotřeby ve prospěch zákazníka a na kterém bylo buď porušeno zajištění proti neoprávněné manipulaci nebo byl prokázán zásah

do měřicího zařízení — tento odstavec popisuje jakoukoliv manipulaci s měřicím zařízením, díky které dochází k úpravě či změně zaznamenávaných údajů.

3.10.6.3 ZAJIŠTĚNÍ PROTI NEOPRÁVNĚNÉ MANIPULACI, PLASTOVÉ PLOMBY OBECNĚ

Elektroměrový rozváděč je zajištěn proti neoprávněné manipulaci v neměřených částech předepsanou plombou. Plombování provede příslušný pracovník distributora, popřípadě jím prověřená fyzická osoba nebo organizace.

Nezbytné porušení plomb, pro provádění elektroinstalačních a revizních prací, musí být předem prokazatelně oznámeno příslušnému pracovišti distributora prostřednictvím Nonstop linky EG.D. Stejným způsobem musí být oznámeno i ukončení prací a porušení plomb při odstraňování havárií přístrojů v neměřeném rozvodu.

Žádost o odplombování je řešena na webových stránkách distributora.

Při porušení plomb je zákazník nebo pracovník provádějící úpravu/opravu ER povinen nahlásit společnosti distributora, kdo bude montážní práce/zásah do ER provádět a nahlásit telefonní kontakt na tohoto pracovníka případně odpovědného zástupce organizace. Společnost distributora může vyzvat zákazníka nebo montážní organizaci provádějící zásah o zpřístupnění odběrného místa v beznapěťovém stavu pro zajištění opětovného zaplombování. V případě nepřístupného ER musí být v dohodnutý termín odběrné místo zákazníkem nebo pověřenou osobou zpřístupněno.

V případě výměny MTP je zákazník nebo zástupce zákazníka povinen doložit protokoly o úředním ověření MTP před započítím prací. Protokoly doloží technikovi uvedenému ve smlouvě o připojení.

Porušit je potom možné jedině montážní plomby bránící provedení úpravy rozváděče odpovídající nahlášenému důvodu rozplombování.

Přímo na elektroměru je po nahlášení možné porušit jenom plomby jistící svorkovnici elektroměrů (kryt ve spodní části elektroměru, pod kterým je možné povolit přívodní a vývodové vodiče). Nesmí být porušeny cejchovní plomby elektroměru a sazbového spínače. Stejným způsobem musí být oznámeno i ukončení prací a porušení plomb při odstraňování havárií přístrojů v neměřeném rozvodu.

Manipulace s technickými prostředky měření (elektroměr, sazbový spínač) je povolena pouze fyzickým osobám a organizacím, které společnost distributora těmito činnostmi pověřila.

Dle §49 odstavce 4) energetického zákona č. 458/2000 Sb. se jakýkoliv zásah do měřicího zařízení bez souhlasu provozovatele distribuční soustavy zakazuje.

DOPLŇKOVÁ OCHRANA POMOCÍ PLASTOVÝCH EVIDENČNÍCH PLOMB

Instalace plastových evidenčních plomb (PLPc) na elektroměry se provádí v Servisu měření PLPc se instaluje spolu s olověnou plombou (OLPc) na samostatné plombovací lanko, v případě, že to konstrukce elektroměru umožňuje, je preferováno osazení na pravou stranu elektroměru. Pokud nelze umístit na elektroměr dvě plombovací lanka, je PLPc umístěna na plombovací lanko spolu s OLPc.

Před montáží elektroměru na OM se pracovník přesvědčí o neporušenosti cejchovních plomb na nově instalovaném elektroměru. V případě jakéhokoliv poškození či odtržení nesmí přístroj namontovat na OM ani PLPc nahradit vlastní OLPm.

V případě podezření na neoprávněný odběr nebo porušení či absence prostředků proti neoprávněné manipulaci provede montér dokumentaci (foto a záznam do SZ). Zajistí předání informace týmu Energetické kontroly formou servisního hlášení.

3.10.6.4 SMLUVNÍ PARTNEŘI

Provozovatel distribuční soustavy využívá pro manipulaci s TPM a zásah do HDS tzv. smluvní partnery. Jedná se o externí pracovníky, kteří mají pověření distributora k zásahu do HDS a manipulaci s TPM.

PARTNEROVI JE UMOŽNĚNO PROVÁDĚNÍ NÍŽE POPSANÝCH ČINNOSTÍ:

Pro odběrná místa zákazníků s hlavním jističem do 80 A připojených na NN a přímým měřením:

- Plombování krytů svorkovnic elektroměrů, HDO přijímačů, krytů HJ, a krytů elektroměrových rozváděčů pomocí evidenčních plastových plomb.
- Připojení / výměna HDV a manipulace v HDS u výše uvedených odběrných míst.
- Manipulace s elektroměrem a ostatními technickými prostředky měření u výše uvedených odběrných míst z důvodů rekonstrukcí odběrných míst, přemístění elektroměrových rozváděčů, oprav apod.

Pro odběrná místa zákazníků s hlavním jističem nad 80 A připojených na NN a s nepřímým měřením:

- Připojení / výměna HDV a manipulace v HDS u výše uvedených odběrných míst.
- Manipulace s elektroměrem a ostatními technickými prostředky měření u výše uvedených odběrných míst z důvodů rekonstrukcí odběrných míst, přemístění elektroměrových rozváděčů, oprav apod.

K podpisu smlouvy je Partner povinen doložit kvalifikační předpoklady:

- Oprávnění k montáži, opravám a zkouškám na elektrickém zařízení, prováděným dodavatelským způsobem dle zákona č. 250/2021 Sb. v platném znění.
- Platný doklad o odborné způsobilosti v elektrotechnice dle §7 nařízení vlády č. 194/2022 Sb.
- Osvědčení o registraci subjektu u ČMI pro montáž stanovených měřidel podle §19 zákona 505/1990 Sb.
- Školení práce pod napětím na NN (pracovní postup 1.38 Odpojení (připojení) odběratele napojeného z rozpojovací nebo jistící skříně).
- Čestné prohlášení o vybavení pracovníků OOPP (osobními ochrannými pracovními pomůckami pro práci PPN NN) a izolovaným žebříkem délky 5 metrů.
- Školení práce ve výškách do 5 m.

3.10.6.5 NA CO SI DÁT POZOR U VÝMĚNY ELEKTROMĚRU Z POHLEDU BOZP

Pravděpodobně nejčastější prací při elektroměrové činnosti je výměna TPM.

Z pohledu bezpečnosti pracovníka i zákazníka je při výměně elektroměru potřeba dbát na následující:

- Dvířka rozváděče je nutno otevírat opatrně a s odstupem, při otevírání se pracovník nedívá přímo dovnitř rozváděče z důvodu ochrany zraku. V případě špatného technického stavu elektroměrového rozváděče je montér povinen použít OOPP (dielektrické rukavice, ochranou přilbu s integrovaným štítem).
- Pokud technický stav ER neumožňuje bezpečné provedení práce na OM, ve smyslu ochrany zdraví pracovníka, nesmí na takovémto zařízení pracovník provádět činnost.
- Výměna TPM je pracovní činnost, kterou je povinen pracovník provádět v beznapěťovém stavu. Před vypnutím hlavního jističe informuje pracovník zákazníka, je-li přítomen, o výměně elektroměru a krátkodobém vypnutí napětí u OM.
- Pracovník provede vypnutí hl. jističe, popř. i jističe sazbového spínače a zajištění proti zapnutí. Pracovník je povinen ověřit beznapěťový stav elektroměru.
- Pokud není možné vypnout hlavní jistič (hlavní vypínač, pojistky), který se vztahuje k elektroměru určenému k výměně, pracovník výměnu neprovádí.
- Pracovník při výměně nezasahuje ani neupravuje elektroinstalaci zákazníka. V případě zjištění závady informuje o této skutečnosti zákazníka.
- V případě, kdy pracovník provádí opravu sledu fází, musí zachovat v instalaci za elektroměrem původní sled fází (přepojit vždy přívodní i odvodní vodiče fází).
- U odběrných míst s více elektroměry (bytové domy) může být (historicky) zapojení N nebo PEN vodiče do instalace provedeno přes jeden elektroměr, teprve poté je zapojení provedeno na nulový můstek či do dalšího elektroměru. Odpojením nulového vodiče na tomto jednom elektroměru dojde k odpojení nulového vodiče u všech měření, která jsou takto podružně zapojena. Pokud má pracovník na toto zapojení podezření, výměnu může provést jen za předpokladu vypnutí HJ u všech podružně zapojených elektroměrů (o vypnutí musí informovat zákazníky, jsou-li přítomni). Pokud nedokáže všechny podružně zapojené elektroměry identifikovat, výměnu pracovník neprovádí.
- Pokud pracovník nalezne na OM vypnutý hlavní jistič, který se vztahuje k elektroměru určenému k výměně, ověří beznapěťový stav na elektroměru a výměnu provede bez odzkoušení funkčnosti. Hlavní jistič nezapíná.
- Na silových svorkách musí být vodiče zasunuty pod oba upevňovací šrouby a oba šrouby musí být dotaženy.
- Hrozí-li při práci v ER přístup laiků do zóny přiblížení, pracovník tomuto zamezí např. zastavením laika v příslušné vzdálenosti, dočasným vypnutím hlavního jističe, zavřením dveří rozváděče, nasazením krytu apod.
- Kontrola zapojení měřicí soupravy s MTP a MTN v beznapěťovém stavu, kontrola převodového poměru MTP pod napětím testerem CTC s kontrolou správného zapojení MTP.
- Podobně i u všech dalších činností v oblasti měření je třeba dbát na bezpečnost práce.

3.10.6.6 BOZP V SOUVISLOSTI S DEZOLÁTNÍM STAVEM ER

Provozovatel distribuční soustavy má právo omezit nebo přerušit v nezbytném rozsahu dodávku elektřiny účastníkům trhu s elektřinou:

- při bezprostředním ohrožení života, zdraví nebo majetku osob a při likvidaci těchto stavů,
- při odběru elektřiny zařízeními, která ohrožují život, zdraví nebo majetek osob.



Obrázek 3:88 Dezolátní stav instalace

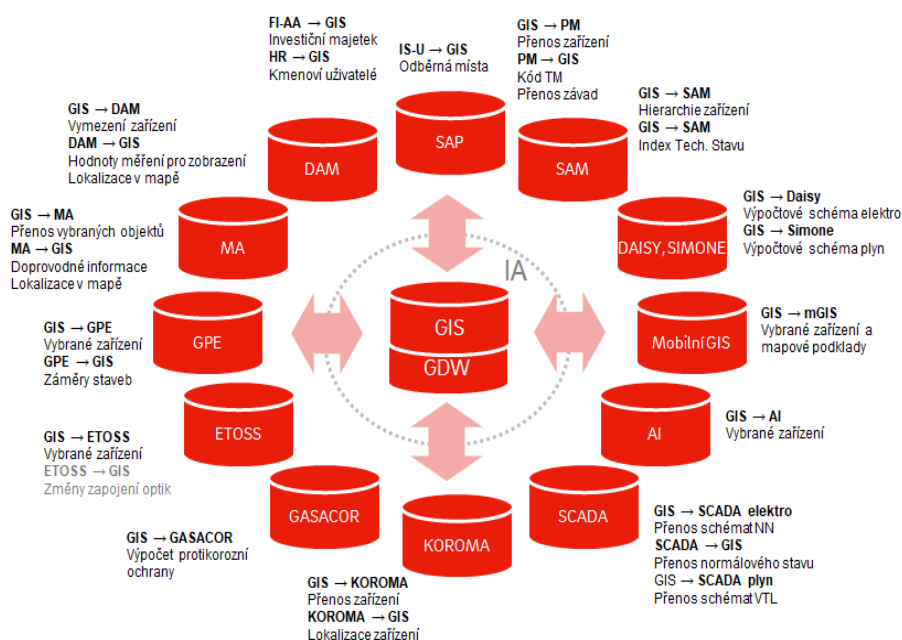
3.11 DOKUMENTACE ZAŘÍZENÍ DS

Evidenci a včasnou aktualizaci všech potřebných údajů o distribučním zařízení, jak vlastněném, tak i provozovaném, zajišťuje tým Správa dokumentace GIS (dále jen SDG). Správci dokumentace GIS jsou zastoupeni na jednotlivých Správách sítě.



Obrázek 3:89 Pracoviště Správce dokumentace GIS

Evidovaná data GIS jsou řízeně přes integrační adaptér předávána okolním systémům.

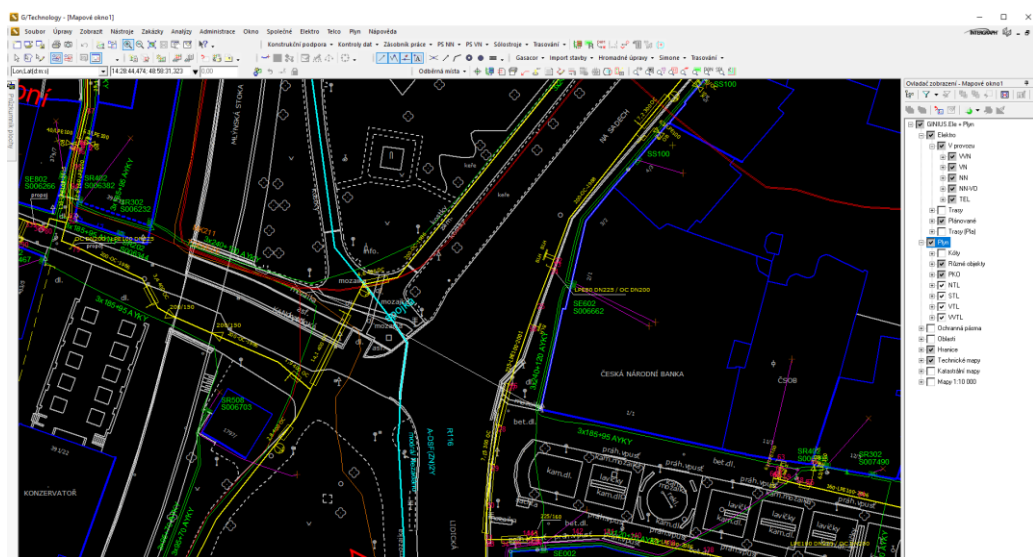


Obrázek 3:90 Znárodnění vazeb systému GIS na ostatní interní systémy

Data o distribučním zařízení jsou vytvářena a aktualizována v takzvané „těžkém klientu“ (Designer), tj. v grafickém systému, který umožňuje data nově zakreslovat a aktualizovat.

Dále je pro pracovníky ostatních útvarů k dispozici „lehký klient“ (NetViewer), který umožňuje zobrazovat veškerá evidovaná data o zařízení, poloze a dále má možnost provádět různé analýzy nad daty, trasovací úlohy, vizualizace, výstupy atd.

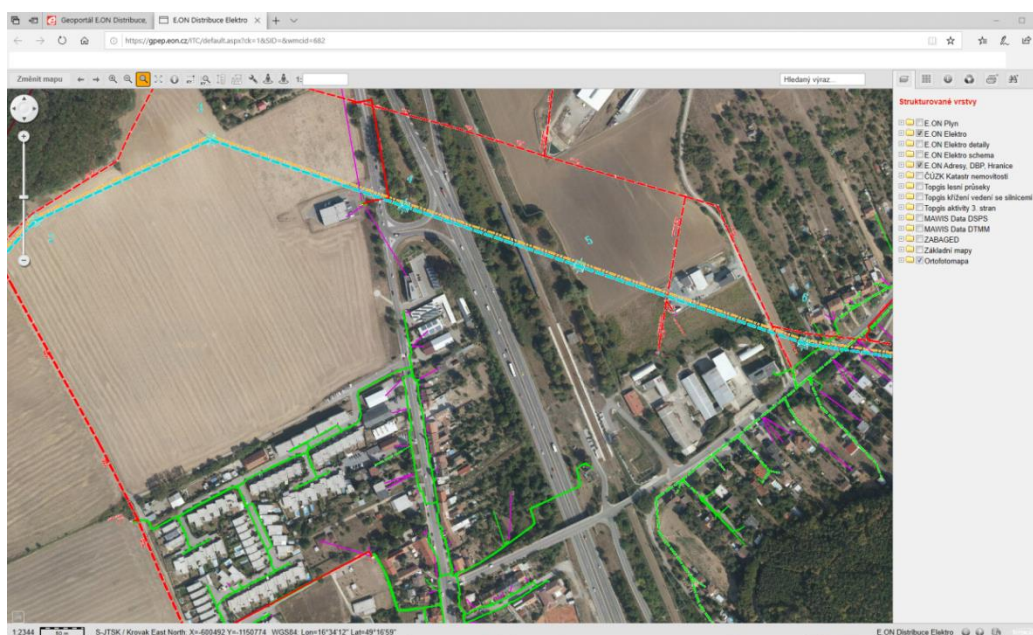
Data jsou strukturována dle jednotlivých napěťových úrovní a tlakových stupňů plynu a uživatel má k dispozici předdefinované druhy legend pro různé typy zobrazení.



Obrázek 3:91 Mapové okno se zobrazením ELE + Plyn

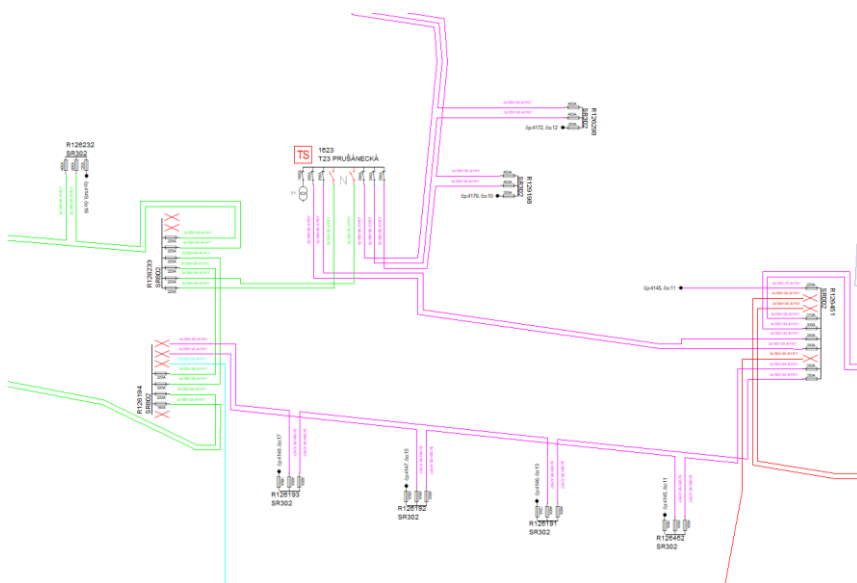
Pro externí subjekty (projektanti, ORP/ÚAP, HZS, letecká záchranná služba...) je k dispozici webová aplikace Geoportál, kde lze zobrazovat data o zařízení distribuce. Pro vybranou kategorii uživatelů umožňuje export dat, např. jako podklad pro projektovou činnost.

Geoportál dále slouží pro příjem a řešení žádostí o vyjádření k existenci sítí, je součástí řešení pro majetkoprávní vypořádání (VEBR+) a slouží také k zobrazování nonGIS dat nad zařízeními.



Obrázek 3:92 Mapové okno Geoportálu

Od roku 2019, kdy byl nasazen nový dispečerský systém pro řízení sítí NN, jsou zdrojová data s jednopólovými, polohově orientovanými schématy sítí NN, přenášena každodenně do dispečerského řídicího systému a jsou tak k dispozici nejen provozním technikům, ale i dispečerům.



Obrázek 3:93 Ukázka části provozního schématu sítí NN

Pro tým SDG je klíčová tvorba, údržba a aktualizace dat GIS. Tato činnost zahrnuje kontrolu předávané dokumentace skutečného provedení staveb od externích zhotovitelů a vyhodnocování kvality zpracování dat (zadávaní zakázek pro zpracování, přebírání a kontrola zpracovaných dat). Dále tým SDG připravuje data pro různé druhy kampaní, např. na zpřesňování polohy sítí. Neméně důležitou činností je průběžná aktualizace dat na základě přenášovaných informací z portálu údržby. Z portálu údržby se přenáší do Aplikace Pro Evidenci Změn (APEZ) každodenním rozhraním informace od pracovníků z terénu, kteří pomocí tabletu zaznamenávají případné nesoulady dat v GIS se stavem v terénu. Z portálu údržby se také pravidelně přenášejí informace o provedených opravách a o provedených údržbových zakázkách. V aplikaci APEZ jsou evidovány veškeré změny dat v GIS, včetně potřebných příloh, např. fotografií, potřebných pro úspěšnou aktualizaci dat GIS.

Dále tým SDG zajišťuje mimo jiné i tyto činnosti:

- Správu metodik tvorby dat v GIS:
Definování pravidel pro prvotní tvorbu a aktualizaci digitálních dat v GIS pro oblasti elektro a plyn, s ohledem na potřeby uživatelů, legislativy a systémů, které data využívají. Správou metodiky se rozumí i její aktualizace a doplňování dle platného datového modelu GIS a funkcností.
- Proces čištění dat:
 - Zajištění provádění systematického čištění dat v GIS v návaznosti na výstupy z procesu vyhodnocování kvality dat.
 - Zajištění ad-hoc verifikace dat dle potřeb a zadání.
- Poskytování dat GIS: Koordinace zajištění ad hoc výstupů z DB GIS pro interní/externí žadatele.
- Koncepce nových forem dokumentace: Analýza využití a přínosů nových forem dokumentace, definice koncepce jejich správy se zajištěním návazností a integrity se stávající dokumentací sítí a systémy.

3.12 ŘÁD PREVENTIVNÍ ÚDRŽBY

Revize elektrických zařízení (současně i revize všech vyhrazených technických zařízení) představují nedílnou a důležitou součást hlavních aktivit rozvodných energetických společností. Jejich základním posláním je bezpečná a spolehlivá distribuce elektřiny a poskytování souvisejících služeb zákazníkům na území vymezeném v licenci a plnění dalších úkolů vyplývajících ze zákona číslo 458/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů, tj. "Zákona o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)".

Základní technickou normou pro provádění revizí elektrických zařízení a zařízení pro ochranu před účinky atmosférické a statické elektřiny (dále jen elektrických zařízení), je ČSN 33 1500 "Revize elektrických zařízení". Při tvorbě normy byla jako cílový stav stanovena bezpečná funkce elektrických zařízení podmíněná pravidelnou a odbornou údržbou s posílením úlohy výchozích revizí.

Nařízení vlády č. 190/2022 Sb. o vyhrazených technických elektrických zařízeních a požadavcích na zajištění jejich bezpečnosti definuje v § 3 vyhrazená elektrická zařízení. Zákonem č. 250/2021 Sb. o bezpečnosti práce v souvislosti s provozem vyhrazených technických zařízení, je v § 21 odst. 1 zákona uloženo organizaci provozující zařízení (dále jen provozovateli) zajistit v rámci preventivní údržby vykonání předepsaných kontrol zařízení (revize, zkoušky, prohlídky apod.) se zřetelem k podmínkám, za nichž je zařízení provozováno.

Zákon 458/2000 Sb. ukládá v § II, odst. I pod bodem c) držitelům licence povinnost zajistit, aby technická zařízení, používaná k výkonu licencované činnosti, splňovala požadavky bezpečnosti a spolehlivosti, stanovené právními předpisy a technickými normami.

Obdobná povinnost, tedy udržovat odběrné elektrické zařízení ve stavu, který odpovídá technickým normám a právním předpisům je uložena i oprávněnému zákazníkovi v § 28 a chráněnému zákazníkovi v § 29 zákona číslo 458/2000 Sb.

Norma ČSN 33 1500 rozeznává tři druhy revizí — výchozí, pravidelné a mimořádné. Účelem revize elektrických zařízení je ověřování jejich stavu z hlediska požadavků základní bezpečnosti, které jsou na ně kladeny, tj. zda je zajištěno, že osoby, užitková zvířata a majetek budou přiměřeně chráněny před nebezpečími, která mohou elektrická zařízení (za stanovených podmínek provozu) elektrickým proudem, napětím nebo jevy vyvolanými účinky elektřiny způsobovat.

Text současného znění článku 3.2 ČSN 33 1500, který vstoupil v platnost vydáním změny ČSN 33 1500 (změna Z2) v dubnu 2000 stanovuje:

"V distribuční a přenosové soustavě dodavatele elektrické energie se nemusí provádět pravidelné revize, pokud bezpečnost elektrických zařízení je zajišťována pravidelnými kontrolami a údržbou podle řádu preventivní údržby".

Již předchozí — původní znění článku 3.2 (článek nezahrnoval spínací stanice VN, transformovny VN/NN a transformovny VVN/VN) zavedlo pojem "Řád preventivní údržby", definovaný jako předpis organizace pro provádění preventivní údržby elektrického zařízení, obsahující způsob, lhůty a další nezbytné náležitosti zabezpečující provádění vlastní preventivní údržby. Preventivní údržbou se pak rozumí souhrn činností, zaměřený na udržení provozu schopného a bezpečného stavu elektrického zařízení.

To znamená, že řád preventivní údržby musí stanovit lhůty a způsob provádění pravidelných kontrol (kontrola elektrického zařízení je činnost, při které se zjišťuje stav elektrického zařízení prohlídkou, zkoušením, měřením apod.). V případech prodloužení lhůt pravidelných revizí dle článku 3.3 normy stanovuje řád preventivní údržby i lhůty pravidelných revizí a způsob evidence jejich výsledků.

3.12.1 JAK JE PRAVIDELNÁ ÚDRŽBA ORGANIZOVÁNA

Informace o geopruku

- ☒ EG.D Elektro
- ☒ Optické sd. vedení
- ☒ Úsek vedení VVN

Napetová_hladina	VVN
Provozní_napeti	110 kV
Císlo_vedení	V501
Druh_vedení	Nadzemní vedení - holé
Typ	
Material	AL1/ST1A
Prurez_vodice	184/30
Delka_z_grafiky_m	6645.14
Rok_vystavby	1936
Vlastnictví	Vlastní
Presnost_zakresu	Přibližný zakres
Inventurní_císlo	1000005959
Nazev_oblasti_RS	VVNVYCHOD
Udrzbu_provadi	
Nazev_oblasti_adresace_VVN_OS/SUZ	

Tisk OK

190

Technické místo Zpracování Skok Dodatky Strukturování Prostředí Systém Nápověda

Zobrazení tech.místa: Kmenová data

Přehled tříd Body měření/čítače Původ dat...

Technické místo: CTS-703883 Typ: D Distribuce - Elektřina

Označení: České Budějovice: 464 Uzeniny Novák

Status: ZLOŽ

Všeobecně **Stanoviště** Struktura Rozšíření Ostatní

Data stanoviště

Místní závod: 4060 E.ON Distribuce a.s.

Stanoviště:

Místnost:

Oblast podniku:

Pracoviště: ES-CB-CB České Budějovice

Zn.anal.ABC:

Třídící pole: 1025114371/323

Kompetence

Plánovací závod: 4060 E.ON Distribuce a.s.

Plánov.skupina: ECC RS Č Budějovice

Odpov.Pracoviš: EC-CB-CB / 4060 České Budějovice

Schéma výkazu:

Následně systém dle druhu technického místa přiřadí předem definované druhy činností včetně jejich period.

Seznam Zpracování Skok Nastavení Systém Nápověda

Seznam plánů a položek údržby

Generování zakázek Smazání PU Obnovení PU Výměna TM v PPÚ Simulace rozvžení Zobrazení GIS Seznam zakázek

Syst.status	Plán údržby	PPÚ	Odpov.prac.	Technické místo	Datum startu plánu	Odv. za ...	Odv. za 2R	Dat.odv.	Návod	Čítač ná...	Název návodu
OTEV	CE10349357	EC-CB-CB		CTS-703883	01.01.2016	NE	NE	01.01.2024	CE3TS41B	4R	TSN vnitřní - Termovize:VN SF6
OTEV	CE10349565	EC-CB-CB		CTS-703883	01.01.2016	ANO	ANO	01.01.2021	CE1TS41B	1R	TSN vnitřní-Prohlídka za prov:VN SF6
OTEV	CE10349566	EC-CB-CB		CTS-703883	01.01.2016	NE	NE	01.01.2024	CE2TS91C	4R	TSN vnitřní - BÚ za vyp: VN SF6

Hlavní technik provozu a údržby z týmu Řízení provozu každoročně generuje prostřednictvím modulu SAP PM plán ŘPÚ pro následující kalendářní rok. Jedná se o kompletní seznam zakázek s popisem požadovaných činností.

Sgznam

Zpracování

Skok

Nastavení

Systém

Nápověda

Tento seznam se následně přenese do „Portálu údržby“ (PUD a mPUD), což je elektronický nástroj, umožňující koordinátorům údržbu rozplánovat, zadat a vykázat.

Čeká se na odpověď ze x

https://pud.apps.eon.com/pud/index.php/PU002

Odhlásit

RPÚ

Běžné opravy

Kalkulace

mPUD

Rozpočet a fakturace

Pomocné

Portál údržby

PROD-C: Kilmes (33414, ECZR)

PU002 - Plán preventivní údržby

Region

České Budějovice

Rok

2020

Skupina zařízení

Vybráno 1 z 6

Zobrazit

Podle čísla

Přehled plnění

Oblast

Blansko

☐ Zobrazit stornované zakázky

Plánované akce preventivní údržby - region České Budějovice

Základní nastavení

Uložit nastavení

Z.	P.	D.	Č.	D.	Číslo real. zakáz...	Popis real. zakázky	Status	Skupina zařízení	Název zařízení I.	Název zařízení II.	Uživ. ident.	Plán. datum	
					2464	016001371670	České Budějovice_České Budějovice_České Budějovice_VN_DT...	Odsouhlaseno	Transformovny VNNN...	České Budějovice, TS.10017...	Světlik statek	betonová třísloupová, Vlastní, I...	1.1.2020
					3460	016001371668	České Budějovice_Český Krumlov_VN_DTS_Prohlídka za provozu	Zadáno	Transformovny VNNN...	Holubov, TS.702318	Grafobal	bloková BETONBAU, Společná, I...	1.1.2020
					3460	016001371664	České Budějovice_Český Krumlov_VN_DTS_Prohlídka za provozu	Zadáno	Transformovny VNNN...	Lipno nad Vltavou, TS.705578	Benzina	bloková BETONBAU, Vlastní, I S...	1.1.2020
					3460	016001371662	České Budějovice_Český Krumlov_VN_DTS_Prohlídka za provozu	Zadáno	Transformovny VNNN...	Český Krumlov, TS.700607	Domoradice Tesco	zděná přízemní, Vlastní, I Č.Kru...	1.1.2020
					3460	016001371658	České Budějovice_Český Krumlov_VN_DTS_Prohlídka za provozu	Zadáno	Transformovny VNNN...	Český Krumlov, TS.702656	Domoradice SET 400	zděná městská, Společná, I Č.Kr...	1.1.2020
					3460	016001371655	České Budějovice_Český Krumlov_VN_DTS_Prohlídka za provozu	Zadáno	Transformovny VNNN...	Zátoň, TS.705908	Zátoň U mostu	bloková BETONBAU, Vlastní, N/...	1.1.2020
					3460	016001371652	České Budějovice_Český Krumlov_VN_DTS_Prohlídka za provozu	Zadáno	Transformovny VNNN...	Věštní, TS.10042058	učiliště	bloková ELTRAF, Vlastní, I Plan...	1.1.2020
					3460	016001371647	České Budějovice_Český Krumlov_VN_DTS_Prohlídka za provozu	Zadáno	Transformovny VNNN...	Staré Dobrkovice, TS.100440...	bytovky	bloková ELTRAF, Vlastní, I Kru...	1.1.2020
					3460	016001371644	České Budějovice_Český Krumlov_VN_DTS_Prohlídka za provozu	Zadáno	Transformovny VNNN...	Frymburk, TS.10044124	RD	bloková ELTRAF, Vlastní, N/A, v...	1.1.2020
					3460	016001371640	České Budějovice_Český Krumlov_VN_DTS_Prohlídka za provozu	Zadáno	Transformovny VNNN...	Horní Planá, TS.10042183	Jenišov Albatros	bloková ELTRAF, Vlastní, N/A, v...	1.1.2020
					3460	016001371635	České Budějovice_Český Krumlov_VN_DTS_Prohlídka za provozu	V realizaci	Transformovny VNNN...	Nová Ves, TS.10015230	JZD	příhradová, Vlastní, I Rájev, v Č.L...	1.1.2020
					2724	016001371632	České Budějovice_Český Krumlov_Kaplice_VN_DTS_Prohlídka...	Zadáno	Transformovny VNNN...	Pohoří na Šumavě, TS.705633	Obec	betonová jednosloupová, Vlastní...	1.1.2020
					2724	016001371628	České Budějovice_Český Krumlov_Kaplice_VN_DTS_Prohlídka...	Zadáno	Transformovny VNNN...	Buchovice, TS.705138	Buchovice Samoty	betonová jednosloupová, Vlastní...	1.1.2020
					3460	016001371351	České Budějovice_Český Krumlov_VN_DTS_Prohlídka za provozu	Zadáno	Transformovny VNNN...	Chlum, TS.960522	pekárna	betonová třísloupová, Vlastní, I...	1.1.2020

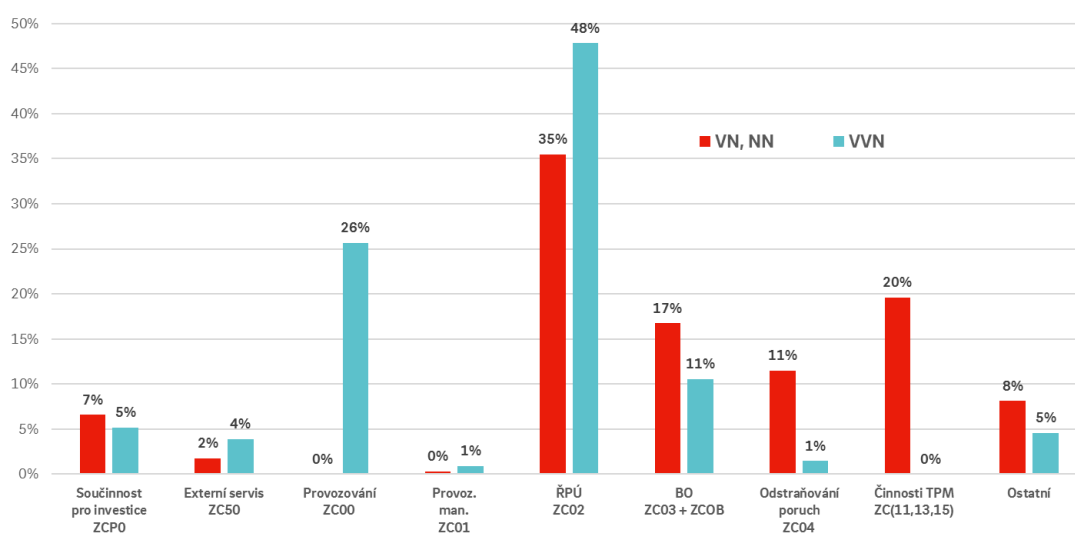
Montéři pomocí tohoto nástroje po vykonání požadovaných činností zaevidují provedené výkony, vytvoří požadované dokumenty o provedené údržbě a pořídí případnou fotodokumentaci. Poté je zrealizovaná zakázka odeslána zpět do prostředí SAP PM, kde ji technik provozu a údržby zkontroluje, odsouhlasí a uzavře, eventuálně ji vrátí zpět k doplnění.

Velmi důležitou částí pravidelné údržby jsou takzvané pochůzky a lezecké revize na venkovním vedení VN a VVN. Některá vedení prochází horskými oblastmi, lesními průseky, přechází přes řeky a hluboká údolí a příjezd a přístup k nim je velmi obtížný. Pro ulehčení této fyzicky velmi náročné práce začínají naši montéři využívat i tu nejmodernější techniku — drony.

ŘPÚ je jedním z nejdůležitějších předpisů v rámci údržby. Níže uvedený Graf 3 porovnává časovou náročnost (vykázané hodiny montérů) provádění vybraných typů činností pro montéry z oblasti Provoz sítí VVN x Provoz sítí VN, NN (celkový časový fond očištěn o režijní položky včetně školení). Je vidět, že pro montéry VN, NN se rovná o 35 % jejich pracovní kapacity, pro montéry VVN dokonce o 48 % činnosti.

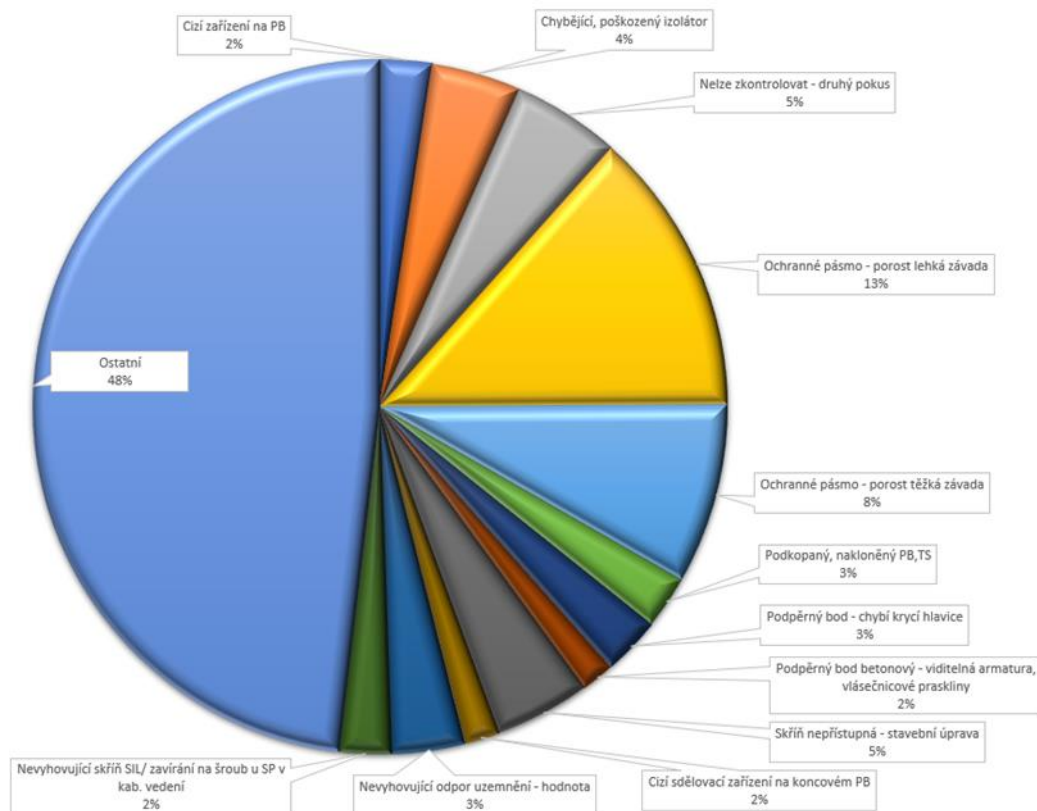


Obrázek 3:94 Použití dronu při kontrole vedení 110 kV



Graf 2 Poměr rozložení provozních činností

Od roku 2017 se v oblasti VN, NN používá při realizaci ŘPÚ tabletů. V případě nalezení nedostatků vznikají tzv. zjištění, se kterými se následně pracuje v systémech PUD (závada klasifikace I) a SAP PM. Zjištění slouží jako stěžejní podklad pro plánování oprav nebo pro obnovu distribučního zařízení v dané lokalitě (investiční akce).



Graf 3 Druhy závad za rok 2022

Z výše uvedeného grafu za rok 2022 je patrné, že na hladině VN, NN bylo cca 50 % všech sebraných zjištění/závad tvořeno pouhými 12 druhy zjištění.

3.13 REVIZE – ZÁSADY, OBSAH RZ, MĚŘICÍ PŘÍSTROJE

Základní normou pro provádění revizí je ČSN 33 1500 a ČSN 33 2000-6.

Obecně lze rozdělit revize u elektrických zařízení na:

- výchozí,
- pravidelné,
- mimořádné.

V případech, kdy nelze využít ustanovení článků 3.2 nebo 3.3 ČSN 33 1500 (viz kapitola 3.1.1 normy) se musí provádět pravidelné revize v termínech, stanovených touto normou. Výstupem každé revize je tzv. **revizní zpráva**, kterou zpracuje **revizní technik** s odbornou způsobilostí dle § 8 NV 194/2022 Sb. na základě **provedené prohlídky, kontroly a měření** daného zařízení.

3.13.1 DRUHY REVIZÍ

3.13.1.1 VÝCHOZÍ REVIZE

Provádí se u nových EZ uváděných do provozu. Tato revizní zpráva se uchovává po celou dobu životnosti EZ.

3.13.1.2 PRAVIDELNÁ REVIZE

Jedná se o revizi, která se provádí v pravidelných časových intervalech dle typu EZ. Revizní zpráva se uchovává do doby konání další revize.

3.13.1.3 MIMOŘÁDNÁ REVIZE

Tuto revizi si může vyžádat provozovatel daného EZ. Důvodem může být např. nesouhlas s výsledkem stávající revize. Mimořádnou revizi může provést např. i revizní technik TIČR v rámci prováděné kontroly u provozovatele EZ.

3.13.2 OBSAH RZ A POUŽÍVANÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE

3.13.2.1 OBSAH REVIZNÍ ZPRÁVY

Velmi důležitou součástí revizní zprávy je např. soupis elektrických zařízení, která byla kontrolována, a datum, případně i čas, kdy byla revize daného elektrického zařízení provedena. Dále je součástí zprávy např. velikost změřené impedance poruchové smyčky sítě, velikost izolačních, zemních a přechodových odporů daných zařízení, rychlost reakce jednotlivých jisticích přístrojů atd. Do revizní zprávy se musí uvést, že dané **„elektrické zařízení je/není z hlediska bezpečnosti schopno provozu“**.

Pokud jde o starší typ elektrického zařízení, které neodpovídá současně platným normám, ale dle původních norem, podle kterých bylo instalováno, je v pořádku, znamená to, že dané elektrické zařízení je způsobilé pro provoz. Do revizní zprávy se musí uvést, podle kterých norem bylo zařízení revidováno.

Tabulka 3:3 Tabulka hodnot izolačních odporů v domovních instalacích

Jmenovité napětí obvodu [V]	Zkušební DC napětí [V]	Izolační odpor [MΩ]
SELV a PELV	250	≥0,5
Do 500 V včetně (včetně FELV)	500	≥1,0
Nad 500 V	1000	≥1,0

3.13.2.2 MĚŘICÍ PŘÍSTROJE

Měření se provádí revizním přístrojem, který dle druhu revize a revidovaného zařízení může obsahovat různý počet funkcí, mezi které patří i software pro tvorbu revizní zprávy.



Obrázek 3:95 Starší typ revizního přístroje určený k revizím elektrických instalací PU 195



Obrázek 3:96 Novější typ revizního přístroje MPI 530²⁵

3.13.3 REVIZE A KONTROLY ELEKTRICKÝCH SPOTŘEBIČŮ

Od každého elektrického spotřebiče musí být k dispozici návod výrobce a osoby, které je používají, musí být s tímto návodem prokazatelně seznámeny. Postup revizí a kontrol elektrických spotřebičů stanovuje ČSN 33 1600.

3.13.3.1 ROZDĚLENÍ ELEKTRICKÝCH SPOTŘEBIČŮ PODLE UŽÍVÁNÍ

- A** spotřebiče poskytované formou pronájmu dalšímu provozovateli nebo přímému uživateli.
- B** spotřebiče používané ve venkovním prostoru (na stavbách, při zemědělských pracích atp.).
- C** spotřebiče používané při průmyslové a řemeslné činnosti ve vnitřních prostorách.
- D** spotřebiče používané ve veřejně přístupných prostorách (školy, obchody atp.).
- E** spotřebiče používané při administrativní činnosti.

3.13.3.2 OSOBY ODPOVĚDNÉ ZA ZAJIŠTĚNÍ KONTROL, ZKOUŠEK A REVIZÍ

Kontroly nepřípevněných elektrických spotřebičů provádí jejich **uživatel před jejich použitím**.

Opakované kontroly, opakované zkoušky a revize nepřípevněných elektrických spotřebičů zajišťuje jejich provozovatel (či dlouhodobý uživatel) při každé předpokládané nebo zjištěné závadě, a dále pravidelně ve lhůtách dle tabulky níže. Dále se revize provádí vždy po provedené opravě spotřebiče. Pokud je frekvence používání spotřebiče neobvykle

²⁵ <https://www.revizeshop.cz/SONEL-MPI-530-multi-functional-instrument>

vysoká, je nutné lhůty individuálně zkrátit. Je také nutno ověřit, zda výrobce nestanovuje pro provádění opakovaných kontrol, zkoušek a revizí lhůty kratší.

3.13.3.3 LHŮTY OPAKOVANÝCH ZKOUŠEK A REVIZÍ

Tabulka 3:4 Lhůty opakovaných zkoušek a revizí dle ČSN 33 1600 (Změna Z2)

Skupina elektrických spotřebičů	Třída ochrany	Opakovaná zkouška spotřebiče		Opakovaná revize spotřebiče	
		Nepřípevněné elektrické zařízení držené v ruce ^{a)} (viz 3.2.4 a 3.2.5 normy)	Ostatní nepřípevněné elektrické zařízení (viz 3.2.2 normy)	Nepřípevněné elektrické zařízení držené v ruce ^{a)} (viz 3.2.4 a 3.2.5 normy)	Ostatní nepřípevněné elektrické zařízení (viz 3.2.2 normy)
A		Před vydáním provozovateli nebo uživateli		Podle skupiny jejich užívání	
B	I	1x za 3 měsíce	1x za 6 měsíců	1x za 12 měsíců	1x za 24 měsíců
	II, III	1x za 6 měsíců	1x za 6 měsíců	1x za 24 měsíců	
C	I	1x za 6 měsíců	1x za 24 měsíců	1x za 24 měsíců	1x za 96 měsíců
	II, III	1x za 12 měsíců	1x za 24 měsíců	1x za 48 měsíců	
D	I, II, III	1x za 12 měsíců	1x za 24 měsíců	1x za 48 měsíců	1x za 96 měsíců
E	I, II, III	1x za 12 měsíců	1x za 24 měsíců	1x za 48 měsíců	
a) Zahrnuje i elektrické ruční nářadí — viz poznámka 1 k článku 3.2.5 normy.					
POZNÁMKA: V případě souběhu termínů pro opakované zkoušky a opakované revize jsou provedením opakované revize splněny také požadavky na provedení opakované zkoušky. Při provádění opakované revize se zároveň provede opakovaná zkouška.					

Změna Z2 ČSN 33 1600 k tabulce dále uvádí řadu doplňujících poznámek.

3.13.3.4 ROZSAH KONTROL, ZKOUŠEK A REVIZÍ

Postup provádění kontrol, opakovaných zkoušek a revizí, včetně požadavků na použité měřicí přístroje, stanovuje ČSN 33 1600. Norma také uvádí, jaké doklady musí být o jejich provedení vystaveny.

3.13.3.5 IZOLAČNÍ ODPOR SPOTŘEBIČŮ

Minimální povolené hodnoty izolačního odporu podle ČSN 33 1600 jsou stanoveny podle druhu izolace:

- 2 MΩ pro základní izolaci,
- 5 MΩ pro přídatnou izolaci,
- 7 MΩ pro zesílenou izolaci.

Tabulka 3:5 Izolační odpory el. spotřebičů

Spotřebič třídy ochrany	Izolační odpor spotřebičů		
	Držených za provozu v ruce [MΩ]	Ostatních	
I	2	Tepelné s příkonem nad 3,5kW	0,3*
		Ostatní	1
II	7 (pro svítidla stačí 4)	2	
III	0,25	0,25	

* / Užití těchto spotřebičů se předpokládá jen ve vnitřním prostoru s vnějšími vlivy pro prostor normální. Uvedená podmínka, že izolační odpor těchto spotřebičů nesmí být menší než 0,3 MΩ, nemusí být splněna, pokud tyto spotřebiče splňují podmínku pro mezní hodnotu proudu protékajícího ochranným vodičem podle čl. 6.6 normy. Pak se tyto spotřebiče považují za vyhovující.

Prodlužovací a odpojitelné příводы mají mít mezi žilami, resp. žilami a pláštěm, pokud je vodivý, izolační odpor minimálně 7 MΩ.

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Co je výsledkem revize?
2. Kdo provádí revizi?
3. Jaké znáte základní typy revizí?
4. Podle jaké normy se provádí revize elektrických spotřebičů?
5. Jaké hlavní úkony se při revizi provádí?
6. Kdo je odpovědnou osobou za provedení revize?
7. Jaké druhy spotřebičů rozlišujeme dle užívání?
8. V jakých jednotkách se určuje izolační odpor?

3.14 KVALITA DODÁVKY ELEKTŘINY

Elektřina, tak jako každé jiné zboží, musí být zákazníkovi dodávána v předepsané kvalitě. Touto problematikou se v naší společnosti zabývá oddělení Kvality dodávky energií, mezi jehož další činnosti patří řešení distribučních stížností, reporting výpadků v dodávce energie na ERÚ, stanovování a kontrola dodržování cílů pro hodnoty SAIDI a SAIFI apod.

3.14.1 SOUVISEJÍCÍ NEJDŮLEŽITĚJŠÍ LEGISLATIVA

3.14.1.1 ENERGETICKÝ ZÁKON

Zákon 458/2000 Sb. „o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)“ uvádí, že provozovatel distribuční soustavy (PDS) má právo přerušit nebo omezit v nezbytném rozsahu dodávku elektřiny odběratelům při odběru elektřiny zařízeními, která ovlivňují kvalitu napětí v neprospěch ostatních odběratelů. V praxi to znamená, že není automatický nárok na připojení určitého odběrného zařízení do požadovaného místa distribuční sítě (DS). Na druhou stranu je PDS povinen připojit k distribuční soustavě zařízení každého, kdo o to příslušným způsobem požádá a splňuje podmínky připojení. Je tedy třeba s ohledem jak na požadavky zajištění potřebné kvality napětí, tak na potřeby zákazníka volit vhodné místo připojení, aby byla zajištěna požadovaná kvalita napětí a nemusely být případně za její nedodržení ze strany distributora vypláceny zákazníkům sankce nebo slevy z platby za elektřinu. V případě zjištění nekvalitní dodávky v DS pak v praxi vzniká problematika určení odpovědnosti za její nedodržení. Nekvalitu napětí může způsobovat odběratelské zařízení svými nepřipustnými zpětnými vlivy na síť, ale může být způsobena i nedostatečným zkratovým výkonem v místě připojení, tedy vinou distributora elektřiny. Obecně pak Energetický zákon ukládá PDS povinnost dodržovat parametry kvality dodávek.

3.14.1.2 VYHLÁŠKA Č. 540/2005 SB.

Vyhláška o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice stanovuje v §8 standard kvality napětí, kterým se rozumí distribuce elektřiny s odpovídajícími parametry velikosti a odchylky napájecího napětí a frekvence, které jsou v souladu s Pravidly provozování distribučních soustav nebo s parametry napětí a frekvence, sjednanými ve smlouvě mezi konečným zákazníkem a PDS.

3.14.1.3 PRAVIDLA PROVOZOVÁNÍ DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY (PPDS)

PPDS vytváří jednotlivé energetické subjekty podnikající v distribuci elektrické energie. Jsou schvalovány Energetickým regulačním úřadem a navazují na Pravidla provozování přenosové soustavy.

PPDS:

- stanovují minimální technické, plánovací, provozní a informační požadavky pro připojení uživatelů k DS,
- poskytují komplexní informace bez nutnosti pracovat s mnoha souvisejícími právními, technickými a dalšími podklady,
- stanovují základní pravidla, zajišťující spolupráci a koordinaci mezi jednotlivými účastníky trhu s elektřinou.

PPDS Příloha 3 — vychází z Energetického zákona 458/2000 Sb. a z vyhlášky 540/2005 Sb., které definují kvalitu elektřiny, její parametry a podmínky pro její dodržování uživateli

DS. Dalším cílem PPDS je určit způsob zjišťování jednotlivých parametrů a stanovit požadavky na měřicí soupravy pro jejich měření. Jednotlivé uvedené charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné DS vycházejí z normy ČSN EN 50 160.

PPDS Příloha 4 — shrnuje hlavní hlediska, na která je zapotřebí brát zřetel při připojování výroby elektřiny do sítě nn, vn nebo vvn PDS. Slouží proto stejně pro PDS i pro výrobce elektřiny.

3.14.1.4 NORMA ČSN EN 50160

Norma ČSN EN 50160 „Charakteristiky napětí dodávané z veřejné distribuční sítě“ uvádí hlavní charakteristiky napětí z veřejných DS nn, vn a vvn za normálních provozních podmínek. Norma se nevztahuje na mimořádné provozní podmínky, zahrnující zejména podmínky vzniklé jako výsledek poruch nebo dočasného zapojení sítě pro napájení odběratelů během údržbových a výstavbových prací nebo při minimalizaci rozsahu a trvání ztráty napájení a ve výjimečných situacích, na které nemá PDS vliv (mimořádné povětrnostní podmínky, vyšší moc, ...).

3.14.2 PRŮBĚH MĚŘENÍ KVALITY ELEKTRICKÉ ENERGIE

Potřeba měření kvality elektrické energie může být vyvolána několika způsoby (stížnost zákazníka na kvalitu elektrické energie, podklady pro plánovanou rekonstrukci DS, požadavek na navýšení nebo změnu charakteru odběru u zákazníka, měření stanovená dle PPDS nebo pravidelné roční kampaně atd.)

Samotné měření probíhá kvalitoměry s třídou přesnosti „A“. V současné době většina měření probíhá přístroji Fluke 1744 nebo MEG 38/C. Všechny přístroje umožňují přímé měření napětí na hladině nn, případně měření na výstupu z napěťových transformátorů na hladinách vn a vvn.



Obrázek 3:97 Fluke 1744



Obrázek 3:98 MEG 38/C

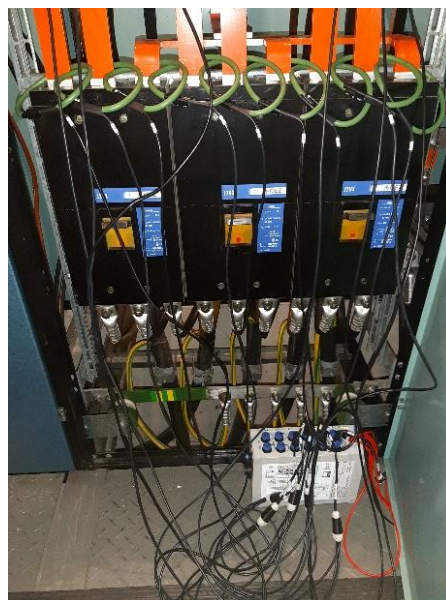
Dle normy pro měření kvality elektrické energie je požadováno měření pouze jednotlivých napětí (vyhodnocení odchylek napětí a frekvence). Při následném vyhodnocení a posouzení zpětných vlivů odběratele je měření pouze napětí nedostatečné. Bez osazení proudových sond a jejich správné orientace (šipky na sondách odpovídají směru odběru elektrické energie z DS) nelze následně správně stanovit, zda problémy vznikají v OM nebo se přenášejí z jiné části DS. Proto pokud je to technicky možné, proudy se dají osadit i na vstupy/výstupy z elektroměru, je požadováno měřit obě veličiny, tj. napětí i proud. Nikdy dopředu nevíme, kdy pro posouzení měření budou hodnoty proudů potřeba.

3.14.3 PRŮBĚH MĚŘENÍ ZATÍŽENÍ V DS — MEG 37

Pro měření zatížení DS jsou určeny přístroje MEG 37. Jedná se o vícekanálové zařízení, které umožňuje měření jednoho 3f napětí, jedné hlavní sady proudů (hl. jistič v DTS nebo přívod do kabelové skříně) a následně až 7 dalších trojic proudů. Lze tak jedním přístrojem změřit celkové zatížení DTS (distribuční trafostanice), i jednotlivých vývodů. Měření přístroji se používá jako podklad pro plánovanou rekonstrukci DS, zjištění volné kapacity před připojením nového zákazníka apod.



Obrázek 3:99 Měření kvality elektrické energie



Obrázek 3:100 Měření zatížení v DS

3.14.4 PORUCHY, KUMULACE PORUCH, SAIDI A SAIFI

Zde se jedná o několik oblastí, které jsou spolu velmi úzce provázané a závisí jedna na druhé.

SAIDI (průměrná systémová doba trvání přerušení dodávky elektrické energie na 1 OM/rok) a **SAIFI** (průměrná systémová četnost přerušení dodávky elektrické energie na 1 OM/rok)

Do těchto parametrů vstupují jak poruchy, tak i plánované odstávky. Proto je potřeba brát zřetel na jejich plánování a případně koordinovat více prací současně při jednom plánovaném bezproudí v dané lokalitě.

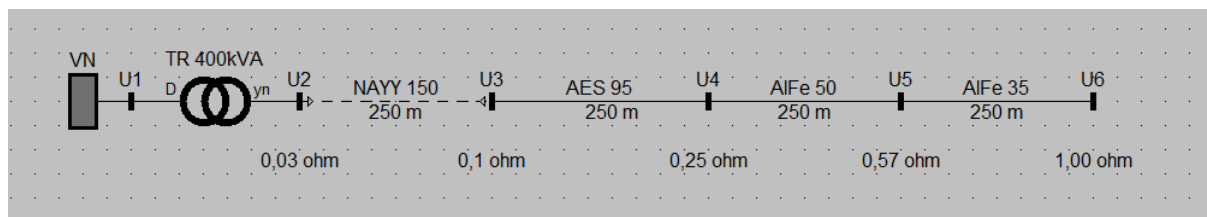
3.14.4.1 SPRÁVNÉ ZAŘAZENÍ PORUCHY V OMS

Poruchy se pro účely reportování dělí do několika kategorií, jsou dvě hlavní kategorie (11 – bez cizího zavinění a 12 – s cizím zaviněním). Poruchy kategorie 11 vstupují následně do celkového hodnocení SAIDI a SAIFI, které má na každý rok stanovený plán, který je potřeba dodržet (v případě překročení plánu → pokuta; v případě snížení hodnot pod plán → odměna, oboje v řádu až desítek milionů Kč). Je proto např. důležité, udržovat ochranná pásma kolem vedení a následně u poruchy stanovit, zda např. strom byl v OP nebo mimo něj (dokládá se fotografií v PUD). Pokud není možné dokázat cizí zavinění u poruchy (strom mimo OP, překopnutí kabelu, ...), porucha se bere za kategorii 11, tj. naším zaviněním.

3.14.4.2 KUMULACE PORUCH

V případě naplnění několika kritérií (výrazně větší počet poruch v DS, výskyt mimořádné události hlášený ČHMÚ) je možné zjevně související poruchy vyřadit z kategorie 11 a přiřadit jim kategorii 16, která je určena pro kalamitní stavy a tyto poruchy opět nevstupují do celkového hodnocení SAIDI a SAIFI. Pro správné určení je opět potřeba, i v době odstraňování kalamitní situace, dodržet správné hlášení a zapsání poruch v OMS, aby bylo přesně popsáno, co se stalo, co poruchu zavinilo, na jakém zařízení byla, aby pak bylo následně možné tyto poruchy z hodnocení SAIDI a SAIFI vyjmout.

3.14.5 IDENTIFIKACE ŠPATNÝCH PROUDOVÝCH SPOJŮ V SÍTÍCH NN



Identifikace špatného proudového spoje je možná dvěma způsoby. V případě většího zatížení pomocí termokamery (rozváděč nn, kabelová skříň nebo svorka na vedení). V daném místě je větší přechodový odpor, dochází k většímu úbytku napětí a daná součástka se zahřívá více než okolní.

Druhou možností je kontrolní měření impedance poruchové smyčky sítě L-PEN, kdy v ideálním stavu je impedance všech tří fází vůči PEN vodiči stejná. A velikost impedance roste pozvolna směrem od DTS na základě délek a průřezů použitých vodičů. Postupný nárůst impedance je patrný z obrázku nad textem.

Pokud je v jedné skříni (např. U4) zjištěna hodnota impedance 0,25 Ω a v sousední (U5) bude 1,5 Ω nebo i vyšší hodnota, značí to problém, který je potřeba řešit. Ideální je mít při kontrole výpočet několika bodů v dané síti a ty pak pouze ověřovat, ale výraznější problémy lze identifikovat i postupným měřením směrem od DTS ke konci sítě. Obecně lze říci, že pokud není měření prováděno na konci dlouhého venkovního vývodu, tak hodnota nad 2 Ω už by měla být podezřelá.

Skoková změna impedance je pouze u jedné (max. dvou fází) → došlo k vytvoření přechodového odporu na fázovém vodiči (nedotažený spoj, špatný proudový spoj, napálený AlFe vodič s poškozením vodivé hliníkové vrstvy).

Skokové změna impedance u všech třech fází → došlo k vytvoření přechodového odporu na nulovém vodiči, případně může být nulový vodič v síti přerušen úplně.

3.14.6 NASTAVOVÁNÍ NAPĚTÍ V DTS

Napětí v DTS by se mělo za stavu při vypnutém hl. jističi nn pohybovat od 230 do 244 V. Pokud nelze změnou odbočky dosáhnout těchto mezí napětí, je nastavena krajní odbočka a je kontaktován příslušný technik Správy sítě. Napětí v DS není konstantní a není tudíž objektivní provést vyhodnocení na základě měření pouze pomocí voltmetru a v jednom okamžiku, a pak rozhodnout, zda je odbočka TR nastavena správně nebo ne.

Zjištění v DS, při výjezdu na poruchové hlášení od zákazníka „podpětí nebo přepětí v DS“:

- montér přijede na místo a změří napětí v rozsahu 207 V (90 % U_n) – 253 V (110 % U_n) → dovolené napětí, vše v pořádku,
- montér na místě změří napětí vyšší než 253 V ($> 110 \% U_n$) a ostatní fáze mají více než 213 V → provede regulaci napětí „na poruchu“ o 1 odbočku (snížení napětí v DS),
- montér na místě změří napětí v rozmezí 195,5 až 207 V → zákazníkovi je sděleno, že v 5 % času (za interval posouzení 1 týden) je dle normy ČSN EN 50160 dovoleno napětí nižší než 207 V a pro objektivní posouzení bude na jeho odběrném místě provedeno kontinuální měření kvality elektrické energie,
- montér na místě změří napětí nižší než 195,5 V (pokud je takto nízké napětí poblíž DTS v jedné nebo ve dvou fázích, může se jednat o poruchu vn pojistky) → pokud je vn pojistka v pořádku, odbočka se nereguluje a je nahlášen požadavek na měření kvality elektrické energie.

Měření kvality elektrické energie je možné provést vždy, kdy napětí v síti vykazuje „nestandardní hodnoty“. Specifickým případem jsou dlouhá venkovní vedení, která jsou zatížena jednofázovým odběrem. Zde může současně docházet k PODPĚTÍ v jedné fázi a PŘEPĚTÍ v ostatních fázích. Tento stav je řešitelný pouze snížením impedance smyčky, tj. posílením sítě a regulace odbočkou transformátoru zde může stav naopak ještě zhoršit.

Více v prováděcím pokynu ECD-PP-350 „Pravidla pro řízení napětí v DS nn“.

3.14.7 SPOTŘEBIČE OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU ELEKTRICKÉ ENERGIE

Stručný přehled, která zařízení mohou ovlivňovat kvalitu elektrické energie v DS.

- **Asynchronní motor** – poklesy napětí v případě jeho rozběhu, zvýšení hodnoty flikru v případě rozběhů častějších než 1x za 2 hodiny.
- **Tepelné čerpadlo** – poklesy napětí v případě rozběhu kompresoru, zvýšení hodnoty flikru v případě rozběhů častějších než 1x za 2 hodiny.
- **Katr** – výrazné zvýšení hodnoty flikru.
- **Vodní elektrárna** – zvýšení napětí nad dovolenou mez, zvýšení hodnoty flikru v případě připojování častějšího než 1x za 2 hodiny.
- **FVE** – zvýšení napětí nad dovolenou mez (v případě instalace nevhodné regulace pro minimalizaci přetoků elektřiny do sítě možné výrazné zvýšení hodnoty flikru — obdobně jako katr).
- **Pohony řízené usměrňovači nebo jiné velké střídače** – vznik vyšších harmonických.
- **Svářečky a CNC stroje** – výrazné zvýšení hodnoty flikru.
- **Nabíjecí stanice** – velké odběry s dlouhou dobou trvání, při kumulaci mohou způsobovat nežádoucí podpětí a přetížení DS.

Více v prováděcím pokynu ECD-PP-374 „Pravidla posuzování připojitelnosti elektrických zařízení a výroben k distribuční síti EG.D z hlediska zpětných vlivů“.

3.14.8 MĚŘENÍ IMPEDANCE SMYČKY A KONTROLA JIŠTĚNÍ V DS NN

Měření impedance smyčky v síti nn je důležité s ohledem na stanovení max. proudové hodnoty předřazené pojistky, kterou je možné v daném místě DS osadit. Poruchový proud je přímo závislý na velikosti impedance, a v případě nedodržení maximální proudové hodnoty pojistky může dojít ke stavu, kdy v případě poruchového děje v síti nedojde k rozpojení poruchové smyčky ve stanoveném čase, v horším případě vůbec. Jednoduchá a přehledná tabulka „Kontrola impedance smyčky dle vývoje předpisů“ stanovuje, jakou

maximální pojistku je možné v daném bodě sítě použít, aby byly dodrženy odpovídající předpisy.

V případě, že je síť provozována do kruhu, tyto hodnoty uvažovat nelze a je potřeba provést složitější výpočet pro stanovení jistění sítě provozované do kruhu. Stanovení jistění kruhové sítě tak, aby v případě poruchy došlo k jejímu odpojení z obou napájecích stran, již měřením v terénu není možné.

Kontrola impedance smyčky dle vývoje předpisů.

	$Z_s \leq \frac{c \cdot U_f}{I_n \cdot 3,5}$ PNE 33 0000-1 Impedance zjištěná měřením - odečtená z displeje	$Z_s \leq \frac{U_f}{I_n \cdot 3,5}$ PNE 33 0000-1	$Z_s \leq \frac{U_f}{I_n \cdot 2,5}$ ČSN 34 1010	
$I_n [A]$	Zs[Ω]	Zs[Ω]	Zs[Ω]	
6	od 5,202 do 8,670	10,952	15,333	Jedná-li se o zařízení vybudovaná po 1.11.1999. V PNE 33 0000-1 doplněn koef. c = 0,95 a doplněn koef. 1,2 respektující oteplení vodičů a chybu použitého měřicího přístroje. Příklad: Odečtu-li z displeje měřicího přístroje hodnotu 1,25 Ω, ve sloupci červených čísel v tabulce vyhledám nejbližší vyšší, to je 1,300 Ω a z řádky příslušící k této hodnotě, vyčtu max. velikost proudu I_n předřazené pojistky, to je 40 A. V TÉTO TABULCE NIC NEPŘÍČÍTEJ ANI NENÁSOB. S KOEFICIENTY JE JIŽ UVAŽOVÁNO
10	od 3,251 do 5,201	6,571	9,200	
16	od 2,601 do 3,250	4,107	5,750	
20	od 2,081 do 2,600	3,286	4,600	
25	od 1,653 do 2,080	2,629	3,680	
32	od 1,486 do 1,652	2,054	2,875	Jedná-li se zařízení vybudované v období od 1.1.1998 do 1.11.1999. ČSN 34 1010 byla nahrazena ČSN 33 2000-4-41. Vychází PNE 33 0000-1. V tomto období nebyl znám koef. c = 0,95 a nebylo uvažováno s koef. 1,2 respektující oteplení vodičů a chybu použitého měřicího přístroje a vypínací proud I_a se uvažoval $I_a = 3,5 \times I_n$. Příklad: Odečtu-li z displeje měřicího přístroje hodnotu 1,25 Ω, ve sloupci zelených čísel v tabulce vyhledám nejbližší vyšší, to je 1,314 Ω a z řádky příslušící k této hodnotě, vyčtu max. velikost I_n předřazené pojistky, to je 50 A
35	od 1,301 do 1,485	1,878	2,629	
40	od 1,041 do 1,300	1,643	2,300	
50	od 0,826 do 1,040	1,314	1,840	
63	od 0,651 do 0,825	1,043	1,460	
80	od 0,521 do 0,650	0,821	1,150	Jedná-li se zařízení vybudované v období před 1.1.1998. Zařízení vybudovaná dle ČSN 34 1010. V tomto období nebyl znám koef. c = 0,95 a nebylo uvažováno s koef. 1,2 respektující oteplení vodičů a chybu použitého měřicího přístroje a vypínací proud I se uvažoval $I = 2,5 \times I_n$. Příklad: Odečtu-li z displeje měřicího přístroje hodnotu 1,25 Ω, ve sloupci modrých čísel v tabulce vyhledám nejbližší vyšší, to je 1,460 Ω a z řádky příslušící k této hodnotě, vyčtu max. velikost I_n předřazené pojistky, to je 63 A.
100	od 0,416 do 0,520	0,657	0,920	
125	od 0,326 do 0,415	0,526	0,736	
160	od 0,261 do 0,325	0,411	0,575	
200	od 0,231 do 0,260	0,329	0,460	
225	od 0,208 do 0,230	0,292	0,409	
250	od 0,174 do 0,207	0,263	0,368	
300	od 0,166 do 0,173	0,219	0,307	
315	od 0,149 do 0,165	0,209	0,292	
350	od 0,131 do 0,148	0,188	0,263	
400	od 0,083 do 0,130	0,164	0,230	
630	do 0,082	0,104	0,146	

AO 32184

První sloupec je maximální dovolená hodnota pojistky předřazené danému místu. Červený sloupec stanovuje podmínky pro síť vybudované po 1. 11. 1999. Zelený sloupec pro síť z období od 1. 1. 1998 do 1. 11. 1999. Modrý sloupec pro síť postavené před 1. 1. 1998.

PŘÍKLAD: Pokud je síť postavena po roce 2000 a na konci vývodu je změřena impedance 0,9 Ω, lze tomuto vývodu předřadit pojistku o maximální velikosti 50 A. Pokud by tato síť byla postavena před lety 1998, předřazenou pojistku o velikosti 50 A by bylo možné osadit až do hodnoty impedance 1,84 Ω na konci daného vývodu.

4 OCHRANA PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM

Základním pravidlem ochrany před úrazem elektrickým proudem v souladu s ČSN EN 61140 je, že **nebezpečné živé části nesmějí být za normálních podmínek přístupné a přístupné vodivé části nesmějí být nebezpečné ani za normálních podmínek ani za podmínek jedné poruchy**.

Z hlediska bezpečnosti v elektrotechnice je ochrana před úrazem elektrickým proudem nejdůležitější částí elektrického zařízení (EZ). S elektrickým proudem lze přijít do kontaktu nejčastěji **přímým dotykem s nebezpečnou živou částí EZ**, nebo **dotykem s neživou částí EZ, která se stala například vlivem poruchy nebezpečnou částí pod napětím**. Další možností je úraz v důsledku působení elektrického nebo elektromagnetického pole, popř. tepelným či jiným zářením. Úrazy způsobené elektrickým výbojem bývají také velmi závažné, protože zde může dojít ke vzniku rozsáhlých popálenin **elektrickým obloukem**. **Je tedy nutno si uvědomit, že ke vzniku úrazu může dojít nejen přímým dotykem elektrického zařízení pod napětím, ale i pouhým přiblížením se k němu**. Z těchto důvodů **je nutné používat při práci, kde k těmto jevům může dojít, předepsané ochranné a pracovní prostředky, důsledně dodržovat stanovené pracovní postupy a bezpečné vzdálenosti od EZ pod napětím**.

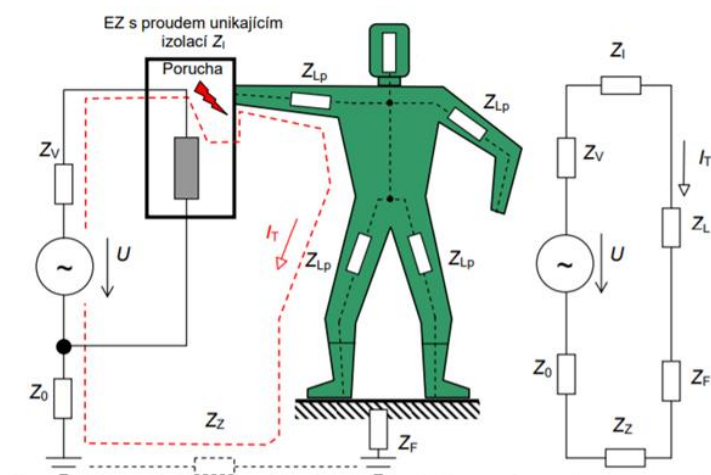
Problematika ochrany před úrazem elektrickým proudem je poměrně obsáhlá a pro její lepší pochopení se v kapitolách 4.1, 4.2 a 4.3 nejprve seznámíme s působením elektrického proudu na lidský organismus, s druhy prostředí, ve kterých se elektrické zařízení může nacházet, se způsoby krytí elektrických předmětů, se zapojením elektrických spotřebičů a dalšími důležitými informacemi.

4.1 PŮSOBENÍ ELEKTRICKÉHO PROUDU NA LIDSKÝ ORGANISMUS

Soubor technických norem **ČSN IEC/TS 60479** se zabývá účinky elektrického proudu na lidi a hospodářská zvířata.

DEFINICE ÚRAZU ELEKTRICKÝM PROUDEM:

Úraz elektrickým proudem (**electric shock**): fyziologický účinek elektrického proudu procházejícího tělem člověka nebo zvířete.



Obrázek 4:1 Člověk zasažený elektrickým proudem včetně náhradního schéma²⁶

Kde:

- Z_V** – impedance zdroje včetně přívodů
- Z_0** – impedance uzemnění zdroje
- Z_I** – impedance izolace živé části
- Z_L** – impedance těla
- Z_{LP}** – částečná impedance končetiny
- Z_F** – impedance stanoviště (obuv + podlaha)
- Z_z** – zemní impedance mezi stanovištěm a zdrojem
- I_T** – proud procházející tělem člověka

²⁶ <https://spselitdobruska.cz/wp-content/uploads/Dokumenty/Maturita/50-78-bezpecnost-v-elektrotechnice-skripta.pdf>

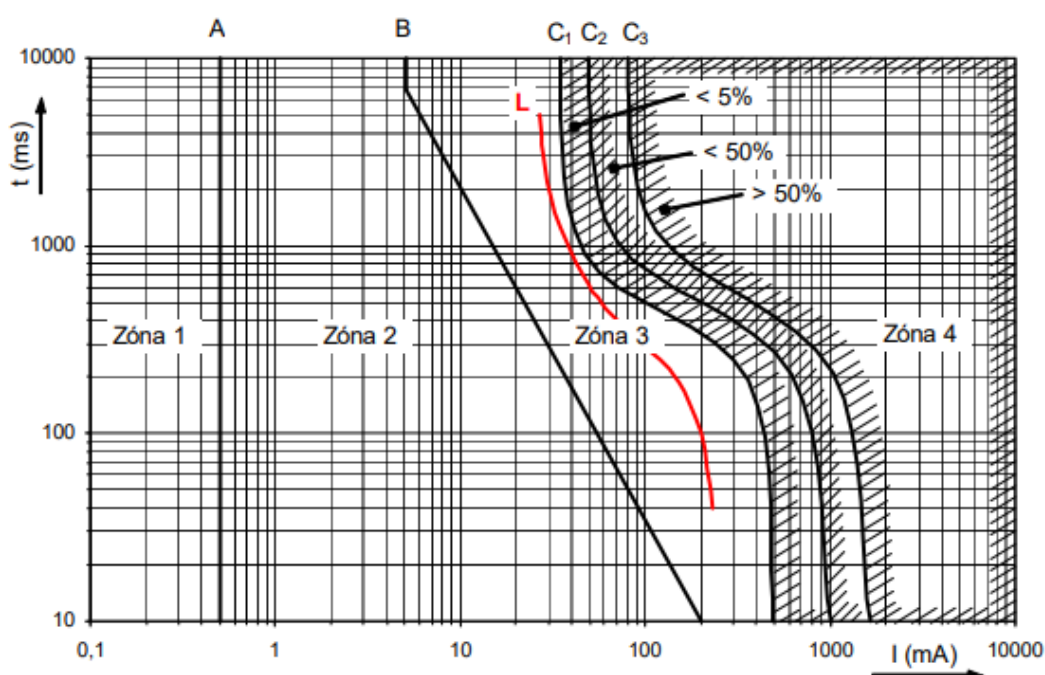
4.1.1 ÚRAZOVOST ZPŮSOBENÁ ELEKTRICKÝM PROUDEM

Zhruba 80 % všech úrazů elektrickým proudem je způsobeno nízkým napětím (do 1000 V), z nich jsou potom asi 3 % úrazy smrtelné. Úrazy vysokým napětím (přes 1000 V) jsou vzácnější, ale následky jsou horší, a probíhají přibližně z 30 % smrtelně. Zástava srdce a krevního oběhu při úrazu elektrickým proudem bývá častou příčinou náhlého úmrtí. Vzhledem k tomu, že statisticky je většina obětí mladšího věku a bez předchozího onemocnění srdce, mají naději na přežití. Podmínkou je ovšem **včasná a správná první pomoc** (viz Kapitola 5 Poskytování první pomoci) a odborná péče.



Obrázek 4:2 Průběh EKG a krevního tlaku před a po vzniku úrazu elektrickým proudem

4.1.1.1 ZÓNY ÚČINKU ELEKTRICKÉHO PROUDU NA LIDSKÝ ORGANISMUS



Obrázek 4:3 Zóny účinku proudu na lidský organismus²⁷

Zóny účinku střídavého harmonického proudu **průmyslového kmitočtu** (15-100 Hz) s ohledem na dobu jeho působení:

²⁷ <https://spselitdobruska.cz/wp-content/uploads/Dokumenty/Maturita/50-78-bezpecnost-v-elektrotechnice-skripta.pdf>

- A** – přímka vyznačující práh reakce
- B** – čára vyznačující mez uvolnění
- C1** – čára vymežující práh fibrilace srdečních komor
- C2** – hranice pravděpodobnosti fibrilace 5 %
- C3** – hranice pravděpodobnosti fibrilace 50 %
- L** – dohodnutá čára vymežující dovolené doby působení proudu bez nebezpečných fyziologických účinků

POZNÁMKA: Křivky se vztahují k proudu trajektorií levá ruka – obě nohy.

- Zóna 1** – obvykle bez účinků
- Zóna 2** – obvykle bez škodlivých fyziologických účinků
- Zóna 3** – obvykle bez poškození organismu (mohou nastat svalové křeče dýchací potíže atd.)
- Zóna 4** – fibrilace s pravděpodobností dle písmen „C“ a s rostoucím proudem a časem může dojít k zástavě dechu a popáleninám

4.1.1.2 SRDEČNÍ CYKLUS

Srdeční cyklus trvá 0,8 sekundy při běžné tepové frekvenci 75 tepů za minutu. Vzhledem k tomu, že při průchodu proudu srdcem při prvním stahu snese člověk bez následků průchod proudu o velikosti až 1 A, při druhém stahu 0,1 A a dále hodnotu stále nižší, **považuje se za nebezpečný dotyk s živými částmi trvající déle jak 0,8 sekundy.** Tuto skutečnost respektují tvary křivek „C“.

4.1.1.3 PRAHOVÉ HODNOTY ELEKTRICKÉHO PROUDU

Nejnebezpečnější je pro člověka úraz střídavým elektrickým proudem nízké frekvence, protože jeho průběh je velmi podobný křivce srdečního cyklu, takže hrozí vznik fibrilace srdce. Dle velikosti proudu se projevují v lidském organismu nebezpečné stavy. Ty jsou dány minimálními, popř. maximálními hodnotami proudu o frekvenci 50 Hz.

- 0,5–1 mA** – práh vnímání elektrického proudu při průchodu lidským tělem
- 1–8 mA** – podráždění v nervech, stoupání krevního tlaku
- 6–15 mA** – způsobuje technickou křeč, tzn., člověk se nemůže uvolnit
- 25 mA** – technická křeč dýchacího svalstva
- 60 mA** – chvění srdečních komor (fibrilace), přechodná zástava srdce
- nad 80 mA** – zpravidla trvalá zástava srdce

POZNÁMKA: Srdce je nejcitlivější na průchod elektrického proudu v okamžiku, kdy vypuzuje krev ze srdeční komory.

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Co vyznačuje přímka „A“ v grafu zón účinků proudu na lidský organismus?
2. Co znamená pojem fibrilace srdečních komor?
3. Při jak velkém proudu hrozí trvalá zástava srdce?
4. Jak dlouho trvá jeden srdeční cyklus?
5. Jaká frekvence elektrického proudu je nejnebezpečnější pro lidský organismus?

4.2 PROSTŘEDÍ, KRYTÍ EL. PŘEDMĚTŮ

Prostředím a krytím elektrických předmětů, v tomto prostředí umístěných, se v elektrotechnice zabýváme z důvodu **působení vnějších vlivů na EZ**. Elektrická zařízení musí být tedy vybrána a instalována s ohledem na vnější vlivy, jimž zařízení může být vystaveno. Z tohoto důvodu musí být pro každý elektrický rozvod jednoznačně určeny vnější vlivy, které na něj budou v místě instalace působit. Informace k označování vnějších vlivů, které mohou na EZ působit, lze získat z normy **ČSN 33 2000-5-51** (Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení – Všeobecné předpisy). Jednotlivé vnější vlivy se třídí do **kategorií** podle povahy a řadí se do **stupňů**. Každý stupeň vnějšího vlivu je **označen dvěma písmeny velké abecedy a číslicí**. Označení vnějších vlivů daného prostoru určí u nových zařízení **projektant** v rámci zpracované projektové dokumentace u stávajících **zvláštní komise**, ustanovená vedoucím organizace. O určení vnějších vlivů musí být vypracován **protokol, který je součástí projektové dokumentace** daného EZ nebo objektu. Pro působení vnějších vlivů, které jsou považovány za **normální, není nutné protokol vypracovávat**.

4.2.1 ZNAČENÍ VNĚJŠÍCH VLVIVŮ

PRVNÍ PÍSMENO — označuje **všeobecnou kategorii vnějšího vlivu**:

A => prostředí,

B => využití,

C => konstrukce budovy.

PROSTŘEDÍ (A)

Jedná se o vlastnosti okolí (prostoru nebo jeho části) vytvořené jím samým nebo předměty, zařízeními atd. v prostoru umístěnými. Mezi vnějšími vlivy mohou být např. teplota okolí, vlhkost, nadmořská výška atd.

VYUŽITÍ (B)

Využití objektů nebo jejich částí dané vlastnostmi osob, četností osob v prostoru s možností jejich úniku a vlastnostmi zpracovaných látek.

KONSTRUKCE BUDOVY (C)

Jedná se o souhrn vlastností budovy, vyplývajících z povahy užitého konstrukčního a dekorativního materiálu, provedení budovy a její fixace k okolí.

DRUHÉ PÍSMENO — označuje **konkrétní vnější vliv**, tedy např. teplota okolí, nadmořská výška apod.

ČÍSLICE — označuje **intenzitu působení či rozsah** každého vnějšího vlivu.

4.2.1.1 PŘÍKLADY VNĚJŠÍCH VLIVŮ

Praktické příklady, které mohou působit na DS, v tomto případě na **venkovní vedení nízkého napětí**:

AB8 Teplota -33 až +40°C

AC1 Nadmořská výška 0–2000 m. n. m.

AD4 Výskyt vody – stříkající voda

AE3 Výskyt cizích pevných těles – do 1 mm (např. písek, prach)

AF2 Výskyt korozivních znečišťujících látek (přítomnost korozivních znečišťujících látek atmosférického původu je významná)

AG1 Mechanické namáhání – mírné (běžná provozní zařízení)

AH1 Vibrace – mírné (běžná provozní zařízení)

AK1 Výskyt rostlinstva nebo plísní – bez nebezpečí

AL1 Výskyt živočichů – bez nebezpečí

AM2 Elektrostatické výboje – střední úroveň

AN3 Sluneční záření – 1120 W/m²

AP1 Seismické účinky – zemětřesení podle Richterovy stupnice 3

AQ3 Bouřková činnost – ČSN 33 2000-5-51 - dle mapy ČHMÚ

AS2 Vítr – dle ČSN 33 2000-5-51

AT2 Sněhová pokrývka – mírný vliv (výskyt sněhové pokrývky do výše 40 cm)

AU3 Námraza – těžká námrazová oblast

BA5 Schopnost osob – osoby znalé

BB2 Elektrický odpor lidského těla – normální odpor (obvyklé standardní podmínky)

BC3 Dotyk osob s potenciálem země – častý dotyk (standardně požadovaná třída pro všechna ostatní rozvodná zařízení přístupná jen osobám znalým).

BD1 Podmínky úniku v případě nebezpečí – Pro potřeby rozvodných zařízení distribuční a přenosové soustavy je zásadně požadována třída BD1 podle ČSN 33 2000-5-51, tj. možnost snadného úniku v případě nebezpečí.

BE1 Povaha zpracovaných nebo skladovaných látek – bez významného nebezpečí

CA1 Budovy pro rozvodná zařízení jsou zásadně požadovány v provedení podle této třídy

CA1 Nehořlavé stavební materiály

CB1 Pro potřeby distribuční a přenosové soustavy je požadována konstrukce v provedení podle třídy CB1 – zanedbatelné nebezpečí

4.2.2 ROZDĚLENÍ PROSTORŮ

Na základě působení vnějších vlivů rozlišujeme v elektroinstalaci jednotlivé druhy prostorů a to:

- **Prostory normální** (např. běžné obytné prostory).
- **Prostory nebezpečné** (např. venkovní prostory).
- **Prostory zvlášť nebezpečné** (např. vnitřek vanového prostoru).

4.2.2.1 PROSTORY NORMÁLNÍ

Jedná se o takové prostory, ve kterých je používání elektrických zařízení považováno za bezpečné, protože **působením vnějších vlivů nedochází ke zvýšení nebezpečí úrazu elektrickým proudem** např. běžné obytné prostory.

Za prostor normální lze považovat například kancelář, kde nedochází k působení nepříznivých vnějších vlivů zapříčiňujících zvýšení rizika úrazu elektrickým proudem.

4.2.2.2 PROSTORY NEBEZPEČNÉ

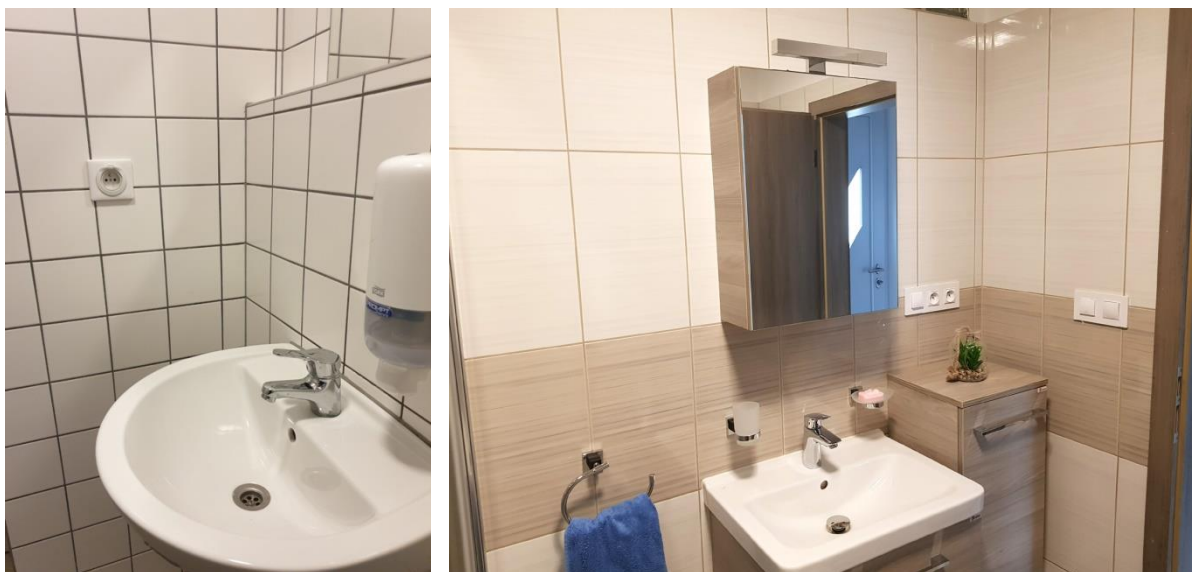
Jedná se o prostory, kde **působením vnějších vlivů dochází buď k přechodnému, nebo stálému nebezpečí úrazu elektrickým proudem** např. venkovní prostory nechráněné před atmosférickými vlivy.

Za prostor nebezpečný lze považovat například prostor nad vanou, umyvadlový prostor nebo sprchový kout.

4.2.2.3 PROSTORY ZVLÁŠŤ NEBEZPEČNÉ

Jedná se o prostory, ve kterých **působením vnějších vlivů či zvláštních okolností, nebo jejich kombinací, nastává zvýšené nebezpečí úrazu elektrickým proudem** např. prostory se stříkající vodou.

Za prostor zvlášť nebezpečný lze považovat například vnitřní prostor vany, nebo umyvadla.



Obrázek 4:4 Umístění přístrojů elektroinstalace kolem umyvadla

4.2.3 KRYTÍ ELEKTRICKÝCH PŘEDMĚTŮ

Na elektrické předměty a zařízení mohou působit různé druhy vnějších vlivů. Aby bylo z hlediska bezpečnosti a použitelnosti EZ jasné, jaké zařízení je pro daný prostor vhodné použít, je nutné jednotlivá zařízení označit stupněm ochrany proti těmto vlivům. Krytí elektrických zařízení vyjadřuje jejich konstrukční zabezpečení proti nebezpečnému dotyku, vniknutí cizích předmětů a vniknutí vody. Stupeň zabezpečení se označuje písmeny IP (International Protection) a je normalizován podle ČSN EN 60529.

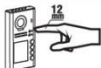
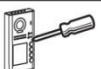
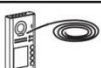
4.2.3.1 POPISNÉ SCHÉMA: IP 12XY

1. **První číslice** popisuje stupeň ochrany osob před nebezpečným dotykem a stupeň ochrany zařízení před vniknutím cizích předmětů.
2. **Druhá číslice** popisuje stupeň ochrany před vniknutím vody.
3. **X Přídavné písmeno (nepovinné)**. Udává stupeň ochrany osob před dotykem nebezpečných částí, je-li skutečná ochrana osob před dotykem nebezpečných částí vyšší než ochrana, kterou udává první charakteristická číslice, nebo je-li první charakteristická číslice nahrazena písmenem X. Může nabývat hodnot A, B, C nebo D.
4. **Y Doplnkové písmeno (nepovinné)** se používá k doplňkovým informacím, doposud používaná písmena jsou H, M, S, W.

PRVNÍ ČÍSLICE IP KÓDU

Vztahuje se ke krytí elektrických zařízení před vnikem pevných částí a přímým dotykem.

Tabulka 4:1 Ochrana proti vniknutí pevných částí a přímému dotyku²⁸

Ochrana před vniknutím pevných cizích předmětů			
První číslice		Stupeň krytí	
		Krátký popis	Definice
IP 0X		bez ochrany	bez ochrany
IP 1X		celou rukou	velkých = ochrana před vniknutím pevných těles větších než 50 mm
IP 2X		prstem	malých = ochrana před vniknutím pevných těles větších než 12,5 mm
IP 3X		nástrojem	drobných = ochrana před vniknutím pevných těles větších než 2,5 mm
IP 4X		nástrojem	velmi drobných = ochrana před vniknutím pevných těles větších než 1 mm
IP 5X		jakoukoli pomůckou	prachu částečně = ochrana před prachem
IP 6X		jakoukoli pomůckou	prachu úplně = prachotěsné (prach nesmí narušit činnost elektrického zařízení)
IP 6KX		jakoukoli pomůckou	stejná ochrana jako stupeň 6 jen v horších podmínkách

²⁸ <https://www.tssgroup.cz/dokument-podpora/pouzivana-ip-kryti-pro-cctv-techniku>

Určuje stupeň krytí elektrických zařízení proti vniknutí vody.

Tabulka 4:2 Ochrana proti vniknutí vody²⁹

Ochrana proti vniknutí vody			
Druhá číslice		Stupeň krytí	
		Krátký popis	Definice
IP XX		netestované	netestované
IP X0		bez ochrany	bez ochrany
IP X1		kapající	ochrana před kapkami vody dopadajícími svisle
IP X2		kapající při sklonu do 15°	ochrana před kapkami vody dopadajícími pod úhlem do 15° od svislice
IP X3		šikmo dopadající	ochrana před deštěm dopadajícím pod úhlem do 60° od svislice
IP X4		stříkající	ochrana před stříkající vodou dopadající v libovolném směru
IP X4K		stříkající	ochrana před stříkající vodou dopadající v libovolném směru se zvýšeným tlakem
IP X5		tryskající	ochrana před tryskající vodou
IP X6		při vlnobití	ochrana před intenzivně tryskající vodou
IP X6K		při vlnobití	ochrana před intenzivně tryskající vodou - zvýšený tlak
IP X7		ponoření	ochrana před dočasným ponořením do vody (omezeno tlakem a časem)
IP X8		trvalém ponoření pod tlakem	ochrana při trvalém ponoření do vody (případná vniklá voda nesmí narušit činnost elektrického zařízení)
IP X9K		horká voda	ochrana při trvalém ponoření do vody (případná vniklá voda nesmí narušit činnost elektrického zařízení) + ochrana proti tryskající vysokotlaké horké vodě

²⁹ <https://www.tssgroup.cz/dokument-podpora/pouzivana-ip-kryti-pro-cctv-techniku>

4.2.3.2 GRAFICKÉ ZNAČENÍ KRYTÍ ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ

Tabulka 4:3 Grafické značení IP kódů³⁰

Do vlhka	Těsné	Venkovní	Těsně zavřené	Nepromokavé	Částečně prachotěsné	Prachotěsné
IP 42	IP 43	IP 44	IP 55	IP 66	IP 5X	IP 6X
						

POZNÁMKA: Pro venkovní prostory je vhodné používat elektrická zařízení s minimálním krytím **IP 44**. Pro prostory s trvalým výskytem vody, jako jsou např. vnitřní vanové či umyvadlové prostory, bazény, fontány atd. je vhodné použití elektrických zařízení s minimálním krytím **IP 67**. U těchto prostor se také předpokládá napětí maximálně **12 V**, protože se jedná o prostory zvlášť nebezpečné.



Zásuvka IP 2X Zásuvka IP 44 Zásuvka IP 55 Zásuvka IP 66

Obrázek 4:5 Typy zásuvek s jednotlivým krytím³¹

4.2.4 MAX. DOTYKOVÁ NAPĚTÍ V ZÁVISLOSTI NA DRUHU PROSTORU

Z hlediska definování jednotlivých prostor jsou stanoveny meze krátkodobě působících **bezpečných dotykových malých napětí** proti zemi.

Tabulka 4:4 Max. dovolená dotyková napětí v závislosti na druhu prostoru

Prostory	Střídavé napětí AC		Stejnoseměrné napětí DC	
	Působící			
	trvale	krátkodobě	trvale	krátkodobě
Normální a nebezpečné	25 V	50 V	60 V	120 V
Prostory zvlášť nebezpečné	-	12 V	-	25 V

Na základě posouzení vnějších vlivů v konkrétním prostoru mohou být hodnoty dotykového napětí sníženy.

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Jaké krytí musí mít EZ určené pro venkovní prostory?
2. Vysvětlíte význam první a druhé číslice IP kódu.
3. K jakému údaji se vztahuje přídatné písmeno IP kódu?

³⁰ file:///C:/Users/admin/Desktop/Záložka/Elektrotechnika_učební%20materiál/BEZ_zkrácená%20VUT_FEKT.pdf

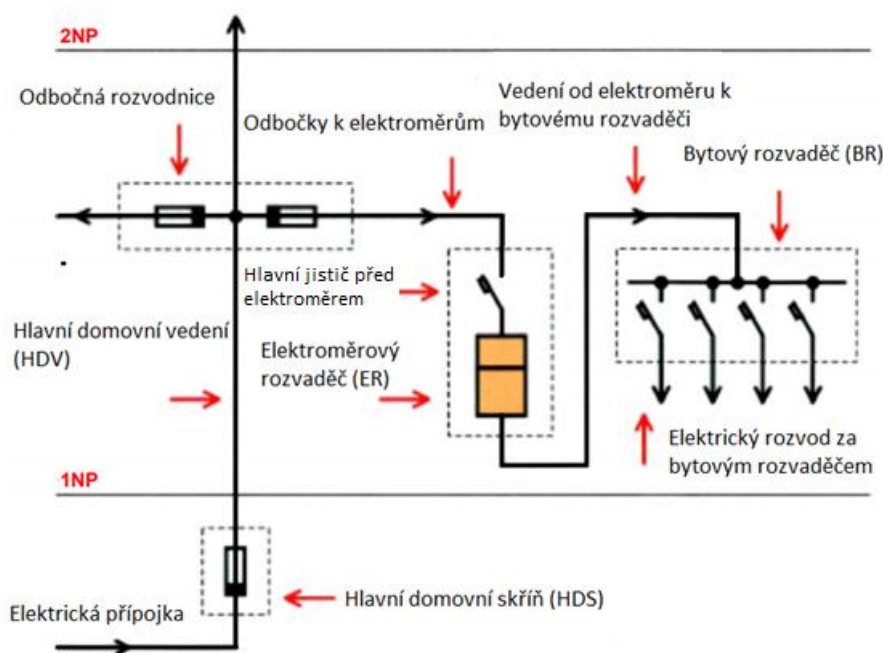
³¹ file:///C:/Users/admin/Desktop/Záložka/Elektrotechnika_učební%20materiál/BEZ_zkrácená%20VUT_FEKT.pdf

4.3 ELEKTRICKÉ INSTALACE NN, ZAPOJENÍ SPOTŘEBIČŮ

Nejčastějším zdrojem napájení domovních instalací je distribuční síť, resp. distribuční transformátor, který tuto síť napájí. Za začátek elektrické instalace lze tedy považovat elektrickou přípojku k distribuční síti a za konec jednotlivé elektrické rozvody, nacházející se v daném objektu.

4.3.1 SLOŽENÍ KLASICKÉ ELEKTRICKÉ INSTALACE

- Elektrická přípojka – zpravidla TN-C realizována nadzemním nebo kabelovým vedením.
- Hlavní domovní skříň HDS – obsahující pojistkové spodky, ve kterých jsou umístěny pojistkové vložky.
- Hlavní domovní vedení HDV – zpravidla TN-C.
- Odbočky k elektroměrovým rozváděčům.
- Elektroměrový rozváděč.
- Vedení od elektroměrů k jednotlivým bytovým rozváděčům.
- Domovní nebo také bytový rozváděč, kde zpravidla přechází zapojení rozvodu TN-C na TN-C-S.
- Jednotlivé bytové okruhy jako např. zásuvkové a světelné – používá se zpravidla zapojení rozvodu TN-C-S nebo TN-S.



Obrázek 4:6 Přehledové schéma elektroinstalace objektu³²

³² file:///C:/Users/admin/Downloads/schema-siloveho-rozvodu-obytneho-objektu-5694.pdf

Tabulka 4:5 Základní názvosloví v elektroinstalaci

Název	Zkratka	Název	Zkratka
Hlavní domovní skříň	HDS	Společný ochranný a střední vodič	PEN
Hlavní rozváděč	HR	Ochranný vodič	PE
Elektroměrový rozváděč	ER	Nulový (Střední) vodič	N
Hlavní domovní vedení	HDV	Fáze, fázový vodič	L (L1, L2, L3)
Podružný rozváděč	PR	Vývod ke spotřebiči na přípravu teplé užitkové vody	TUV
Bytový rozváděč	BR	Vývod ke spotřebiči na akumulární vytápění	AKU
Hlavní vypínač	HV	Vývod ke spotřebiči na přímotopné vytápění	PT
Rozváděcí skříňka	RS	Svítilno	S
Proudový chránič	PCH	Zásuvka	Z
Jistič	J	Vypínač	Q
Stykač ohřevu teplé užitkové vody	ST TUV	Rozbočovací krabice	X0
Svorka hlavního pospojování (uzemnění)	SHP	Signálka	H (HL)
		Stykač	K

4.3.2 STUPNĚ ELEKTRIZACE BYTŮ

- Stupeň A** byty, v nichž se elektřina používá k osvětlení a pro domácí elektrické spotřebiče, připojované k rozvodu pohyblivým přívodem (do zásuvky), nebo pevně připojené, přičemž příkon žádného spotřebiče nepřesahuje 3,5 kVA,
- Stupeň B** byty s elektrickým vybavením jako A + používají k vaření a pečení elektrické spotřebiče nad 3,5 kVA,
- Stupeň C** jako A nebo B + používají pro vytápění nebo klimatizaci elektrické spotřebiče.

Tabulka 4:6 Uvažovaný soudobý příkon bytů

Stupeň elektrizace bytu	A	B	C
P _b (kW)	7	11	Nutno individuálně spočítat

4.3.3 TŘÍDY OCHRANY ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ

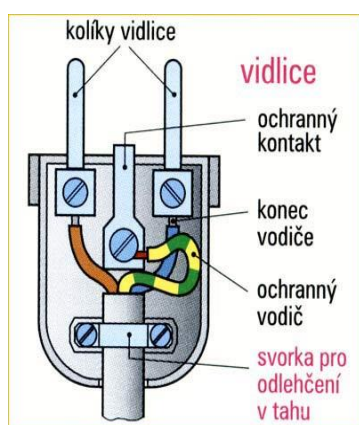
Dle provedení daného elektrického zařízení rozlišujeme 4 třídy ochrany, přičemž **třída ochrany nula není pro běžné používání EZ v ČR povolena**. Jednotlivé třídy stanovují, jak je u daného EZ provedena ochrana proti přímému a nepřímému dotyku.

Tabulka 4:7 Tabulka: Třídy ochrany EZ

Třída ochrany	Značka na předmětu	Princip ochrany	Poznámka
I			Spojení neživé části EZ s ochranným vodičem sítě.
II			Dvojitá či zesílená izolace EZ.
III			Zásuvka musí být nezáměnná. Připojení jako zdroj malého napětí (SELV a PELV).

4.3.3.1 ELEKTRICKÁ ZAŘÍZENÍ TŘÍDY OCHRANY I

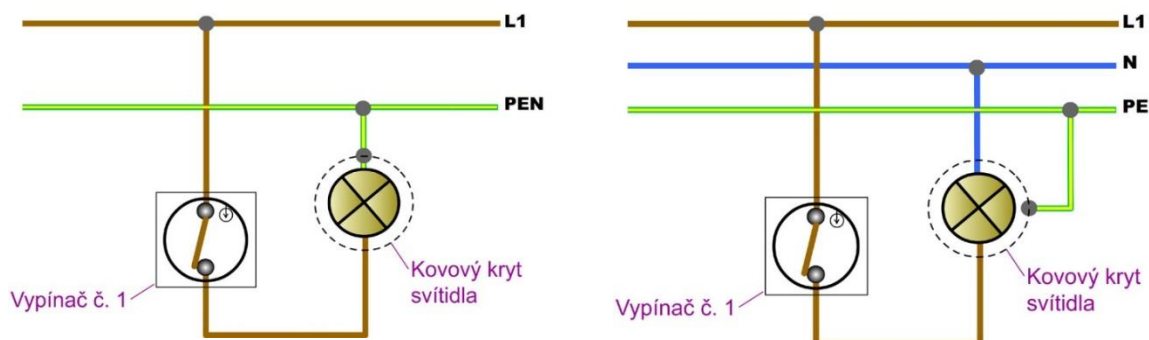
Mezi zařízení třídy ochrany I můžeme zařadit elektrické spotřebiče s kovovou kostrou, nebo i samotnou elektrickou instalaci. V provedení s třídou ochrany I se také výhradně zhotovují prodlužovací přívody, kdy na jednom konci je vidlice a na druhém zásuvka. **Zapojení pohyblivých přívodů musí být vždy provedeno tak, aby kolíky vidlice nebyly pod napětím, tzn. vidlice na obou koncích jsou zakázány.**



Obrázek 4:7 Prodlužovací přívod-konstrukce³³



Obrázek 4:8 Prodlužovací přívod

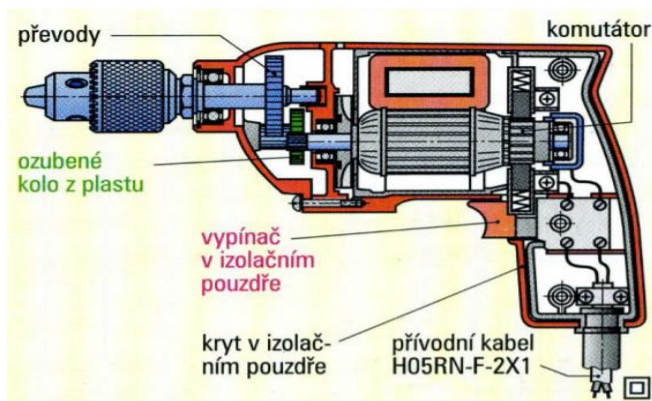


Obrázek 4:9 Zapojení jednopólového vypínače a svítidla v instalaci TN-C a TN-S

³³ <https://spselitdobruska.cz/wp-content/uploads/Dokumenty/Maturita/50-78-bezpecnost-v-elektrotechnice-skripta.pdf>

4.3.3.2 ELEKTRICKÁ ZAŘÍZENÍ TŘÍDY OCHRANY II

Naopak mezi zařízení třídy ochrany II patří EZ, která zpravidla neobsahují kovové kryty, tzn., že ochranný vodič PE zde není vyveden. Takovými zařízeními mohou být různé druhy elektrického ruční nářadí, stolní lampičky, rádia atd. Prodlužovací přívody se v provedení třídy ochrany II zhotovovat nesmějí. Výjimku mohou tvořit pouze přívody, které jsou na jednom konci připevněny na svorkovnici elektrického spotřebiče nebo předmětu.



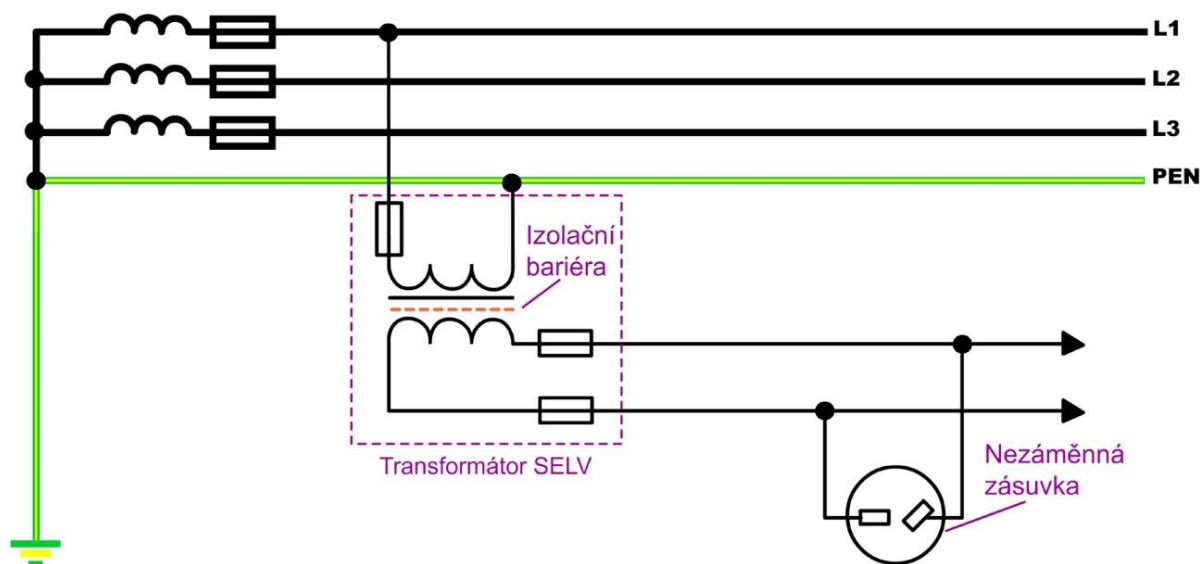
Obrázek 4:10 Elektrické zařízení třídy ochrany II³⁴



Obrázek 4:11 Elektrický přívod zařízení třídy ochrany II

4.3.3.3 ELEKTRICKÁ ZAŘÍZENÍ TŘÍDY OCHRANY III

Mezi zařízení třídy ochrany III patří ta, která jsou napájena malým bezpečným napětím. Zdroj tohoto napětí může být buď nezávislý na síti např. baterie, nebo závislý na síti např. bezpečnostní transformátor. Aby mohl být transformátor považován za bezpečnostní, musí být k tomuto účelu homologován (certifikován).

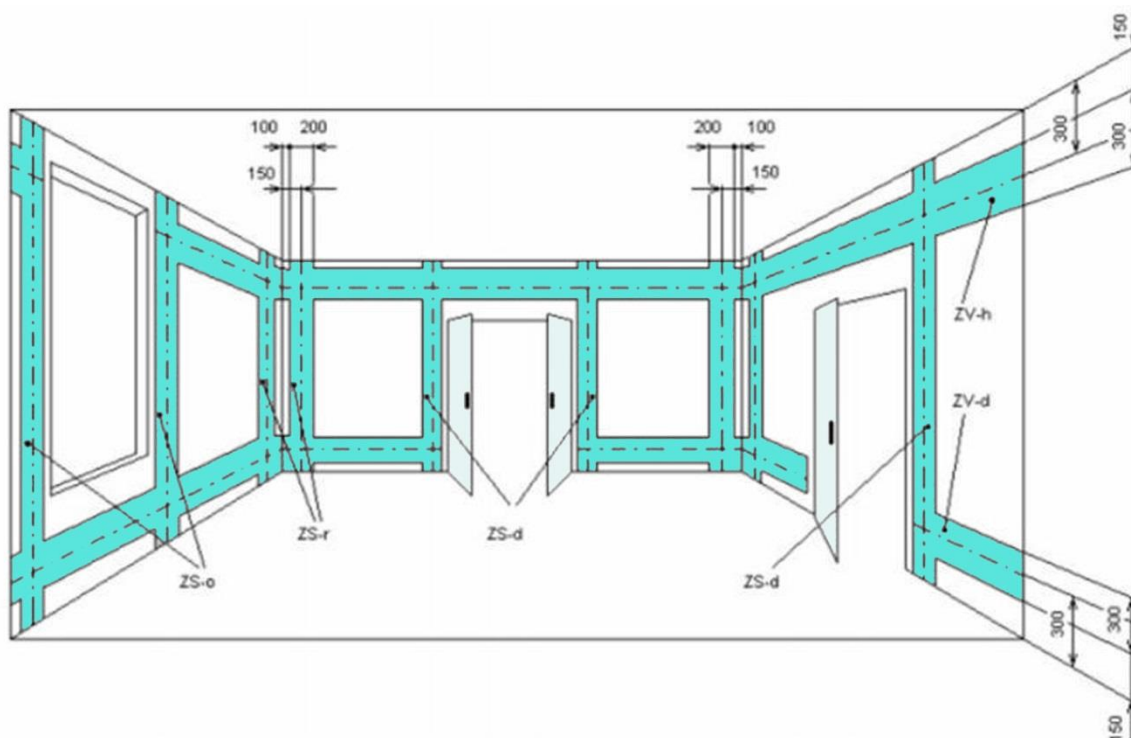


Obrázek 4:12 Zapojení zásuvky SELV napájené z bezpečnostního transformátoru

³⁴ <https://spselitdobruska.cz/wp-content/uploads/Dokumenty/Maturita/50-78-bezpecnost-v-elektrotechnice-skripta.pdf>

4.3.4 INSTALAČNÍ ZÓNY POD OMÍTKOU

Instalační zóny pod omítkou se stanovují z **důvodu přehlednosti, a hlavně předvídatelnosti uložení elektrického vedení**. Tím je možné zabránit porušení vedení při různých pracovních činnostech, jako je např. vrtání, kdy může dojít k poškození izolace vodičů nebo přímo způsobení zkratu. Pravidla pro instalační zóny upravuje norma ČSN 33 2130 – Elektrické instalace nízkého napětí – Vnitřní elektrické rozvody.



Obrázek 4:13 Instalační zóny pod omítkou

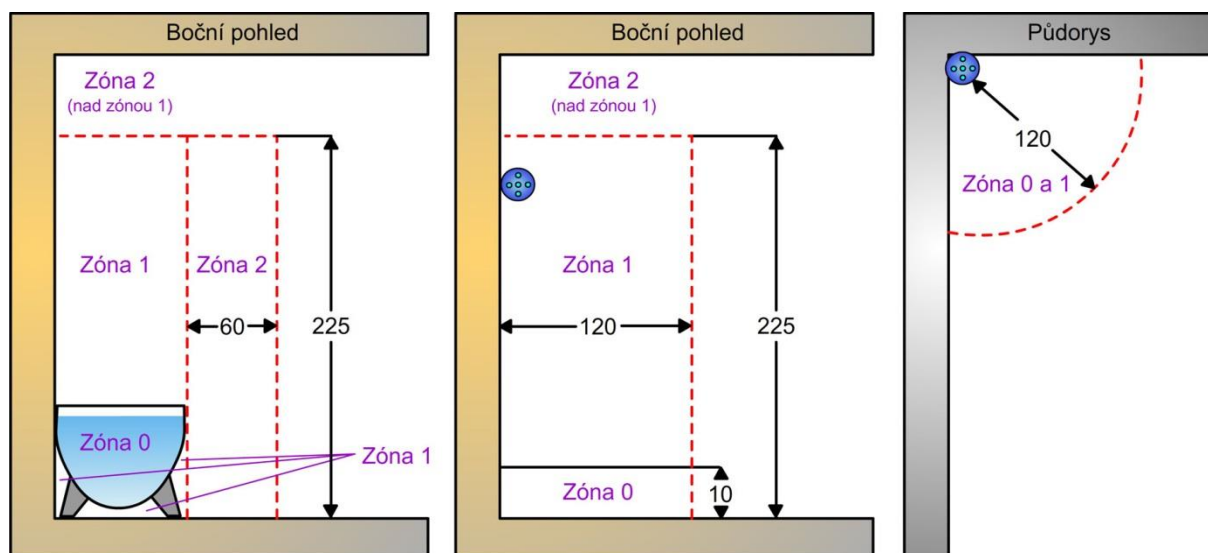
4.3.5 ELEKTROINSTALACE V KOUPELNÁCH

Provedení elektrických instalací v koupelnách stanovuje norma **ČSN 33 2000-7-701** z řady norem určených pro jednoúčelová zařízení. Specifickým prostorem v domovních instalacích je prostor s vanou, sprchou nebo umyvadlem. Pro tyto prostory platí **vyšší bezpečnostní opatření**, protože zde působí na EZ vnější vlivy především ve formě vlhkosti prostředí, přítomnosti par, nebo může dojít přímo ke kontaktu EZ s vodou. Aby se zabránilo úrazu elektrickým proudem, jsou koupelnové prostory rozděleny do zón, kdy pro každou zónu je stanovena **minimální hodnota krytí EZ** a **maximální dovolená hodnota napětí EZ**. Hranice jednotlivých zón jsou stanoveny délkovými rozměry.

4.3.5.1 POŽADAVKY NA EZ V KOUPELNOVÉM PROSTORU

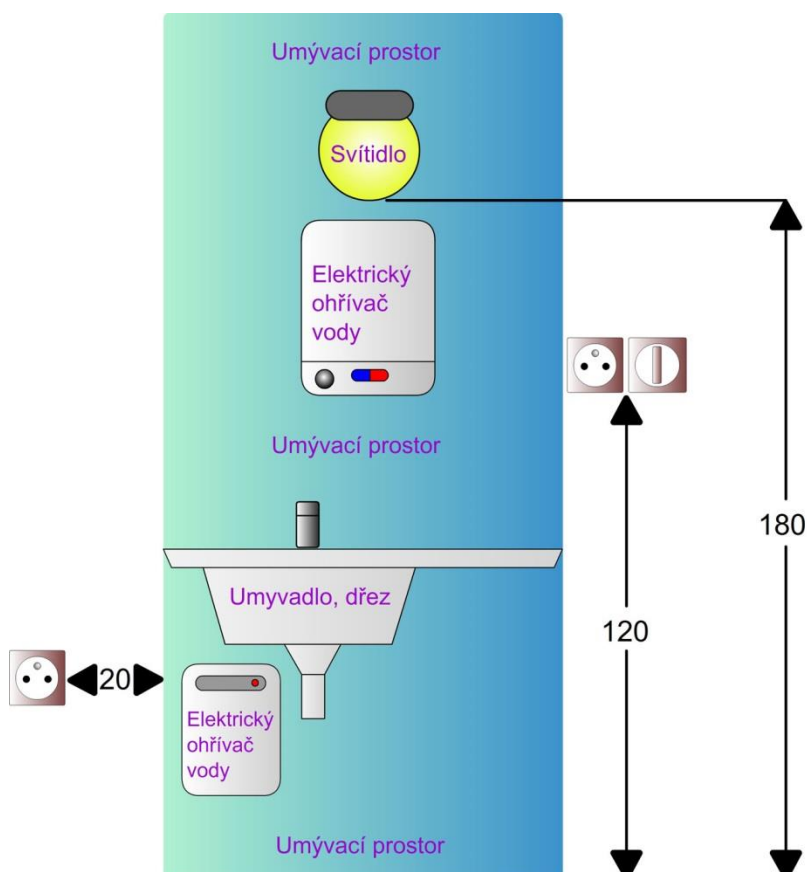
- Všechny obvody musí být chráněny proudovým chráničem o max. hodnotě reziduálního proudu $I_{\Delta n} \leq 30mA$. Výjimku, kdy se proudový chránič nepoužije, jsou obvody SELV.
- V zónách 0, 1 a 2 se nesmí používat silové zásuvky a spínače.
- Minimální požadavek na krytí je v zóně 0 IP X7 a v zóně 1 a 2 IP X4.
- Maximální napěťová hladina je v zóně 0 AC 12 V a DC 30 V, kdy zdroj malého napětí musí být umístěn mimo zóny 0, 1, a 2. U zóny 1 a 2 je to pak AC 25 V, DC 60 V.

4.3.5.2 PROSTOR S VANOU A SPRCHOU



Obrázek 4:14 Prostor s vanou a sprchou

4.3.5.3 UMÝVACÍ PROSTOR



Obrázek 4:15 Umývací prostor

Zásuvky se umísťují min. 20 cm od hranice umývacího prostoru, a pokud jsou ve výšce 120 cm, mohou být umístěny na hranici umývacího prostoru. Pokud je součástí skříňek nad umyvadly zásuvka, musí být tyto skříňky instalovány dle návodu výrobce.

Svítidla jsou umístěna min. ve výšce 180 cm, musí mít vhodné krytí, min. IP 44 a musí být z odolného izolantu. Minimální výška svítidel nad dřezem je 40 cm, ale musí k tomu splňovat další podmínky, protože jejich výška je nižší než 2,5 m (viz ČSN 33 2130).

4.3.5.4 DIMENZOVÁNÍ VODIČŮ

Tabulka 4:8 Příklady průřezů jader vodičů a jim přiřazené jmenovité proudy jističů

Obvod	Jmenovitý proud jističe s charakteristikou B (A)	Průřez Cu (mm ²)
zásuvkový	16	2,5
světelný	10	1,5
pro pračku	16	2,5
pro myčku	16	2,5
pro sporák do 10 kW	16	2,5–4 (dle způsobu uložení)

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Jaké jsou hlavní části elektrické instalace?
2. Jak velkou proudovou hodnotu jističů používáme pro světelné a 1fázové zásuvkové obvody v domovních instalacích?
3. Jaké zapojení se dnes používá pro bytový rozvod?
4. Kolik rozlišujeme tříd ochrany elektrických zařízení?

4.4 ZÁKLADNÍ PŘEDPISY PRO OCHRANU PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM

4.4.1 ČSN EN 61140

OCHRANA PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM — SPOLEČNÁ HLEDISKA PRO INSTALACI A ZAŘÍZENÍ

Základním pravidlem ochrany před úrazem elektrickým proudem v souladu s ČSN EN 61140 je to, že nebezpečné živé části nesmějí být za normálních podmínek přístupné a přístupné vodivé části nesmějí být nebezpečné ani za normálních podmínek ani za podmínek jedné poruchy. ČSN EN 61140 stanovuje základní principy a požadavky, které jsou společné pro elektrické instalace a zařízení, nebo které jsou potřebné pro koordinaci těchto požadavků. V souladu s čl. 4.2 ČSN EN 61140 je ochrana za normálních podmínek zajištěna základními ochrannými prostředky a ochrana za jedné poruchy je zajištěna prostředky pro ochranu při poruše.

Tato norma definuje **ochranný prostředek** jako **nezávislý prostředek** určený k ochraně před úrazem elektrickým proudem za stanovených podmínek (viz tabulka 4:10 dále). A **ochranné opatření** pak definuje jako **vhodnou kombinaci ochranných prostředků** pro ochranu před úrazem elektrickým proudem.

Norma specifikuje i **další možné účinky elektřiny na lidský organismus**, jako např. **popálení elektrickým obloukem, svalové a úlekové reakce** apod.

POZOR: Tato norma není určena k tomu, aby byla používána jako samostatná.

4.4.2 ČSN 33 2000-4-41

ELEKTRICKÉ INSTALACE NÍZKÉHO NAPĚTÍ ČÁST 4-41: OCHRANNÁ OPATŘENÍ PRO ZAJIŠTĚNÍ BEZPEČNOSTI — OCHRANA PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM

Norma ČSN 33 2000-4-41 se zabývá ochranou před úrazem elektrickým proudem v **elektrických instalacích NN**. Je založena na EN 61140, která je základní normou bezpečnosti, jež se uplatňuje na ochranu osob a hospodářských zvířat. Norma ČSN 33 2000-4-41 v souladu s Pokynem IEC 104, **má status skupinové normy bezpečnosti (GSP) pro ochranu před úrazem elektrickým proudem.**

4.4.3 PNE 33 0000-1

OCHRANA PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM V DISTRIBUČNÍCH SOUSTAVÁCH A PŘENOSOVÉ SOUSTAVĚ

Jde o **základní normu** pro ochranu před úrazem elektrickým proudem v **distribuční a přenosové soustavě.**

Další související podnikové normy energetiky:

PNE 33 0000-2 Stanovení základních charakteristik vnějších vlivů působících na rozvodná zařízení distribuční a přenosové soustavy

PNE 33 0000-3 Revize a kontroly elektrických zařízení přenosové a distribuční soustavy

Z pohledu bezpečnosti práce je to pak norma:

PNE 33 0000-6 Obsluha a práce na elektrických rozvodných zařízeních pro přenos a distribuci elektrické energie

4.4.4 PNE 33 3201

ELEKTRICKÉ STANICE — NAVRHOVÁNÍ A STAVBA ELEKTRICKÝCH STANIC NAD 1 KV AC PRO DS A PS

Tato norma obsahuje minimální požadavky a některé doplňující informace, které zajistí přijatelnou spolehlivost elektrických stanic a jejich **bezpečný provoz** v distribučních soustavách a přenosové soustavě elektroenergetiky. Tato PNE platí pro navrhování elektrických stanic vnitřního i venkovního provedení. V případě rekonstrukce, modernizace, oprav atp. platí pouze pro měněnou část v závislosti na požadavcích ČSN 73 0834 Požární bezpečnost staveb – Změny staveb. Vydání této normy je rozhodujícím krokem k postupnému sladění předpisů, týkajících se navrhování a stavby elektrických silových instalací nad 1 kV na základě ČSN EN 61936-1.

4.4.4.1 VENKOVNÍ A VNITŘNÍ INSTALACE OTEVŘENÉ KONSTRUKCE

Uspořádání venkovní instalace otevřené konstrukce musí být provedeno s uvažováním minimálních vzdáleností fáze-fáze a fáze-zem, uvedených v tabulce.

Tabulka 4:9 Minimální vzdušné vzdálenosti pro elektrické zařízení 22 kV bez dielektrických zkoušek

Jmenovité napětí sítě U_n (efektivní hodnota) (kV)	Nejvyšší napětí pro zařízení U_m (efektivní hodnota) (kV)	Jmenovité krátkodobé výdržné napětí o kmitočtu 50 Hz U_d (efektivní hodnota) (kV)	Jmenovité výdržné napětí při atmosférickém impulzu 1,2/50 μ s U_p (vrcholová hodnota) (kV)	Minimální vzdušné vzdálenosti fáze-fáze, fáze-zem N (mm)	
				Vnitřní instalace	Venkovní instalace
22	25	50	95	190	290
			125	210	

Konstrukce venkovní instalace musí být taková, aby se zabránilo přístupu do prostorů ohrožení, přičemž se bere v úvahu potřeba přístupu pro zajištění provozu a údržby. Venkovní instalace musí být zajištěna vnějším oplocením, a tam, kde bezpečné vzdálenosti uvnitř venkovní instalace nemohou být dodrženy, musí být instalována ochranná zařízení (ochranné přepážky, ochranné zábrany apod.).

U venkovních instalací na stožárech, sloupech a příhradových konstrukcích se nevyžadují vnější ploty, jsou-li elektrické instalace na veřejně přístupných místech nedosažitelné ze země a jsou splněny bezpečné vzdálenosti (výšky).

Minimální výška živých částí a izolace u jejich izolátorů, kterou je nutno dodržet u stožárových a věžových transformoven VN/NN je **4 300 mm**. S ohledem na sněhovou pokrývku se při projektování stožárových, sloupových a věžových transformoven VN/NN doporučuje uvažovat konstrukci s minimální výškou živých částí nad zemí **5 000 mm**.

4.4.4.2 VZDÁLENOSTI OCHRANNÝCH PŘEPÁŽEK

V instalacích (bez přístupu laiků a osob seznámených) musí být dodrženy minimální vzdálenosti označené **B** od živých částí a vnitřního povrchu přepážky (viz Obrázek 4:6).

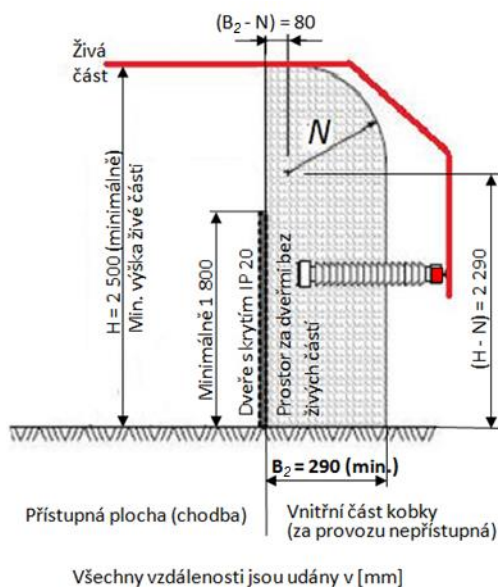
Vzdálenost B vymezuje prostor za přepážkou bez živých částí (platí pouze do určitých výšek). Izolátory v tomto vymezeném prostoru jsou přípustné.

Přepážky tvořené pevnými stěnami bez otvírání o minimální výšce 1 800 mm

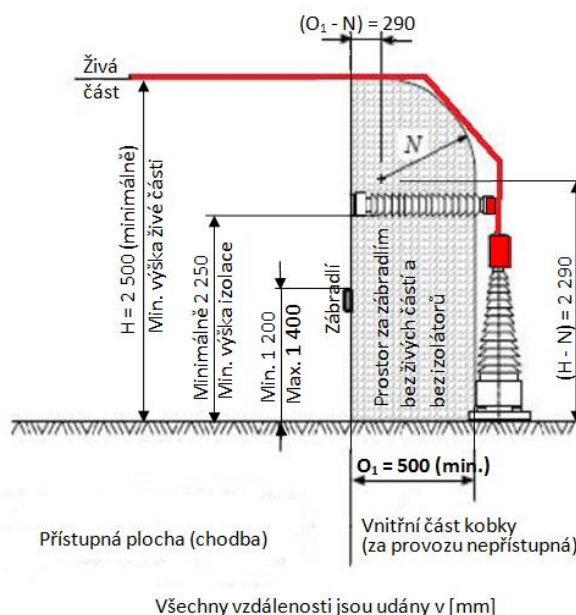
- Označení vzdálenosti: B1.
- Minimální vzdálenost: $B1 = N$ (210 mm viz Tabulka 4:6).

Přepážky o minimální výšce 1 800 mm tvořené mříží nebo pletivem s minimálním krytím IP XXB.

- 2X bez průhybu nebo pevnou stěnou s otvíráním.
- Označení vzdálenosti: B 2.
- Minimální vzdálenost: $B 2 = N + 80$ (mm).



Obrázek 4:16 Ochrana přepážkou ve vnitřní instalaci ($U_n = 22$ kV, $U_m = 25$ kV)



Obrázek 4:17 Ochrana zábranou ve vnitřní instalaci ($U_n = 22$ kV, $U_m = 25$ kV)³⁵

4.4.4.3 VZDÁLENOSTI OCHRANNÝCH ZÁBRAN

V instalacích (bez přístupu laiků a osob seznámených) musí být dodrženy minimální vzdálenosti označené **O** od živých částí a izolátorů k vnitřnímu povrchu zábrany (viz Obrázek 4:7).

Ochrannou zábranu tvoří například stěny s výškou nižší než **1 800 mm**, mříže nebo pletivo s krytím nižším než IP 20 a především zábradlí.

Zábradlí: Jeho horní okraj se umísťuje v minimální výšce **1 200 mm** a v maximální výšce **1 400 mm** nad přístupnou plochou.

4.4.4.4 ZÁSUVNÉ DĚLÍCÍ STĚNY

Pro instalace bez trvale namontovaných dělících stěn/příček se musí opatřit vhodné zásuvné dělící stěny, aby se oddělily sousední skříně nebo kobky pod napětím v souladu s provozními požadavky. Zásuvné dělící stěny, které zasáhnou do prostoru ohrožení během instalace nebo demontáže, nebo které se nachází uvnitř prostoru ohrožení, musí vyhovět požadavku kladenému na pohyblivé/přemístitelné izolační desky.

³⁵ PNE 33 3201

4.5 ROZDĚLENÍ PROSTŘEDKŮ OCHRANY PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM

V předcházející kapitole zmíněné technické normy rozlišují tyto skupiny **prostředků ochrany** proti nebezpečnému dotyku:

- Prostředky **ochrany základní** – ochrana proti přímému dotyku s nebezpečnou živou částí pod napětím.
- Prostředky **ochrany při poruše** – proti nepřímému dotyku s neživou částí, která se v důsledku poruchy stala nebezpečnou částí pod napětím.
- Prostředky **zvýšené ochrany** – zajišťují zároveň ochranu základní i ochranu při poruše.
- Prostředky **doplňkové ochrany** – jsou součástí ochranných opatření proti přímému i nepřímému dotyku a realizují se ve zvláštních podmínkách (např. zvlášť nebezpečné prostředí).

Vhodná kombinace **prostředků ochrany** pak představuje konkrétní **ochranné opatření** pro dané elektrické zařízení.

POZNÁMKA: Každá z uvedených norem rozděluje ochranné prostředky poněkud jinak. Tabulka 4:10 níže je člení tak, **jak jsme zvyklí**, a uvádí pouze ty prostředky, které v distribuční soustavě i domovních instalacích **obvykle používáme**.

Tabulka 4:10 Rozdělení prostředků ochrany před úrazem elektrickým proudem

Prostředky ochrany základní (za normálních podmínek brání dotyku živých částí pod napětím) Viz kapitola 4.6.1 Příručky	Prostředky ochrany při poruše Viz kapitola 4.6.2 Příručky	Prostředky zvýšené ochrany (zajišťují základní ochranu i ochranu při poruše) Viz kapitola 4.6.3 Příručky
Ochrana základní izolací	Automatické odpojení od zdroje	Zesílená izolace
Ochrana přepážkami a kryty	Přídavná izolace	Ochranné oddělení obvodů (oddělení dvojitou nebo zesílenou izolací)
Ochrana zábranou	Ochranné pospojování	
Ochrana polohou	Jednoduché oddělení (oddělení základní izolací)	
Ochrana omezením ustáleného dotykového proudu a energie	Indikace a odpojení ve VN instalacích a sítích	
Ochrana omezením napětí	Nevodivé okolí	
Ochrana doplňkovou izolací	Řízení potenciálu	
Doplňková ochrana proudovým chráničem		

4.6 POPIS JEDNOTLIVÝCH PROSTŘEDKŮ OCHRANY PŘED ÚRAZEM EL. PROUDEM

Jednotlivé články této kapitoly navazují na **Tabulku 4:10 Rozdělení ochranných prostředků před úrazem elektrickým proudem**.

4.6.1 PROSTŘEDKY OCHRANY ZÁKLADNÍ

Jedná se o prostředky chránící proti přímému dotyku s nebezpečnou živou částí, kdy EZ je v bezporuchovém stavu.

4.6.1.1 OCHRANA ZÁKLADNÍ IZOLACÍ

- Za izolované lze považovat ty části EZ, které jsou úplně pokryty izolací odstranitelnou pouze jejím zničením.
- Izolace musí odolávat namáhání, kterému je vystavena během provozu, jako jsou mechanické, chemické, tepelné či elektrické vlivy.
- Izolace musí vyhovovat požadavkům příslušných norem pro EZ.



Obrázek 4:18 Použití jednotlivých druhů izolací

POZOR: Barvy a nátěry živých částí se nepovažují za prostředek základní ochrany. Jde jen o ochranu EZ proti vnějším vlivům.

4.6.1.2 OCHRANA PŘEPÁŽKAMI A KRYTY

- U těchto ochranných zařízení definujeme stupně krytí pomocí IP kódů, viz kap. 4.2.3.
- Jedná se zpravidla o součást EZ.
- Přepážky a kryty musí vyhovovat minimálně stupni krytí IP xxB (IP 2x).
- Vodorovný horní povrch krytů a přepážek musí vyhovovat alespoň stupni krytí IP xxD (IP 4x).
- Přepážky a kryty musí být pro dané podmínky a charakter vnějších vlivů dostatečně mechanicky odolné.
- Přepážky a kryty musí být možno odstranit pouze za pomoci nástroje nebo klíče.

4.6.1.3 OCHRANA ZÁBRANOU

- U elektrických zařízení NN brání proti přímému dotyku s nebezpečnou živou částí.
- U elektrických zařízení VN, VVN či ZVN brání proti vniknutí do ochranného prostoru.
- Zóna přiblížení je prostor vně ochranného prostoru. Při pohybu osob a práci na elektrickém zařízení zde nedochází k narušení ochranného prostoru. Nejedná se tedy o práci pod napětím.
- Tento druh ochrany je určen pouze do prostor, kde mají přístup osoby s odpovídající odbornou způsobilostí dle NV 194/2022 Sb.
- Zábrana nechrání před úmyslným dotykem, tzn., že je zakázána pro prostory s volným přístupem laiků.
- Zábrana na rozdíl od krytu může být odstranitelná pouze rukou, nikoliv však samovolně, neúmyslně.
- Zábrana je obvykle vyrobena z izolantu (např. dřevěná závora).
- Někdy se lze setkat se zábranou v podobě kovové mříže.



Obrázek 4:19 Ochrana zábranou — závora



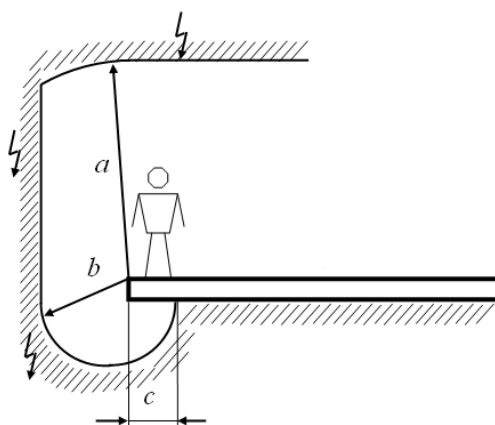
Obrázek 4:20 Ochrana zábranou — mříž

UMÍSTĚNÍ ZÁBRAN

Vzdálenosti pro umístění zábran řeší v PNE 33 0000–6.

4.6.1.4 OCHRANA POLOHOU

- Zamezuje náhodnému dotyku živých částí jejich umístěním mimo běžný dosah.
- U elektrických zařízení NN brání proti přímému dotyku s nebezpečnou živou částí.
- U elektrických zařízení VN, VVN či ZVN brání neúmyslnému vniknutí do zóny přiblížení.
- Pro různé způsoby umístění živých částí jsou stanoveny tři základní směry označené malými písmeny **a**, **b**, **c**.
- Pro každý směr je stanovena délka v metrech. Velikost jednotlivých délek závisí na tom, zda se jedná o prostor, kde mají přístup pouze osoby s příslušnou elektrotechnickou odbornou způsobilostí, nebo o prostor s možností přístupu **laiků**.
- Prostory se dále dělí na **vnitřní** a **venkovní**.



Obrázek 4:21 Ochrana polohou

Tabulka 4:11 Vzdálenosti pro ochranu polohou

Prostor vnitřní	Prostor venkovní	Prostor s přístupem laiků
a = 2,5 m	a = 2,7 m	a = 5 m do 52 kV a = 6 m pro VVN
b = 1,25 m do 1000 V b = 1,5 m do 52 kV	b = 1,25 m do 1000 V b = 1,5 m do 52 kV	b = 3 m
c = 0,75 m do 1000 V c = 0,95 do 52 kV	c = 0,75 m do 1000 V	c = 0,75 m do 1000 V

4.6.1.5 OCHRANA OMEZENÍM USTÁLENÉHO DOTYKOVÉHO PROUDU A ENERGIE

Účelem této ochrany je zajistit, aby byl proud protékající lidským tělem v důsledku přímého či nepřímého dotyku části EZ omezen na hodnotu, která nemůže být nebezpečná nebo citelná.

Tabulka 4:12 Mezní hodnoty proudu a náboje

	Mezní proud		Uložená energie
	AC	DC	
Doporučená hodnota	0,5 mA	2 mA	5 μ J
Mezní hodnota	3,5 mA	10 mA	0,5 mJ

Původně norma uváděla hodnoty nahromaděného náboje, a sice 0,5 μ C a 50 μ C.

V kabelových sítích, i dalších elektrických zařízeních, je nutno počítat s jevem **zbytkového náboje**, který může být po vypnutí vedení/zařízení nebezpečný, a pro jeho vybití musí být provedena potřebná opatření (vybíjecí odporník, popř. vybití na základě organizačního opatření).

4.6.1.6 OCHRANA OMEZENÍM NAPĚTÍ

Základní ochrana omezením napětí je splněna, pokud platí tyto podmínky:

- a) dotykové napětí za žádných okolností nepřekračuje,
 - efektivní hodnotu **25 V** střídavého napětí nebo **60 V** stejnosměrného nezvlněného napětí v prostorech suchých a nepředpokládá se dotyk lidského těla s částmi pod napětím na velké ploše,
 - efektivní hodnotu **6 V** střídavého napětí nebo **15 V** stejnosměrného nezvlněného napětí v prostorech ostatních,
- b) bezpečnostní úroveň je ekvivalentní bezpečnostní úrovni pro SELV nebo PELV.

4.6.1.7 OCHRANA DOPLŇKOVOU IZOLACÍ

Jedná se o ochranné pomůcky, mezi které mohou patřit **izolační rukavice, izolační koberce, izolační zkušební tyče, izolační obuv** atd. Ochranné a pracovní pomůcky, používané při práci a obsluze na elektrickém zařízení, musí být vždy v dobrém stavu, musí být podle příslušných norem nebo předpisů v předepsaných lhůtách zkoušeny, o čemž musí být vedeny záznamy. **O jejich řádném stavu je nutné se přesvědčit před každým použitím. O používání pomůcek musí být pracovníci poučeni a v práci s nimi vyškoleni.**



Obrázek 4:22 Ochranné pomůcky v elektrické stanici

4.6.1.8 DOPLŇKOVÁ OCHRANA PROUDOVÝM CHRÁNIČEM

V síti AC musí být doplňková ochrana provedena citlivými proudovými chrániči **s diferenciálním proudem $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$** , a to u:

- zásuvek, jejichž jmenovitý proud nepřekračuje 20 A, které jsou používány laiky,
- v prostorech určených pro samostatnou domácnost musí být doplňková ochrana pomocí proudového chrániče (RCD), jehož jmenovitý reziduální pracovní proud nepřekračuje 30 mA, zajištěna pro AC koncové obvody napájející svítidla,
- mobilních zařízení určených pro venkovní použití, jejichž jmenovitý proud nepřesahuje 32 A.

POZNÁMKA: Z tohoto pravidla jsou vyňaty zvláštní zásuvky určené pro připojení speciálního druhu zařízení. Sem mohou patřit zásuvky pro zařízení kancelářské a výpočetní techniky nebo pro chladničky, tj. zásuvky pro napájení zařízení, jehož nežádoucí vypnutí by mohlo být příčinou značných škod).

POZNÁMKA: Symbol Δ (delta) označuje rozdíl (zde rozdílový, někdy též „reziduální“ proud)

4.6.2 PROSTŘEDKY OCHRANY PŘI PORUŠE

Jedná se o prostředky ochrany, kdy se EZ nachází v poruchovém stavu.

4.6.2.1 OCHRANA AUTOMATICKÝM ODPOJENÍM OD ZDROJE

Tento druh ochrany je realizován automatickým odpojením od zdroje během předepsané krátké doby. Samotné odpojení mají za úkol ochranné a jistící přístroje, mezi které mohou patřit:

- pojistky,
- jističe,
- proudové chrániče (RCD).

4.6.2.1.1 POJISTKY

Jedná se o ochranný elektrický přístroj, který chrání elektrická zařízení před účinky nadproudů. Výhodou pojistky oproti jističi je, že v případě použití do přístrojů ji lze vyrobit ve velmi malém provedení, a naopak v případě velkých proudů a napětí je díky své schopnosti zhaset velké zkratové proudy v řádu 100 kA možno ji využít pro napěťové hladiny VN. Nevýhodou oproti jističi je, že **po vybavení se pojistka musí vyměnit. Je zakázáno pojistky opravovat nebo přemostňovat.** Konstrukčně se pojistky vyrábí ve třech základních provedeních a to jako:

- **válcové** – nejčastěji v přístrojové technice nebo v energetice nejčastěji jako VN,
- **nožové** – nejčastěji jako jištění elektrických strojů a pro přípojkové skříně,
- **závitové** – nejčastěji u starších instalací a přípojkových skříní.

POZNÁMKA: Je nutné dbát na to, aby proudová hodnota pojistkové vložky nebyla větší než proudová hodnota pojistkového spodku.

KONSTRUKCE POJISTKY

Pojistka je složena z pojistkového spodku a pojistkové vložky. Pojistková vložka obsahuje ukazatel stavu, kontakty, tavný vodič, což je nejslabší místo v obvodu, keramické pouzdro a hasivo. Hasivo je křemičitý písek předepsané velikosti. Výjimku mohou tvořit přístrojové pojistky MN i NN, kde se lze setkat se skleněným krytem a hasivo zde díky malým proudům není nutné.



Obrázek 4:23 Válcová pojistka NN



Obrázek 4:24 Nožová pojistka MN



Obrázek 4:25 Pojistková vložka VN



Obrázek 4:26 Nožová pojistková vložka NN



Obrázek 4:27 Pojistkový spodek nožové pojistky NN

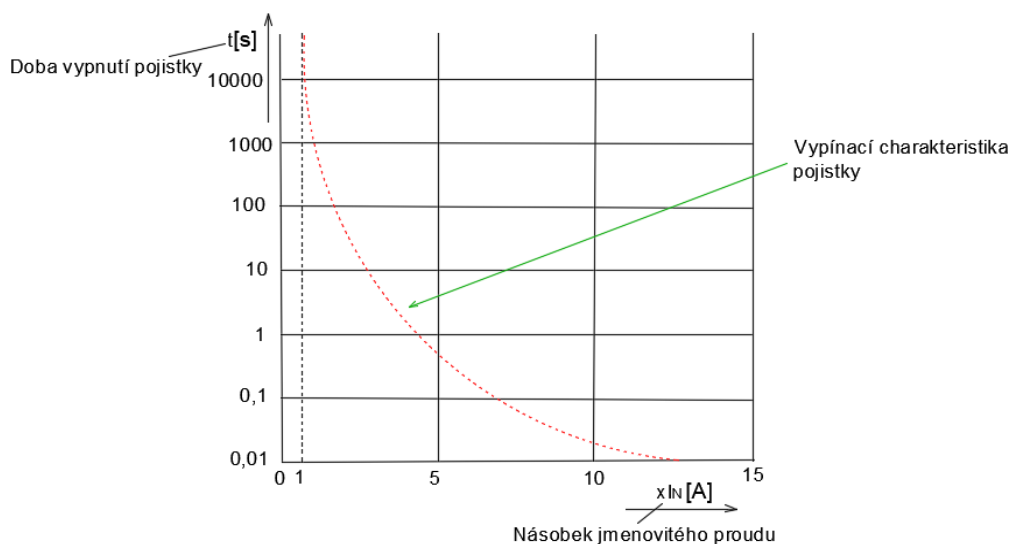


Obrázek 4:28 Manipulační držák (žehlička) pro nožové pojistky

REAKCE POJISTKY

Při průchodu nadproudu pojistkou dojde k zahřátí tavného vodiče, který se po určité době závislé na velikosti proudu přetaví. Vzniklé páry elektrického oblouku zkondenzují na povrchu křemičitých zrněk.

CHARAKTERISTIKA POJISTKY



Obrázek 4:29 Charakteristika pojistky

ZÁVITOVÉ POJISTKY

Jejich název je odvozen od skutečnosti, že hlavice a pojistkový spodek obsahují závit stejného provedení, jako např. u žárovky, který se označuje písmenem „E” (tzv. Edisonův závit). Nejčastější jsou závity E 14, E 27 a E 33, číslo udává velký průměr závitu.



Obrázek 4:30 Pojistkové vložky závitové pojistky
NN — barevné značení



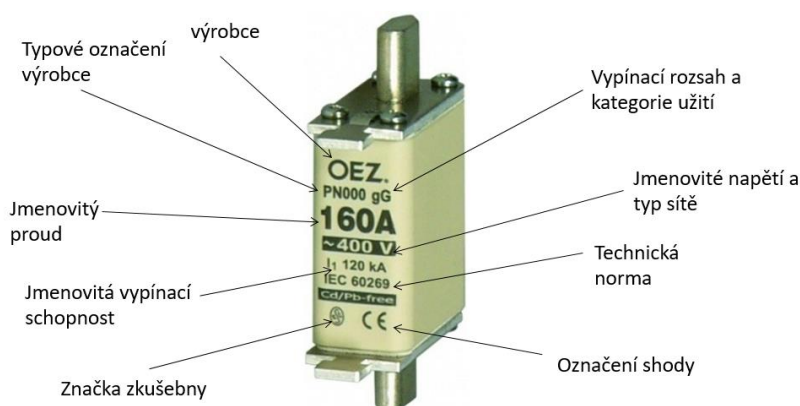
Obrázek 4:31 Pojistkový spodek s hlavicí závitové
pojistky

Tabulka 4:13 Barevné značení závitových pojistek

Jmenovitý proud	Název barvy	Barevné značení	Závit
2 A	růžová		E27
4 A	hnědá		E27
6 A	zelená		E27
10 A	červená		E27
16 A	šedá		E27
20 A	modrá		E27
25 A	žlutá		E27
35 A	černá		E33
50 A	bílá		E33
63 A	měděná		E33
80 A	stříbrná		E33

NOŽOVÉ POJISTKY NN

Složeny jsou z pojistkového spodku a pojistkové vložky. Pro výměnu musí být zpracován pracovní postup.



Obrázek 4:32 Vysvětlení údajů na pojistkové vložce nožové pojistky NN

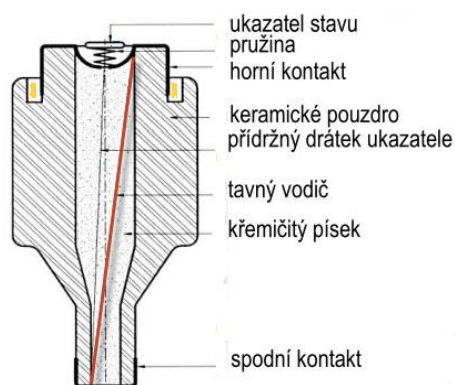
Malá písmena:

- g** pojistka vypíná v celém rozsahu vypínací charakteristiky
- a** pojistka vypíná jen v části charakteristiky a pracuje v součinnosti s tepelným relé

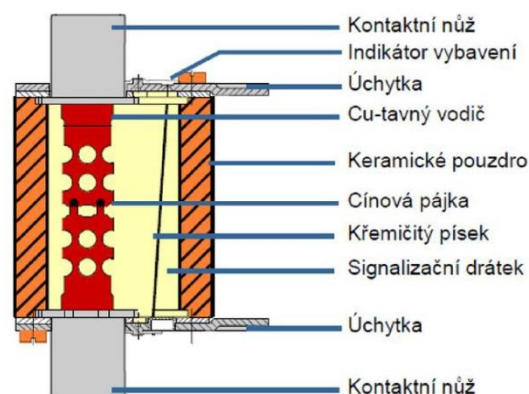
Velká písmena:

- G** všeobecné použití především pro vedení
- Tr** použití pro transformátory
- M** použití pro motory
- R** použití pro polovodiče

POZNÁMKA: Pro **pojistkové skříně** se využívají především **pojistky typu gG** a pro jištění **sekundární strany transformátoru VN/NN** **pojistky typu gTr**. Pro **motory**, kde není žádoucí vypínat obvod při krátkodobém působení malých nadproudů, se používají **pojistky typu aM**.



Obrázek 4:33 Konstrukce závitové pojistky³⁶



Obrázek 4:34 Konstrukce nožové pojistky³⁷

4.6.2.1.2 POJISTKOVÝ ODPÍNAČ NN

Řadové pojistkové odpínače jsou určeny pro nožové pojistkové vložky. Umožňují bezpečně zapínat a vypínat proudy do jmenovité hodnoty a nadproudy pod zátěží dle kategorií užití a pracovního napětí. Speciální provedení odpínačů umožňují dálkově signalizovat stav pojistek, a to v každém pólu samostatně.



Obrázek 4:35 Pojistkové odpínače³⁸

4.6.2.1.3 JISTIČE

Jističe stejně jako pojistky jsou elektrické přístroje, které jistí elektrická zařízení proti účinkům nadproudů. Jejich výhodou oproti pojistce je, že se dají po vybavení opakovaně zapnout. Dle druhu proudu lze jističe dělit na stejnosměrné, střídavé, nebo pro oba typy proudů. Hlavní rozdíl je v případě druhu proudu ve zhášecí komoře, protože stejnosměrný oblouk se zháší mnohem obtížněji než střídavý. Důvodem je skutečnost, že střídavý proud prochází nulou, když mění polaritu oproti stejnosměrnému, který si drží neustále maximální hodnotu. Dle počtu fází lze pak střídavé jističe dělit na jednofázové a třífázové.

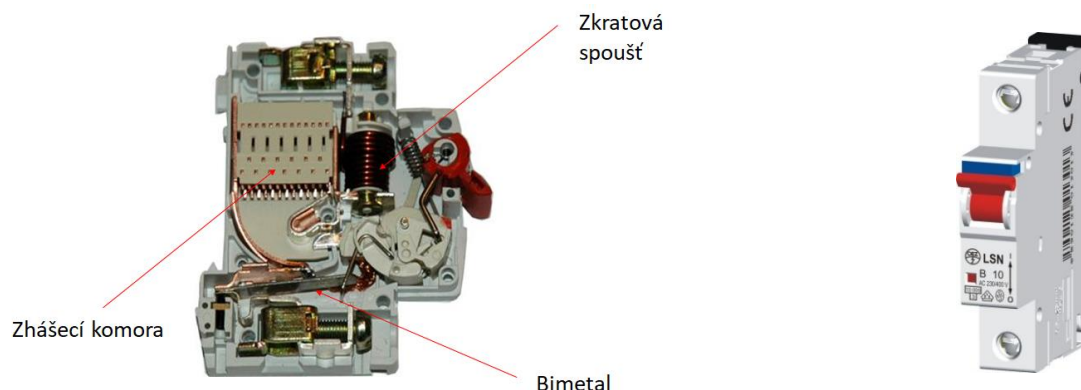
³⁶ <https://spselitdobruska.cz/wp-content/uploads/Dokumenty/Maturita/50-78-bezpecnost-v-elektrotechnice-skripta.pdf>

³⁷ <https://slideplayer.cz/slide/16252905/>

³⁸ <http://www.oez.cz/produkty/radove-pojistkove-odpinace>

KONSTRUKCE JISTIČE

Každý jistič je složen z šesti základních částí. Krytu, zkratové spouště, tepelné nebo-li bimetalové spouště, zhášecí komory, hlavních kontaktů a ovládací páčky. Někdy se pro jističe, proudové chrániče a další elektrické přístroje umístěné v rozváděči používá pojem **modulární přístroje**. Tento název je odvozen od skutečnosti, že jsou konstruovány jako moduly stavebnice, kdy je lze dle potřeby **umísťovat do rozváděče** na tzv. **DIN lištu**.



Obrázek 4:36 Konstrukce jednofázového AC jistič

BAREVNÉ ZNAČENÍ JISTIČŮ

Toto značení je obdobné jak u závitových pojistek jen s malými rozdíly. V praxi nemusí být vždy barevné značení výrobcem dodrženo.

POZNÁMKA: Páčka směrem nahoru znamená zapnutý stav jističe oproti páčce směrem dolů, což znamená vypnutý nebo vybavený jistič.

Tabulka 4:14 Barevné značení jističů

Jmenovitý proud	Název barvy	Barevné značení	Jmenovitý proud	Název barvy	Barevné značení
0,2-0,6 A	černá		16 A	šedá	
2 A	růžová		20 A	modrá	
4 A	hnědá		25 A	žlutá	
6 A	zelená		32 A	fialová	
8 A	světle zelená		40 A	černá	
10 A	červená		50 A	bílá	
13 A	písková		63 A	měděná	

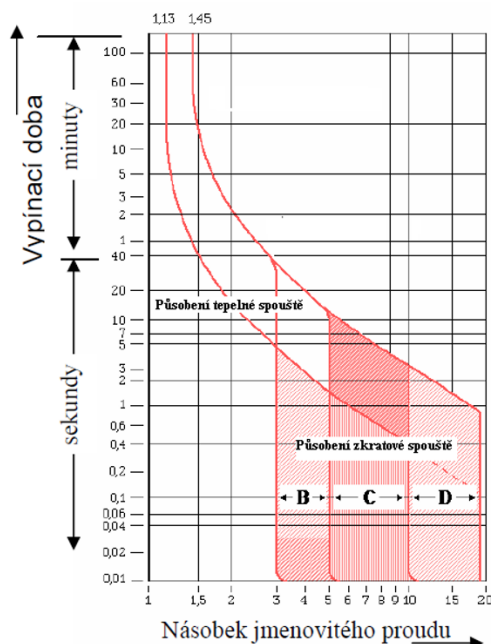
REAKCE JISTIČE

Na velké nadproudy reaguje zkratová spoušť dle její citlivosti téměř okamžitě. Na malé nadproudy reaguje bimetalová spoušť za delší časový úsek dle vypínací charakteristiky jističe.

CHARAKTERISTIKA JISTIČŮ

Jističe bývají označeny tiskacími písmeny latinské abecedy, nejčastěji jde o symboly B, C, D. Tato písmena označují citlivost jističe, resp. jeho zkratové spouště, na velikost zkratového proudu a označují jeho vypínací charakteristiku.

POZNÁMKA: V domovních instalacích se obvykle využívají jističe s charakteristikou typu „B”. Jističe typu „C” a „D” se využívají především pro jištění elektrických strojů. Pro jejich použití jako hlavního jističe před elektroměrem je nutná domluva s provozovatelem distribuční sítě.



Obrázek 4:37 Charakteristika jističů³⁹

4.6.2.1.4 PROUDOVÝ CHRÁNIČ (RCD)

Jedná se o elektrický přístroj pracující na principu součtového transformátoru, využívajícího I. Kirchhoffův zákon. Jeho úkolem je hlídat unikající proudy z obvodu.

Všechny fázové vodiče (L) i nulový vodič (N) přívodu procházejí součtovým transformátorem v chrániči. Za bezporuchového stavu je součet proudů v těchto vodičích roven nule a chránič tedy nevybaví (nevypne). V případě poruchy chráněného zařízení se část elektrického proudu uzavírá ochranným vodičem (PE), který však ke chrániči není připojen. Součet proudů ve vodičích L a N pak již není roven nule, v sekundárním vinutí součtového transformátoru se indukuje elektrické napětí a vybavovací relé zajistí rozpojení hlavních kontaktů chrániče. Schéma zapojení proudového chrániče do obvodu a rozdělení proudů v poruchovém stavu je na obrázcích 4:44 a 4:45.

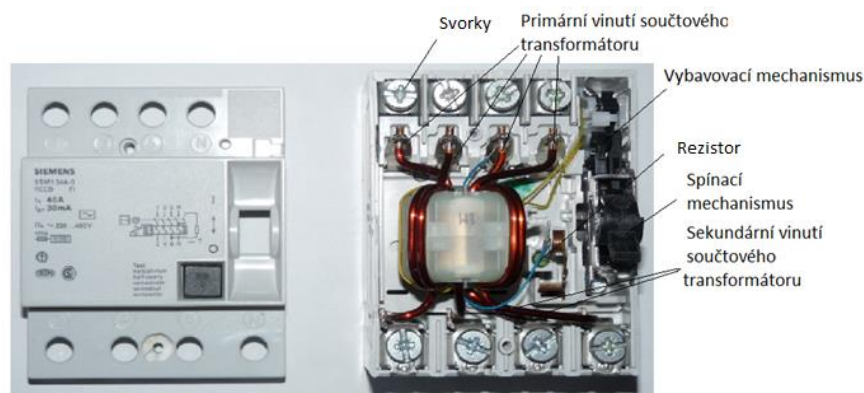
Tím lze zabránit možnosti úrazu elektrickým proudem a také požáru, který může vzniknout vlivem tepla, způsobeného uniklým proudem. Proudové chrániče jsou zhotovovány jako modulární, určené k instalaci na DIN lištu do rozváděče, zásuvkové, kdy součástí zásuvky je proudový chránič, nebo jako zásuvkový adaptér. Dle počtu pólů se lze potom setkat nejčastěji s dvoupólovými (zapojuje se L a N) a čtyřpólovými (zapojuje se L1, L2, L3 a N). Někdy se lze setkat u proudového chrániče s označením RCD tzn. Residual Current Device.

POZOR: Proudový chránič nechrání proti nadproudům a zkratům.

³⁹ <http://www.mbest.cz/wp-content/uploads/2013/01/T1.4-JISTI%C4%8CE.pdf>

KONSTRUKCE PROUDOVÉHO CHRÁNIČE

Každý proudový chránič je složen z hlavních kontaktů, součtového transformátoru, vybavovacího relé, volnoběžky, testovacího tlačítka, rezistoru, krytu a ovládací páčky, popř. tlačítka. Součtový transformátor je potom složen z magnetického jádra, primárního vinutí tvořeného pracovními vodiči (fázové a nulový) a sekundárního vinutí.



Obrázek 4:38 Konstrukce proudového chrániče⁴⁰

REAKCE PROUDOVÉHO CHRÁNIČE

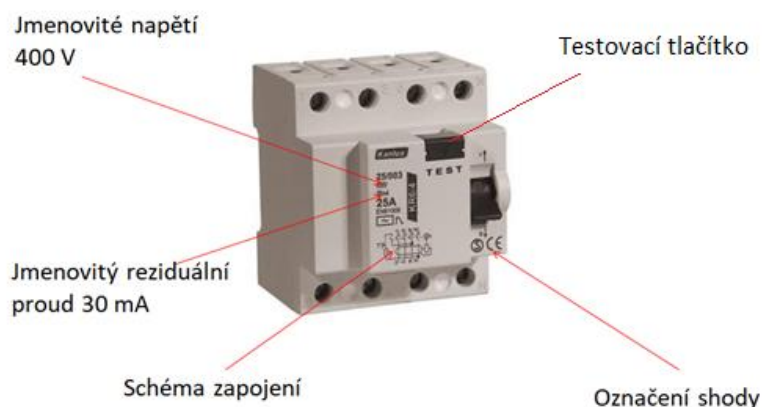
Pokud unikající proud z obvodu dosáhne alespoň jedné poloviny velikosti jmenovitého reziduálního proudu chrániče $I_{\Delta n}$, chránič zareagovat může. Pokud unikající proud z obvodu dosáhne jmenovité hodnoty reziduálního proudu chrániče $I_{\Delta n}$, chránič zareagovat musí. **Při reakci chrániče se rozpojí všechny hlavní kontakty proudového chrániče.**

HODNOTY RESIDUÁLNÍCH PROUDŮ PROUDOVÝCH CHRÁNIČŮ

Proudové chrániče se vyrábí s velikostí reziduálního proudu:

$I_{\Delta n} = 10 \text{ mA}, 30 \text{ mA}, 100 \text{ mA}, 300 \text{ mA}, 500 \text{ mA}$

POZNÁMKA: Pro všechny vývody v domovních instalacích se musí použít proudové chrániče s max. velikostí reziduálního proudu $I_{\Delta n} = 30 \text{ mA}$.



Obrázek 4:39 Označení čtyřpólového proudového chrániče

⁴⁰ <https://www.mylms.cz/jak-funguje-a-jak-zapojit-proudovy-chranic/>

NORMÁLNÍ

- Proudový chránič pro všeobecné použití – nezpožděný.
- Odolný proti rázovému proudu 250 A při tvaru vlny 8/20 μ s.
- Vypínací čas není zdola omezen, proto reaguje i na krátké proudové rázy.
- Splňuje podmínky ochrany osob před přímým i nepřímým dotykem.

TYP G

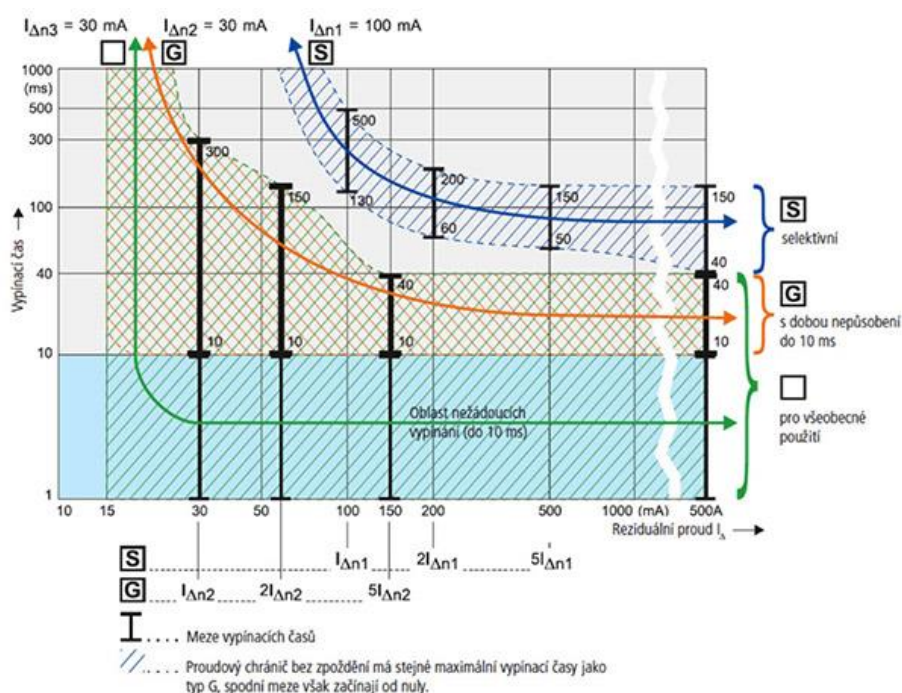
- Proudový chránič s dobou nepůsobení nejméně 10 ms (se zpožděním 10 ms).
- Horní hranice vypínací doby je stejná jako u chráničů pro všeobecné použití (bez zpoždění).
- Splňuje podmínky doplňkové ochrany při přímém dotyku se živou částí (do 30 mA).
- Užívá se všude, kde je třeba omezit nežádoucí vypínání proudových chráničů krátkými proudovými rázy.

TYP S

- Splňuje podmínky i pro rychlost vypnutí 0,4 a 0,2 s pro ochranu neživých částí.
- Proudový chránič s dobou nepůsobení nejméně 40 ms, selektivní.
- Typ S se užívá jako hlavní chránič, případně v kombinaci se svodiči přepětí třídy C.
- Výrazně omezuje nežádoucí vypínání.

POZNÁMKA: Protože proudový chránič pracuje na principu součtového transformátoru, není možné jeho použití ve stejnosměrných obvodech. Dále není možné klasické proudové chrániče použít v síti TN-C, protože síť TN-C obsahuje vodič PEN, který slučuje funkci N a PE vodičů.

CHARAKTERISTIKA PROUDOVÉHO CHRÁNIČE



Obrázek 4:40 Charakteristika proudového chrániče



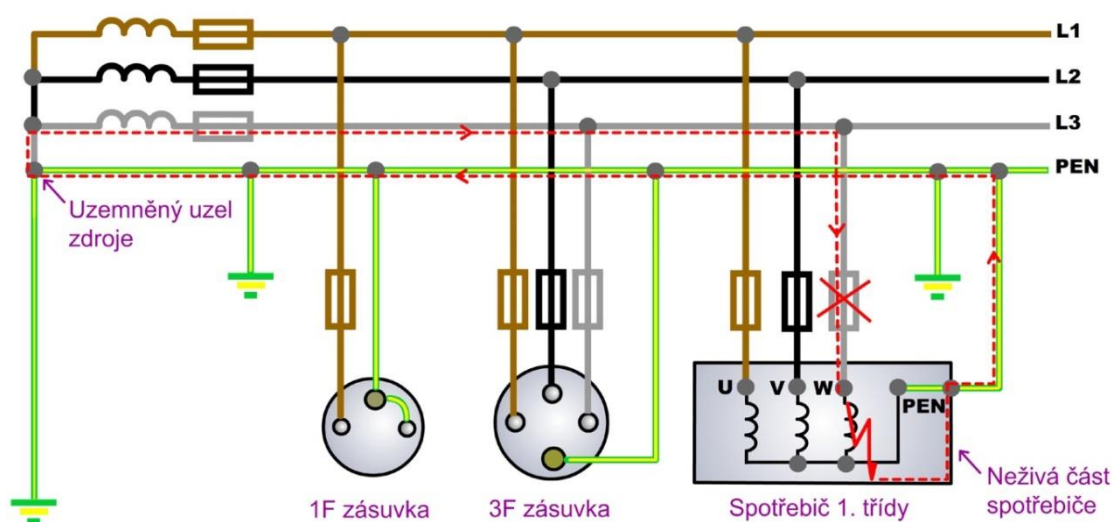
Obrázek 4:41 Modulární řazení jističů s proudovým chráničem⁴¹



Obrázek 4:42 Zásuvka s RCD — bezpečnostní adaptér FI-DOS⁴²

4.6.2.2 PRINCIP FUNGOVÁNÍ OCHRANY AUTOMATICKÝM ODPOJENÍM OD ZDROJE V SÍTÍCH TN A TT

4.6.2.2.1 PORUCHOVÝ STAV V SÍTI TN-C



Obrázek 4:43 Poruchová smyčka v síti TN-C

4.6.2.2.2 PODMÍNKA PROVEDENÍ SÍTĚ TN-C

V pevných instalacích může jediný vodič zároveň fungovat jako ochranný i jako nulový vodič (PEN), a to za předpokladu, že jsou splněny požadavky na jeho průřez (10 mm² Cu, 16 mm² Al); přitom do vodiče PEN nesmějí být zařazována žádná jističí, spínací ani odpojovací zařízení.

⁴¹ <https://www.elektroprumysl.cz/elektroinstalace/proc-vyuziti-normy-pro-krabice-a-uplne-kryty-nedava-pri-vyrobe-rozvadecu-smysl>

⁴² <https://elektrika.cz/data/clanky/abb-epj-vyhody-zasuvek-s-proudovymi-chronici-a-dalsich-pristroju-fi-dos-od-abb>

Vodiče PEN v síti TN-C se musí zemnit buď samostatným zemničem nebo spojit s uzemněnou soustavou mimo uzel zdroje (nebo pracovní uzemněného místa zdroje) v těchto místech:

Ve venkovních rozvodech:

- venkovního vedení každých 500 m a na jeho konci a u odboček delších než 200 m na jejich koncích,
- u kabelového vedení delšího než 200 m od místa předchozího uzemnění a na jeho konci,
- u přípojkových skříní (například hlavních domovních), jsou-li vzdáleny od nejbližšího místa uzemnění více než 100 m,
- u dočasných pracovišť krátkodobého použití umístěných mimo trvalé objekty a obdobných pohyblivých zařízení a v objektech, kde se kladou na ochranu před dotykem zvláštní požadavky (například prádelny, veřejné lázně apod.)

Ve vnitřních rozvodech:

- u objektů s vlastním transformátorem vždy u hlavních rozváděčů,
- u objektů bez vlastního transformátoru, je-li hlavní rozváděč přímo připojen na síť,
- u hlavních rozváděčů, jsou-li vzdáleny od nejbližšího místa uzemnění více než 100 m,
- u podružných rozváděčů, jsou-li vzdáleny od nejbližšího místa uzemnění více než 100 m,
- na konci odboček delších než 200 m od místa předchozího uzemnění.

POZNÁMKA: Vyskytnou-li se v dosahu rozvodné sítě zvláště dobrá uzemnění (kovové konstrukce, vodovodní potrubí apod.), musí být spojena s ochranným vodičem.

Jako náhodný ochranný vodič se nesmí použít plynového potrubí, kovových žebříků a některých dalších konstrukcí. Vodič PE ani PEN se nesmí jistit. Vodiče PE a PEN se dimenzují dle ČSN 33 2000-5-54.

4.6.2.2.4 ČSN 33 2000-5-54

Tato norma je určena pro zřizování uzemnění a pro ochranné vodiče včetně vodičů ochranného pospojování tak, aby elektrická instalace byla bezpečná. Norma je zaměřena na provedení uzemnění a pospojování v objektech a prostorech s elektrickými instalacemi. Doplnuje jednak požadavky ČSN 33 2000-4-41 z hlediska ochrany automatickým odpojením od zdroje a je také výchozím dokumentem pro pospojování prováděné z hlediska ochrany před elektromagnetickým rušením. V normě jsou uvedeny požadavky na ochranné vodiče a vodiče pro uzemnění (minimální průřezy a materiál). Nově norma zohledňuje též požadavky na uzemnění z hlediska ochrany před bleskem.

Zemní odpor pracovního uzemnění uzlu zdroje (transformátor, generátor) nebo pracovní uzemněného místa zdroje nemá být vyšší než 5 Ω . Nelze-li tuto podmínku ve ztížených podmínkách dosáhnout obvyklými prostředky, dovoluje se zemní odpor vyšší, nejvýše však 15 Ω . Celkový zemní odpor ochranných vodičů odcházejících z transformovny včetně uzemněného uzlu zdroje nesmí být pro síť se jmenovitým napětím $U_0 = 230 \text{ V}$ větší než 2 Ω . Tato hodnota se nemusí dodržet v případě, že v místě uzemnění je malá vodivost půdy.

Jednotlivá uzemnění vodiče PEN v síti TN-C nebo vodiče PE v síti TN-S mají mít odpor uzemnění nejvýše 15 Ω. Není třeba klást zemní pásky o celkové délce větší než 20 m nebo jiné rovnocenné zemniče.

Na konci vedení a odboček sítě a v uzlu zdroje má být odpor uzemnění nejvýše 5 Ω a není třeba klást zemní pásky o celkové délce větší než 50 m nebo jiné rovnocenné zemniče.

4.6.2.2.5 VYPÍNACÍ ČASY

Tabulka 4:15 Vypínací časy

Jmenovité napětí U_0 [V]	Doba odpojení t [s]
120	0,8
230	0,4
400	0,2
> 400	0,1

POZNÁMKA: Pro DS jsou vypínací časy uvedeny v PNE 33 0000-1.

4.6.2.2.6 PODMÍNKA SÍTĚ TN-C

$$I_a \cdot Z_s \leq U_0 \qquad Z_s \leq \frac{c \cdot U_f}{I_n \cdot 3,5}$$

Obecný vzorec

Vzorec pro ověření hodnoty impedance smyčky v DS včetně zohlednění chyby měřicího přístroje.

Kde:

I_a – vypínací proud ochrany [A]

U_0 – fázové napětí DS tzn. [V]

Z_s – impedance poruchové smyčky [Ω]

c – koeficient 0,95

Pro sítě vybudované před 1. 11. 1999 platí vzorce viz článek 3.14.8

4.6.2.2.7 PODMÍNKA PROVEDENÍ SÍTĚ TT

- Všechny neživé části chráněné společně stejným ochranným přístrojem musí být spojeny ochrannými vodiči se zemničem, který je pro všechny tyto neživé části společný.
- Nulový nebo střední bod uzlu zdroje musí být uzemněn.
- Při poruše, tj. průrazu ze živé na neživou část, dojde k zemnímu spojení. Protože je uzel zdroje uzemněn, prochází poruchový proud ze zdroje fázovým vodičem až do místa poruchy, odtud ochranným vodičem a uzemněním chráněného zařízení do země a zemí přes uzemnění uzlu zdroje ke zdroji.
- V této síti, pokud je použita u elektrických instalací NN, je nutné osazení proudového chrániče, protože je těžké dosáhnout požadované hodnoty uzemnění spotřebiče a splnit při použití klasických jisticích prvků podmínku $R_a \cdot I_a \leq 50 \text{ V}$.

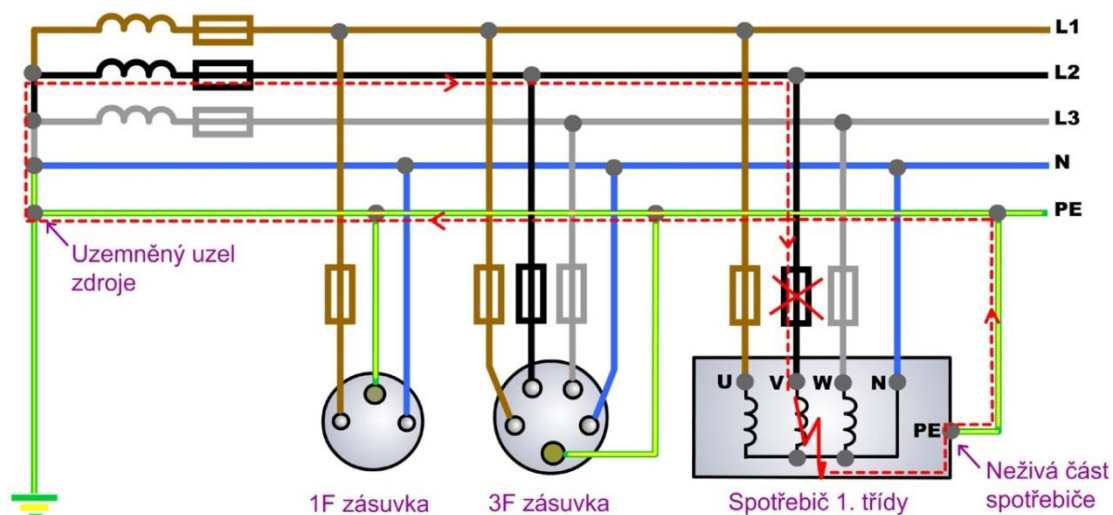
$$R_a \cdot I_{\Delta n} \leq 50 \text{ V}$$

Kde:

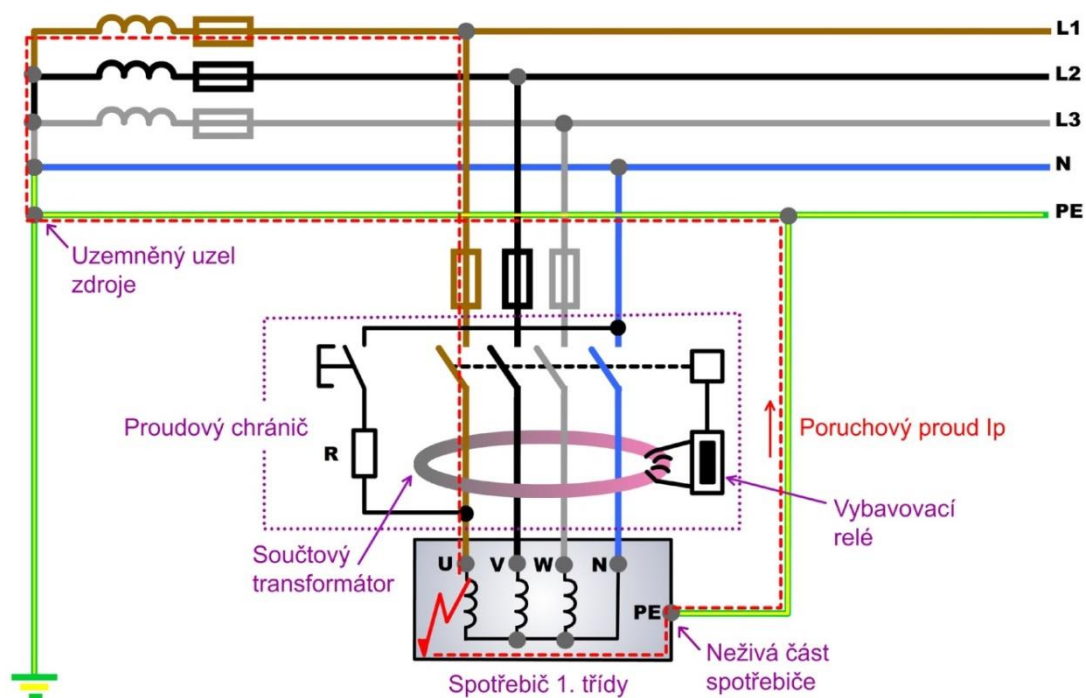
$I_{\Delta n}$ – jmenovitý reziduální vybavovací proud proudového chrániče [A]

50 V – mezní hodnota dovoleného dotykového napětí [V]

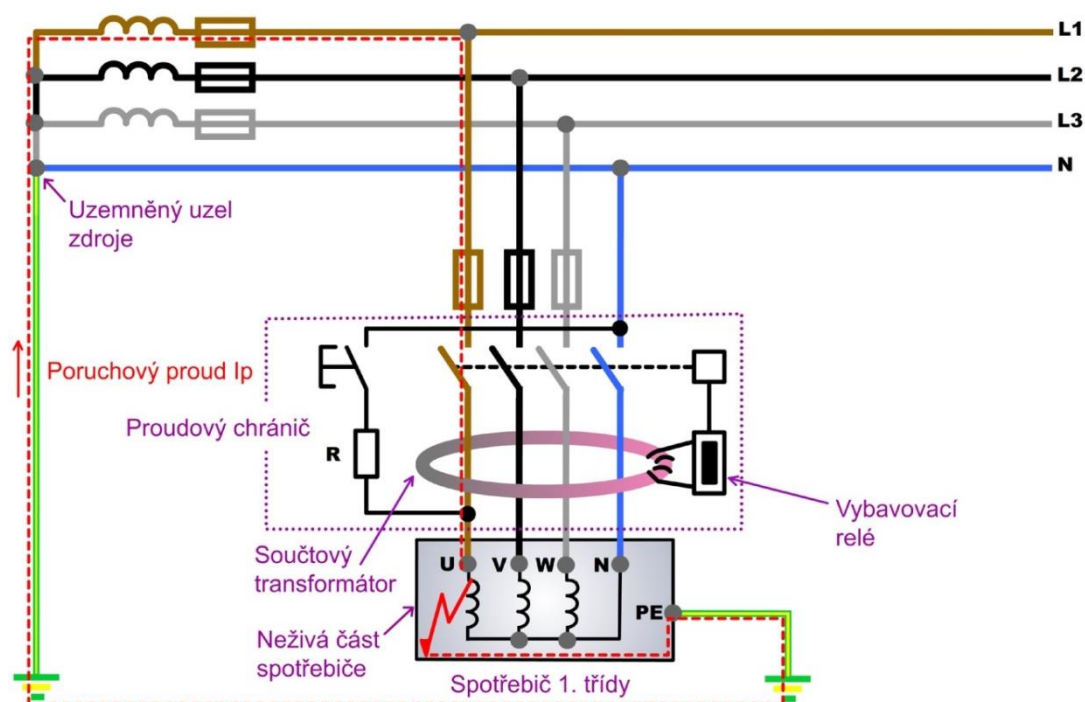
R_a – součet odporů zemniče a ochranného vodiče neživé části [Ω]



Obrázek 4:44 Poruchová smyčka v síti TN-S



Obrázek 4:45 Poruchová smyčka v síti TN-S v zapojení s proudovým chráničem



Obrázek 4:46 Poruchová smyčka v síti TT v zapojení s proudovým chráničem

4.6.2.2.11 VYPÍNACÍ ČASY V SÍTI TT

Tabulka 4:16 Vypínací časy v síti TT

Jmenovité napětí U_0 [V]	Doba odpojení t [s]
50 – 120	0,3
120 – 230	0,2
230 – 400	0,07
>400	0,04

POZNÁMKA: Uvedené časy platí pro reakci proudového chrániče na danou poruchu.

4.6.2.3 PŘÍDAVNÁ ČI ZESÍLENÁ IZOLACE

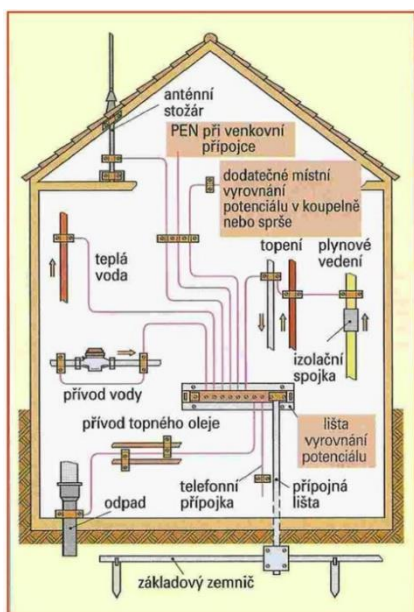
Základní ochrana je zajištěna **základní izolací**, ochrana při poruše **přídavnou izolací** nebo základní ochrana i ochrana při poruše jsou zajištěny **zesílenou izolací** mezi nebezpečnými živými částmi a přístupnými částmi. Elektrické zařízení, které má pouze základní izolaci, musí být doplněno přídavnou izolací v průběhu výstavby (montáže) elektrické instalace. **Na viditelném místě povrchu a vnitřku krytu musí být umístěna značka.**



Obrázek 4:47 Štítek spotřebiče s přídavnou izolací

4.6.2.4 OCHRANNÉ POSPOJOVÁNÍ

- Slouží k vyrovnání potenciálů zejména mezi částmi, které mohou být současně přístupné dotyku.
- V nízkonapěťových instalacích se uzemněné ochranné pospojování běžně skládá z:
 - **Hlavního pospojování** – spojuje se navzájem hlavní ochranný vodič, hlavní uzemňovací přívod sloužící pro rozvod vody a plynu, kovové konstrukční části atd.
 - **Doplňujícího pospojování.**
 - **Místního pospojování.**
- Soustava ochranného pospojování **musí mít dostatečně nízkou impedanci**, aby se zabránilo nebezpečnému rozdílu potenciálů mezi vodivými částmi v případě poruchy.



Obrázek 4:48 Ochranné pospojování⁴³



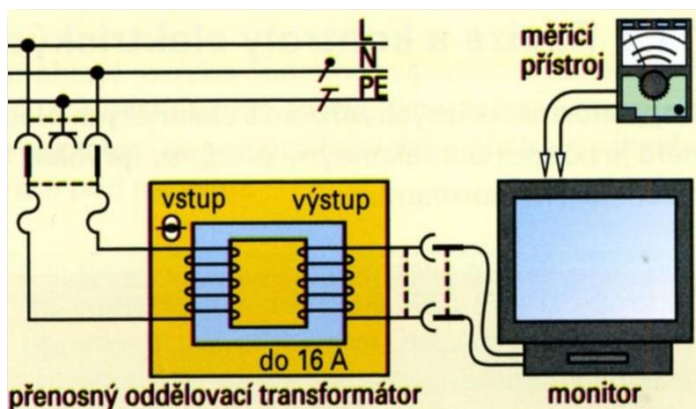
Obrázek 4:49 Ekvipotenciální svorkovnice pro ochranné pospojování⁴⁴

4.6.2.5 JEDNODUCHÉ ELEKTRICKÉ ODDĚLENÍ OBVODŮ

- Ochrana při poruše je zajištěna jednoduchým oddělením sekundárního obvodu od ostatních obvodů a od země základní izolací.
- Kromě případu, kdy je instalace pod dozorem, musí být toto opatření omezeno na jeden spotřebič napájený z jednoho neuzemněného zdroje s jednoduchým oddělením.
- Princip oddělení spočívá v tom, že zdroj, kterým může **být transformátor, generátor nebo elektrický článek**, ani celý napájený obvod nejsou nikde, (kromě místa, ve kterém došlo k poruše), spojeny se zemí. Při poruše se tedy obvod poruchového proudu nemůže nikde uzavřít. Poruchový proud neprochází, ani když se místa s poruchou dotýká člověk.
- Napětí elektricky odděleného obvodu **nesmí přesáhnout 500 V**.

⁴³ <https://slideplayer.cz/slide/2804457/>

⁴⁴ <https://www.elektro-trutnov.cz/elcon-eq01-svorkovnice-ekvipotencialni-pro-pospojzeni-hop-p76825/#gallery>



Obrázek 4:50 Provedení jednoduchého elektrického oddělení obvodů⁴⁵



Obrázek 4:51 Přenosný oddělovací transformátor BREVE PFN3501/2301 2GN, 2x 1150 VA⁴⁶

I

4.6.2.6 NDIKACE A ODPOJENÍ VE VN INSTALACÍCH A SÍTÍCH

Tento ochranný prostředek je podrobně popsán v kapitole 4.7 a další související informace lze nalézt v kapitolách 3.3 a 3.7.

4.6.2.7 NEVODIVÉ OKOLÍ

V okolí musí být impedance proti zemi v souladu s hodnotami v tabulce 4:17

Tabulka 4:17 Velikost izolačních odporů prostředí kolem EZ v závislosti na napětí

Velikost jmenovitého napětí sítě [V]	Minimální impedance proti zemi v okolí EZ [kΩ]
AC a DC U_n není větší jak 500 V	50 kΩ
500 V < AC i DC U_n a nepřekračuje 1000 V AC, 1500 V DC	100 kΩ

4.6.2.8 ŘÍZENÍ POTENCIÁLU

Řízení potenciálu lze provést instalací doplňujících zemničů tak, aby se snížilo dotykové a krokové napětí, které vznikne při poruše. Nejčastěji se použije zemničí pásek FeZn 30x4 mm ve tvaru **obvodových ekvipotenciálních kruhů** uložených v zemi kolem zařízení. Další související informace lze nalézt v kapitole 2.9.

4.6.3 PROSTŘEDKY ZVÝŠENÉ OCHRANY (ZÁKLADNÍ I PŘI PORUŠE)

4.6.3.1 ZESÍLENÁ IZOLACE

Základní ochrana je zajištěna základní izolací nebezpečných živých částí a ochrana při poruše je zajištěna přídatnou izolací nebo jsou základní ochrana a ochrana při poruše zajištěny zesílenou izolací mezi nebezpečnými živými částmi a přístupnými vodivými částmi.

⁴⁵ file:///C:/Users/admin/Desktop/BEZ_zkrácená%20VUT_FEKT.pdf

⁴⁶ https://www.dexhal.cz/oddelovaci-transformator-breve-pfn3501-2301-2gn-2x1150va-prenosny_z3539/

4.6.3.2 OCHRANNÉ ODDĚLENÍ OBVODŮ

Na rozdíl od jednoduchého oddělení obvodů (viz kap. 4.6.2.5) musí být **ochranné oddělení** obvodu od ostatních obvodů provedeno **základní a přídavnou izolací**, nebo **zesílenou izolací**, případně **ochranným stíněním**. Tím zajišťuje najednou jak ochranu základní, tak ochranu při poruše.

4.6.4 PROSTŘEDKY DOPLŇKOVÉ OCHRANY

Jedná se o ochranu doplňkovou izolací (viz článek 4.6.1.7) a doplňkovou ochranu proudovým chráničem (viz článek 4.6.1.8).

Dalšími prostředky, které se uplatňují pouze, jestliže je instalace řízená osobou znalou nebo poučenou nebo je pod jejím dozorem nebo pod jejím dohledem mohou být:

- Ochrana nevodivým okolím.
- Ochrana neuzemněným místním pospojováním.
- Elektrické oddělení obvodů pro napájení více než jednoho spotřebiče.

Stupně ochranných neživých částí rozvodných elektrických zařízení (normální nebo doplněná ochrana) stanovuje **kapitola 4 PNE 33 0000-1**. V prostorech **zvláště nebezpečných** je požadována **ochrana doplněná**. Části, které se při obsluze musí uchopit rukou, mají být v prostorech normálních, nebezpečných i zvláště nebezpečných vyrobeny z **izolantu**.

4.6.5 OCHRANNÁ OPATŘENÍ

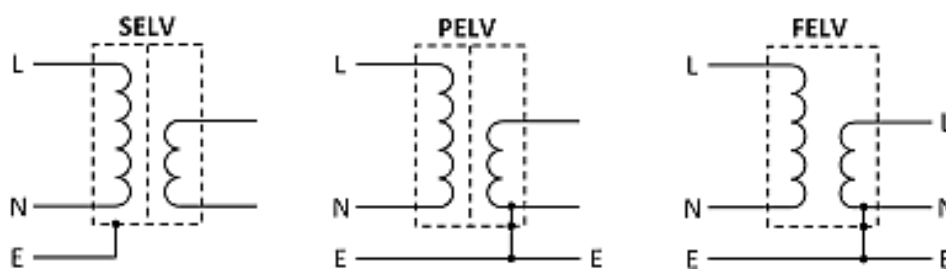
Ochranná opatření pro dané elektrické zařízení v konkrétních podmínkách jeho provozu se navrhuje jako vhodná kombinace **prostředků ochrany**, viz tabulka 4:10 v kapitole 4.5. Vybere se tedy vhodný **prostředek ochrany základní** a jeho kombinací s vybraným **prostředkem ochrany při poruše** vznikne **ochranné opatření**, které bezpečný provoz EZ zajistí. Může se samozřejmě využít i prostředku **zvýšené ochrany**, ve složitých podmínkách lze doplnit i některý z prostředků **doplňkové ochrany**.

V rozvodech NN je asi nejběžnější kombinací použití **základní izolace pro ochranu před dotykem živých částí** a použití **automatického odpojení od zdroje pro ochranu před dotykem neživých částí**, které se při poruše dostaly pod napětí. Další možné kombinace jsou graficky znázorněny v **Příloze A normy ČSN EN 61140**.

Pro informaci je níže uvedeno **ochranné opatření v obvodech malého napětí**, které využívá kombinace omezení napětí, ochranného oddělení a základní izolace. Je označeno jako **SELV** a **PELV**, pro srovnání uvádíme i obvody/sítě **FELV**.

4.6.5.1 SELV, PELV A FELV

Základem označení je zkratka ELV. Ta označuje zařízení, obvod nebo síť malého napětí (ELV — z anglického „extra low voltage“, tedy „velmi nízké napětí“, což je naše „malé napětí“). Před touto zkratkou se doplňovala další písmena, jako S — od „safety“ (bezpečné) nebo P — od „protective“ (ochranné), podle toho, jaká další ochranná opatření (kromě malého napětí) se u daných zařízení a obvodů prováděla. Pokud se v samotném obvodu s malým napětím další ochranná opatření neprováděla, předradilo se písmeno F — od „functional“ — tedy „funkční“ nebo možná výstižněji „pracovní“, takže obvod s označením FELV označuje, že je v něm použito malé napětí pouze z funkčních (pracovních), nikoliv ochranných důvodů.



Obrázek 4:52 Uspořádání ochran SELV, PELV a FELV

4.6.5.1.1 SELV

SELV je ochranné opatření, při němž je ochrana zajištěna všemi následujícími požadavky:

- omezením napětí v obvodu (síti SELV),
- ochranným oddělením sítě SELV od všech obvodů jiných než SELV a PELV,
- jednoduchým oddělením sítě SELV od ostatních sítí SELV, od sítí PELV a od země,
- není dovoleno připojení neživých částí k ochrannému vodiči nebo k zemi.

Ve zvláštních prostorech, kde je požadováno SELV a kde je použito ochranné stínění, musí být ochranné stínění (spojené např. s ochranným pospojováním napájecí sítě) odděleno od každého sousedního obvodu základní izolací určenou pro nejvyšší vyskytující se napětí.

4.6.5.1.2 PELV

PELV je ochranné opatření, při němž je ochrana zajištěna všemi následujícími požadavky:

- omezením napětí v obvodu, který může být uzemněn anebo na neživých částech, které mohou být uzemněny;
- ochranným oddělením sítě PELV od všech ostatních obvodů jiných než SELV a PELV. Jestliže je obvod PELV uzemněn a jestliže je použito ochranné stínění, je nutné mezi ochranným stíněním a sítí PELV použít základní izolaci.

Při současném dotyku živých částí sítě PELV a vodivých částí, na nichž se v případě poruchy může objevit napětí napájecího obvodu, může být mezi těmito částmi při poruše nebezpečné dotykové napětí. Proto je v takovém případě třeba uzemnit obvod PELV a všechny vodivé části, na nichž se v případě poruchy může objevit napětí napájecího obvodu, zahrnout do ochranného pospojování.

4.6.5.1.3 FELV

FELV je ochranné opatření, u něhož:

- základní ochrana je zajištěna:
 - základní izolací;
 - nebo přepážkami nebo kryty,
- ochrana při poruše je zajištěna:
 - spojením neživých částí obvodu s ochranným vodičem zdroje (napájecího obvodu), **přičemž se předpokládá, že vstupní obvod je chráněn automatickým odpojením od zdroje**, což je důvod, proč je FELV dnes přiřazeno k ochraně automatickým odpojením od zdroje;

- zdrojem malého napětí, kterým je transformátor zajišťující alespoň **jednoduché oddělení** vinutí vstupní strany od strany výstupní.

Funkční malé napětí FELV nespadá do kategorie bezpečných malých napětí, kterými jsou napětí SELV a PELV. Funkční malé napětí FELV se zde používá z **provozních důvodů** např. pro přístroje v řídicích obvodech.

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Jaké typy ochrany patří do prostředků ochrany základní?
2. Jaké je základní pravidlo ochrany před úrazem elektrickým proudem?
3. Jak zní podmínky funkce sítě TN-C?
4. Co označuje v češtině zkratka ELV?
5. V čem spočívá ochrana ochranným pospojováním?

4.7 OCHRANA PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM V SÍTÍCH VN A VVN

Opatření a způsoby ochrany před nebezpečným dotykem neživých částí zařízení nad AC 1 000 V jsou podrobně popsány v kapitole 3.4 PNE 33 0000-1 a dále v této příručce v kapitole 3.3 Ochrany, automatiky, vlastní spotřeba.

4.7.1 DOVOLENÉ DOTYKOVÉ NAPĚTÍ PRO OMEZENÉ TRVÁNÍ PRŮTOKU PROUDU U EZ NAD AC 1 000 V

Dovolená dotyková napětí U_{Tp} (U_{vTp}) na neživých částech zařízení a kroková napětí v jejich blízkosti závisí na velikosti nebezpečí úrazu v uvažovaném prostoru a čase trvání poruchy, a jsou uvedena v tabulce níže.

U elektrických zařízení v oblastech se souvislou zástavbou napájených z kabelové sítě VN kabely s vodivými, oboustranně uzemněnými plášti, o celkové délce nad 1 km (viz ČSN EN 50522) s maximálním proudem zemního spojení nebo jednofázového zkratu do 1 500 A, se vznik nebezpečných dotykových napětí v rozsahu této sítě nepředpokládá a není třeba je kontrolovat.

4.7.2 ROZDĚLENÍ OCHRAN

Ochrana neživých částí může být provedena:

- zemněním v sítích, kde není přímo uzemněný střed (uzel) (sítě IT), čl. 4.7.2.1,
- zemněním s rychlým vypnutím v sítích s přímo uzemněným středem (uzlem) (sítě TT(r)), čl. 4.7.2.2,
- zemněním s rychlým vypnutím v sítích, kde není přímo uzemněný střed (uzel) (sítě IT(r)), čl. 4.7.2.3,
- pospojováním (uvedením na stejný potenciál)¹, čl. 4.7.2.4,
- izolací, čl. 4.7.2.5,
- zábranou, čl. 4.7.2.6.

Příklady provedení ochrany v sítích s provozním napětím nad 1 000 V jsou v přílohách č. 3, 4 a 5 a PNE 33 0000-1.

4.7.2.1 OCHRANA ZEMNĚNÍM V SÍTÍCH, KDE NENÍ PŘÍMO UZEMNĚNÝ STŘED ZDROJE (UZEL). OCHRANA V SÍTÍCH IT, KOMPENZOVANÁ SÍŤ

Podstatou ochrany je spojení neživých částí se zemí, kterým se zabrání vzniku nebezpečného dotykového napětí na těchto částech. Napětí na chráněné neživé části nesmí trvale překročit hodnoty v tabulce níže.

Odpor uzemnění R_E musí být:

$$R_E \leq k \times \frac{U_{vTp}}{I_E}$$

Kde:

U_{vTp} - je dovolené dotykové napětí pro omezené trvání průtoku proudu podle tabulky níže
 I_E (A)- zemní kapacitní proud, uvažuje se 1/10 proudu, nastaveného na tlumivce

¹ Tato ochrana se nepovažuje za ochranu normální (viz čl. 3.4.3.4. a čl. 4.2 PNE 33 0000-1)

k – součinitel, který se stanoví podle tvaru zemniče ve venkovních a kabelových sítích pro:

- tyčový nebo hloubkový zemnič **k = 1,5**
- páskový zemnič paprskový **k = 2,0**
- páskový zemnič obvodový **k = 3,0**
- dva ekvipotenciální kruhy **k = 5,0**
- tři ekvipotenciální kruhy **k = 7,5**

POZNÁMKA: Pro další snížení proudu, protékajícího místem poruchy, a tedy i pro snížení dotykového napětí v tomto místě, je možno provést v napájecí rozvodně tzv. přizemnění postižené fáze. Princip je podrobně popsán např. v materiálu VUT Brno **Přizemňování postižené fáze při jednopólových poruchách, Brno, srpen 2017.**

Tabulka 4:18 Dovolená dotyková napětí U_{Tp} (U_{vTp}) a kroková napětí u zařízení nad AC 1 000 V

Druh zařízení: 1. Elektrické stanice			
Doba trvání ¹	s	t ≥ 5	t < 5
a) Rozvodná zařízení dodavatele elektřiny, se kterými mohou přijít do styku laici a osoby seznámené, včetně distribučních transformoven VN/NN se společným uzemněním VN a NN ²			viz PNE 33 3201 a příloha A a B ČSN EN 50522
Dovolené dotykové napětí U_{Tp}	V	75	
Krokové napětí*	V	-	
b) Zařízení elektrických stanic VN, VVN a ZVN v prostorách vnitřních i venkovních mimo distribuční transformovny VN/NN			viz PNE 33 3201, příloha 10 PNE 33 0000-1 a příloha A a B ČSN EN 50522
Předpokládané dovolené dotykové napětí U_{vTp}	V	150**	
Krokové napětí*	V	-	
Druh zařízení: 2. Venkovní vedení VN			
Doba trvání ¹	s	t ≥ 1	t < 1
a) Venkovní vedení v místech jako jsou hřiště, plavecké bazény, kempy, rekreační plochy a podobná místa, kde se mohou shromažďovat lidé s bosýma nohama			viz ČSN EN 50341-1 a PNE 33 3301
Dovolené dotykové napětí U_{Tp}	V	75	
Krokové napětí*	V	-	
b) Venkovní vedení ve městech, obcích, v místech zastavěných nedaleko měst a obcí ³ – místa, kde lze rozumně předpokládat, že lidé jsou obuti			viz ČSN EN 50341-1 a PNE 33 3301
Předpokládané dovolené dotykové napětí U_{vTp}	V	150	
Krokové napětí*	V	-	
c) Venkovní vedení v místech odlehlých ^{3,4}			
Předpokládané dovolené dotykové napětí U_{vTp}	V	viz příloha 10 PNE 33 0000-1 a ČSN EN 50341-1	viz příloha 10 PNE 33 0000-1 a ČSN EN 50341-1
Krokové napětí*	V	-	
Druh zařízení: 3. Venkovní vedení VVN, ZVN⁵			
Dle ČSN EN 50341-1, ČSN EN 50341-2-19, PNE 33 3300			

POZNÁMKA: Komentáře k této tabulce a postupy výpočtu předpokládaných dotykových napětí U_{vTp} jsou uvedeny v PNE 33 0000-1 a jejích přílohách.

4.7.2.2 OCHRANA ZEMNĚNÍM S RYCHLÝM VYPNUTÍM V SÍTÍCH S PŘÍMO UZEMNĚNÝM STŘEDEM (UZLEM). OCHRANA V SÍTÍCH TT(R), SÍŤ S NÍZKOIMPEDANČNÍM UZEMNĚNÍM STŘEDU

Podstata ochrany spočívá ve spojení všech neživých částí, které musí být chráněny, se zemí při současném zajištění rychlého vypnutí poškozené části nebo úseku zařízení.

Za rychlé automatické odpojení od zdroje se ve smyslu tohoto článku pokládá automatické odpojení od zdroje hlavní ochranou v čase do 1 s a záložní ochranou v čase do 5 s.

4.7.2.3 OCHRANA ZEMNĚNÍM S RYCHLÝM VYPNUTÍM V SÍTÍCH, VE KTERÝCH NENÍ STŘED (UZEL) PŘÍMO UZEMNĚN. OCHRANA V SÍTÍCH IT(R), SÍŤ S NEPŘÍMO UZEMNĚNÝM STŘEDEM PŘES ODPORNÍK

Podstata ochrany je stejná jako v čl. 4.7.2.2. V těchto sítích je dovolen nejvyšší jednofázový zkratový proud v kabelových sítích 1 500 A, ve venkovních a smíšených sítích 450 A.

4.7.2.4 OCHRANA POSPOJOVÁNÍM (UVEDENÍM NA STEJNÝ POTENCIÁL)

Podstata ochrany pospojováním spočívá v tom, že se vzájemným vodivým spojením všech neživých kovových částí v okolí a kovového stanoviště vyloučí možnost vzniku rozdílných potenciálů mezi těmito částmi. Toto opatření lze použít jen k doplnění ochrany normální na ochranu doplněnou.

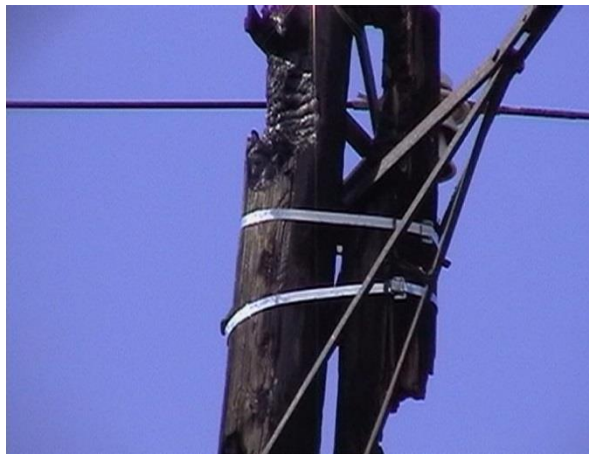
Není-li stanoviště kovové, ale je-li vodivé (podlaha, zem), musí se potenciál tohoto stanoviště vyrovnat na potenciál pospojovaných částí. Vyrovnání potenciálu vodivých podlah se dosahuje např. ocelovým armováním v betonové podlaze, vložením kovové mříže do podlahy apod., ve venkovním prostředí se dosahuje vložením kovové mříže do země. Aby vstup na místo obsluhy byl bezpečný, obloží se pracoviště (stanoviště pro obsluhu) ve vnitřním zařízení izolačním materiálem širokým alespoň 1,25 m, ve venkovních zařízeních vrstvou šterku o šířce 1,5 m a tloušťce nejméně 100 mm, nebo vrstvou asfaltu s odpovídajícím podkladem (např. šterk).

4.7.2.5 OCHRANA IZOLACÍ

Pro ochranu neživých částí izolací platí příslušná ustanovení čl. 3.5 PNE 33 0000-1. Tento článek řeší i stupně ochrany podle členění prostorů (normální, nebezpečné, zvláště nebezpečné) a způsobu obsluhy (zda se části zařízení nemusí nebo musí uchopit rukou).

4.7.2.6 OCHRANA ZÁBRANOU

Ochrana zábranou musí chránit před nahodilým vniknutím do prostoru ohrožení. Zábrany mohou být odnímatelné bez použití klíče nebo nástroje, ale musí být zabezpečeny tak, aby jejich neúmyslné odejmutí bylo nepravděpodobné. Pokud je zábrana vodivá a je oddělena od nebezpečných živých částí pouze základní izolací, musí být dále uplatněna opatření pro ochranu při poruše.



Obrázek 4:53 Poškození stožárů vedení 22 kV zemním kapacitním proudem

5 POSKYTOVÁNÍ PRVNÍ POMOCI

Neodkladná první pomoc je definována jako jednoduchá a účelná opatření, která, při náhlém ohrožení nebo poškození zdraví či života, cílevědomě a účinně omezují rozsah a důsledky poškození zdraví. Je to péče poskytnutá postiženému před příjezdem zdravotnické záchranné služby nebo jiné kvalifikované osoby. Poskytnutí první pomoci je jak morální povinností každého člověka, tak i povinností explicitně vymezenou §150 a §151 Zákona č. 40/2009 Sb. – Trestního zákona. Ze zkušenosti a z dosud známých judikátů vyplývá, že ve forenzním řízení je vždy zohledněna OCHOTA poskytnout pomoc před správnými či méně správnými postupy.

5.1 CÍLE, MOŽNOSTI A PROSTŘEDKY

5.1.1 CÍL PRVNÍ POMOCI

- Poskytnout šanci na další kvalitativně uspokojivý život.
- Zabránit zhoršení zdravotního stavu.
- Zajistit odborné ošetření.

Pokud se zjevně pokoušíme (třeba i neúspěšně) zachránit život, není co ztratit a rozhodně nám to nikdo nemůže (právně ani morálně) vyčítat. Na poskytování první pomoci se vztahuje ustanovení §28 Zákona č. 40/2009 Sb. – Trestního zákona o KRAJNÍ NOUZI.

Při zástavě dýchání a zástavě krevního oběhu se přeruší přívod kyslíku ke tkáním (nejcitlivěji reaguje tkáň mozková). Je-li resuscitace zahájena do 2 min., lze za příznivých podmínek oživit až 90% postižených, po 4 min. 50 % a po 5 min. už jen 20 %. Z tohoto důvodu by vyšetření postiženého nemělo trvat déle jak 30 s a pokud je podezření, že postižený nedýchá nebo nedýchá normálně, je nutné zahájit ihned resuscitaci.

5.1.2 PŘIVOLÁNÍ ODBORNÉ POMOCI

TÍSŇOVÁ VOLÁNÍ:



- Hasiči **150**
- Zdravotnická záchranná služba ČR/SR **155**
- Policie ČR **158**
- Jednoté evropské číslo tísňového volání **112**
- Horská služba **1210**

5.1.2.1 APLIKACE ZÁCHRANKA

Je ideální volba pro přivolání zdravotnické záchranné služby z terénu a **urychlení příjezdu záchranářů** na místo události. Ihned na úvod hovoru je odeslána z Vašeho telefonu SMS zpráva s údaji o Vaší poloze (GPS), které se přenesou do mapy nejen na operačním středisku, ale i záchranářům směřujícím na místo zásahu. Jak správně nainstalovat aplikaci ZÁCHRANKA se dozvíte na webové adrese: www.zachrankaapp.cz

Instalovat aplikaci do Vašeho mobilního telefonu je možné také přes QR kód:



5.1.2.1.1 JAK TO FUNGUJE:

PŘIVOLÁNÍ ZÁCHRANKY:

Stiskněte červené tlačítko **155** po dobu 3 vteřin, poté dojde k odpočtu dalších 5 vteřin, kdy je možné výzvu zrušit. Po uplynutí této doby budete spojeni přímo s operátorem linky 155. Zároveň se mu zobrazí informace o Vaší poloze a případně další zadané informace. Tyto informace (Váš zdravotní stav, komplikace, užívané léky, alergie apod.) můžete do aplikace zadat již při registračním procesu, po její instalaci. Při volání pomoci pak usnadňují komunikaci. Nezapomeňte, že teprve komunikace s operátorem linky 155 znamená zahájení akce. Je tedy potřeba komunikovat a dodržovat základní pravidla:

1. DOBŘE POSLOUCHAT 2. ODPOVÍDAT 3. KONAT 4. DÁVAT ZPĚTNOU VAZBU



POZNÁMKA: Pokud jste na místě hromadného neštěstí nebo resuscitujete, případně se jedná o dramatickou událost, při které by bylo vhodné, aby operátor tísňové linky viděl přímo na místo, je aplikace ZÁCHRANKA schopna prostřednictvím Vašeho telefonu s kamerou a mobilním datovým připojením zprostředkovat přímý přenos obrazu na monitor tísňové linky. O této možnosti budete informováni v průběhu hovoru.

5.1.2.1.2 NEUMÍTE CIZÍ ŘEČ, JSTE NESLYŠÍCÍ?

V levém dolním rohu základní obrazovky je k dispozici ikona (NEMOHU MLUVIT). Ta je určena buď neslyšícím, nebo lidem, kteří skutečně pro obtíže nemohou mluvit. Její použití je však možné i třeba v Rakousku či Maďarsku, pokud neovládáte cizí jazyky. Zvolením jedné nebo více přednastavených ikon, a následným stisknutím tlačítka **ODESLAT NOUZOVOU ZPRÁVU**, opět dojde k odpočítávání a odešle se na příslušnou tísňovou linku zpráva se zvoleným typem události, Vaší polohou a budete spojeni s operátorem tísňové linky. Ten již bude vědět, že máte komunikační bariéru. Přesto se pokusí s Vámi dohodnout, ale není to bezpodmínečně nutné.

5.1.2.1.3 JE MOŽNÉ SI TO VYZKOUŠET NANEČISTO?

Aplikace ZÁCHRANKA Vám umožňuje si vyzkoušet, zda je skutečně připravena pro ostrý provoz. V levém horním rohu je ikona (ZAPNOUT TESTOVACÍ REŽIM). Po jejím stisknutí budete požádáni o potvrzení zapnutí testovacího režimu. Místo čísla 155 se uprostřed tlačítka objeví nápis TEST a změní barvu na oranžovou. Nyní můžete v klidu otestovat celou aplikaci tak, že přidržíte tlačítko TEST, počkáte dalších 5 vteřin odpočítávání a následně uslyšíte hlášku od automatické operátorky: „VAŠE APLIKACE JE NASTAVENA SPRÁVNĚ. PO STISKNUTÍ NOUZOVÉHO.....“

5.1.2.1.4 A CO NA HORÁCH?

V místech, kam se záchranka nemůže dostat, což je nejčastěji v horských oblastech, máte možnost přivolat stisknutím ikony „HORSKÁ SLUŽBA“ v pravém dolním rohu základní obrazovky. Po stisknutí ikony se objeví hláška o místní dostupnosti horské služby. Logicky není dostupná třeba ve Středočeském kraji. Ale v horských oblastech Vás informuje, do jaké oblasti Vaše místo spadá, a po stisknutí tlačítka alarmu voláte přímo horskou službu. Součástí volání je opět známé odeslání Vaší polohy záchranářům. Horskou službu je takto možné kontaktovat nejen v České republice, ale i na slovenských horách.



Obrázek 5:1 Mapa pokrytí aplikace záchranka

ČESKÁ REPUBLIKA

V ČR máme k dispozici aplikaci ZÁCHRANKA od Aše až po Mosty u Jablunkova, tedy po celém území naší vlasti. Volat můžeme linku 155 prostřednictvím tlačítka 155, nebo horskou službu v místech, kde službu poskytuje. Na vodních plochách obsluhovaných vodní záchrannou službou, jsou díky této aplikaci dopředu informováni i vodní záchranáři o očekávané akci a mohou k Vám včas vyrazit.

SLOVENSKO

Na Slovensku je česká aplikace ZÁCHRANKA k dispozici také, ale jen v horských oblastech pro komunikaci se slovenskou horskou službou. Takže až budete lyžovat v Tatranskej Lomnici a narazíte na sjezdovce na nešťastníka se zlomenou nohou, neváhejte a použijte naší českou aplikaci ZÁCHRANKA k přivolání pomoci. Jinak ale musíte použít pro přivolání zdravotnické záchranné služby telefonní číslo 112, nebo mít instalovanou aplikaci <https://www.zachrankaapp.cz/cs/zahranici?jazyk=sk>.

RAKOUSKO

Po celém území Rakouska je aplikace ZÁCHRANKA také k dispozici a vytočí z Vašeho mobilního telefonu číslo 144. Na tísňové lince se Vám ozvou rakouští záchranáři, kteří jsou dostatečně jazykově vybavení a budou s Vámi kromě němčiny komunikovat i v dalších jazycích. Možná budete mít štěstí a budou mluvit i česky. Pokud byste měli obavy z komunikační bariéry, využijte možnosti tlačítka **NEMOHU MLUVIT**. V Rakousku není zvláštní horská služba, takže aplikaci můžete s klidem využít i třeba v Alpách.

MAĎARSKO

Stejně jako v Rakousku funguje aplikace ZÁCHRANKA i po celém Maďarsku. Tentokrát však telefon vytáčí číslo 140 a na druhém konci se ozvou maďarští záchranáři. Opět se tu nabízí možnost přivolat pomoc tlačítkem **NEMOHU MLUVIT**.

5.1.2.1.6 MÁ APLIKACE NĚJAKÁ OMEZENÍ?

1. Aplikace ZÁCHRANKA je dostupná pouze pro zařízení s operačním systémem, tedy pro tzv. smartphony, případně tablety, notebooky či PC. Nelze ji využít ve starších zařízeních, resp. mobilních telefonech bez OS.
2. Aplikace ZÁCHRANKA je určena především do terénu, svoji funkci může plnit i v budovách, jen bude třeba polohu upřesnit, zejména se to týká podlaží, ve kterém k události došlo. Zkrátka neumí záchranářům říci, že jste v 10. patře.

5.2 VYHODNOCENÍ SITUACE

5.2.1 STAVY OHROŽUJÍCÍ ŽIVOT

Vnější ohrožení — požár, el. proud, voda (tonutí), výška/hloubka.

Masivní krvácení — možnost smrti do 2 minut (u velkých tepen do 1 minuty).

Popáleniny — ohrožující na životě je popálení > 30 % povrchu těla. U dětí a seniorů > 10 % povrchu těla.

Rozvíjející se šok.

Bezvědomí — hrozí obstrukce (ucpání) dýchacích cest měkkými tkáněmi nosohltanu, případně zvratky. V hlubokém bezvědomí vyhasíná dýchací reflex a nastává smrt.

Zástava dýchání (a krevního oběhu) — smrt do 3-5 minut v důsledku odumírání mozku.

Selhání krevního oběhu — nejčastější primární příčina smrti v ČR.

5.2.2 NÁSLEDKY ÚRAZU ELEKTRICKÝM PROUDEM

Popálení kůže, vnitřních tkání či dýchacích cest.

Iritace svalů ve smyslu tonických (zatnutí) křečí vedoucích až ke zlomeninám obratlů a dlouhých kostí.

Poruchy srdečního rytmu.

Zástava krevního oběhu v důsledku fibrilace srdce.

Rozpad krevních buněk – elektrolýza stejnosměrným proudem (následné selhání jater a ledvin).

Druhotná poranění (po pádu či odmrštění).

5.3 POSTUP ZÁCHRANNÝCH PRACÍ

Definujeme zde tzv. řetězec přežití:

Neodkladná (laická) první pomoc -> **Přednemocniční neodkladná péče** (zdravotnická pomoc) -> **Cílové poskytnutí akutní lůžkové péče.**

A. Technická první pomoc:

- přerušení úrazového děje,
- vyproštění postiženého.

B. Zjištění stavu zraněného:

- zástava krvácení,
- uvolnění dýchacích cest.

C. Přivolání zdravotnické pomoci.

D. Poskytnutí laické první pomoci.



Obrázek 5:2 Vyproštění postiženého z dosahu el. zařízení pomocí izolačního háku

5.3.1 VYPROŠTĚNÍ

Nejprve je nutné postiženého vyprostit z dosahu elektrického proudu, nejlépe vypnutím daného elektrického zařízení. Pokud to okolnosti nedovolují a tento způsob není možný, tak odtažením postiženého pomocí nevodivého předmětu (např. vyprošťovací hák). Záchránce musí dbát na to, aby postižený po vypnutí proudu nespadl z výšky a nezpůsobil si úraz pádem, ale také na to, aby neohrozil sám sebe. Nesmí se opomenout ani nebezpečí vzniklé krokovým napětím. Pokud **postižený hoří, snažíme se jej uhasit udušením ohně tak, že zamezíme přístup vzduchu** např. **dekou**.

POZOR: V žádném případě se nesnažíme postiženého, pokud hoří, uhasit sněhovým hasicím přístrojem, který je součástí požární výbavy elektrických stanic. Hrozí zde udušení.

POZOR: Při vyprošťování postiženého z dosahu elektrického proudu je nutno pamatovat na to, že i vypnuté EZ je nutno stále považovat za zařízení pod napětím, dokud nebudou provedeny další úkony pro zajištění pracoviště (5P).

5.3.2 ZJIŠTĚNÍ STAVU ZRANĚNÉHO

Výskyt závažného krvácení

- Pokud vidíme krvácení, znamená to, že oběh je v pořádku.
- Musíme zastavit krvácení (jinak už oběh dlouho v pořádku nebude).

Stav vědomí

- Pokud postižený reaguje, je oběh i dýchání v pořádku.
- Pokud postižený nereaguje, musíme uvolnit dýchací cesty a zjistit stav dýchání.

Stav dýchání

- Pokud je postižený při vědomí, ale špatně dýchá, životní funkce jsou zatím relativně v pořádku, ale bezprostředně hrozí jejich selhání.
- Pokud je postižený v „bezvědomí“ (nereaguje), ale normálně dýchá (a to i při opakované kontrole), je i oběh v pořádku.
- Pokud je postižený v „bezvědomí“ (nereaguje) a nedýchá normálně (nebo dokonce nedýchá vůbec), selhaly postiženému životní funkce a nachází se ve stavu „klinické smrti“ – zahájíme resuscitaci.

Hmatání tepu není součástí prvotního vyšetření a nepoužíváme jej.

5.3.3 ZAHÁJENÍ POSKYTOVÁNÍ PRVNÍ POMOCI

5.3.3.1 PŘI VĚDOMÍ

- Postiženého posadíme.
- Nepodáváme tekutiny.
- Chráníme jej před podchlazením.
- Postiženého neopouštíme a opakovaně kontrolujeme stav vědomí (např. oslovením).
- Nepřevážíme jej, ale vždy přivoláme lékařskou pomoc.

5.3.3.2 V BEZVĚDOMÍ

- Postiženého nepřemísťujeme, pokud není on či zachránce ohrožen vnějšími riziky.
- Uvolníme oděv kolem krku, hrudníku a pasu.
- Pokud postižený „normálně“ dýchá (kvalita a frekvence) a jsou přítomné výrazné zvukové fenomény (chrčení, kašel), nebo krvácí a zvrací z úst a nelze jej vzbudit, uvolníme dýchací cesty viz článek 5.3.3.4. a pokud je vyloučena traumatická příčina stavu (pád z výše, DN atd.) můžeme jej uložit do polohy na boku.
- Nutná je stálá kontrola dýchání (kvalita a frekvence) a reakcí.



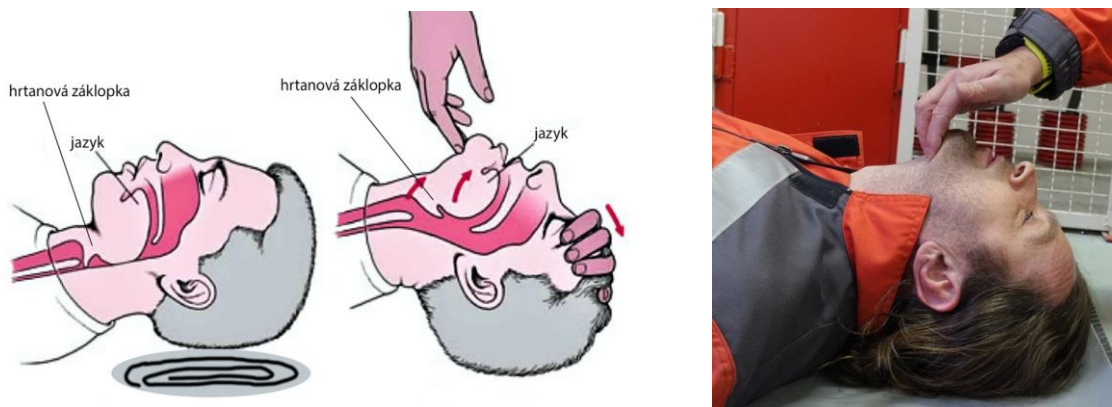
Obrázek 5:3 Stabilizovaná poloha

5.3.3.3 V BEZVĚDOMÍ A BEZ DECHU

- Při situaci, kdy je postižený v bezvědomí a nedýchá, automaticky předpokládáme i zástavu srdce!
- Postiženého nepřemísťujeme, pokud není on či zachránce ohrožen prostředím.
- Nezdržujeme se ošetřováním zranění neohrožujících život.
- Neprodleně uvolníme dýchací cesty a zahájíme kardiopulmonální resuscitaci (KPR).

5.3.3.4 UVOLNĚNÍ DÝCHACÍCH CEST

- Postiženého uložíme rovně na záda na zem.
- Odstraníme viditelné překážky v dutině ústní (**rozhodně nevytahujeme jazyk!**).
- Postiženému předsuneme dolní čelist směrem vzhůru.
- Zkontrolujeme spontánní dýchání.
- Nedýchá-li postižený nebo je-li dýchání abnormální, zahájíme resuscitaci.

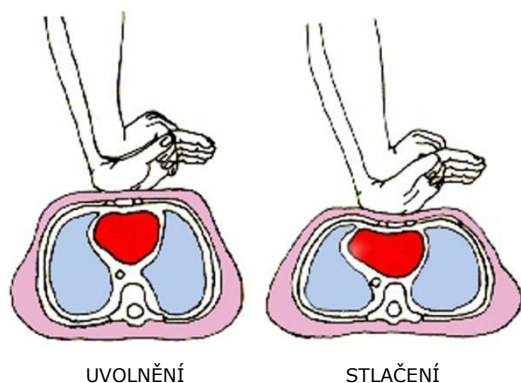


Obrázek 5:4 Uvolnění dýchacích cest

5.3.4 KPR — KARDIOPULMONÁLNÍ RESUSCITACE

5.3.4.1 POSTUP KPR

- Postiženému obnažíme hrudník.
- Spodní hranu dlaně umístíme doprostřed hrudní kosti a druhou dlaň přiložíme na hřbet první ruky.
- S oběma rukama nataženýma plynule a silně stlačujeme hrudní kost do hloubky 4 až 5 cm rychlostí asi 100 až 120krát za minutu — tj. cca 2krát za sekundu.
- Provedeme 30 stlačení hrudi.
- Následují dva pokusy o vdech z úst do úst, přitom jednou rukou uzavřeme nosní průchod a zároveň udržujeme záklon hlavy.
- Pokračujeme další sérií 30 stlačení na 2 pokusy o vdech.
- V případě, že z jakéhokoli důvodu nemůžete či nechcete do postiženého dýchat, provádějte nepřetržitě pouze stlačování hrudníku 100 až 120krát za minutu. Dle aktuálních doporučených postupů nemusíte do postiženého dýchat.



Obrázek 5:5 Srdeční masáž

5.3.4.2 AED PŘÍSTROJ

Automatizovaný **E**xterní **D**efibrilátor je přístroj, který pomocí elektrického výboje, vedeného přes srdeční sval, znovu obnoví srdeční rytmus. AED je určen pro použití laickou veřejností. Tímto přístrojem jsou vybaveny vytipované objekty EG.D.

- umí sám rozpoznat rytmus vhodný k defibrilaci,
- umožní bezpečným způsobem provést defibrilaci,
- hlasovými, textovými a případně obrazovými pokyny vede uživatele při resuscitaci.



Obrázek 5:6 Symbol označení umístění AED přístroje



Obrázek 5:7 AED přístroj (používáme v EG.D)



Obrázek 5:8 Příklady umístění elektrod AED přístroje

5.3.4.3 PŘERUŠENÍ MASÁŽE SRDCE (RESUSCITACE)

Masáž lze přerušit:

- po druhém zasténání postiženého (následně je třeba zkontrolovat dýchání),
- na příkaz přístroje AED („nedotýkejte se postiženého, analyzuji rytmus“),
- na příkaz záchranářů (pozor! mohou vás ale požádat, abyste pokračovali),
- při vyčerpání záchránce (nejdříve však po 30 min.).

5.3.4.4 KDY NEZAHÁJIT RESUSCITACI

Jsou případy, kdy by bylo na základě vyhodnocení situace jasně dané zahájit resuscitaci, přesto to není přípustné. Jsou to následující situace:

1. Jasně známky smrti (např. posmrtná ztuhlost, posmrtné skvrny, trauma neslučitelná se životem).
2. Terminální (konečná) fáze nevyléčitelného onemocnění (např. umírající na rakovinu apod.).

5.3.5 POPÁLENINY

V případě vážných a rozsáhlých popálenin je nutné co nejrychleji zajistit:

1. Jejich **okamžité šetrné ochlazení**. Nejlepším možným médiem je obyčejná **čistá voda**, která není chladnější než 8°C. Pro správné chlazení popáleniny je rozhodující interval mezi vznikem popáleniny a úvodním ochlazením. **Tento čas by měl být co nejkratší!** Pokud nejste svědky aktu popálení a je pravděpodobné, že k úrazu došlo před delší dobou v řádu minut (5 min. a více), je prvotní ochlazení již bezpředmětné a přistupte rovnou ke sterilnímu krytí popálených míst. K ochlazení a sterilnímu krytí popálenin lze též využít speciální léčivé přípravky ve formě hydrogelů – Waterjell.
2. Po prvotním rychlém ochlazení je nutné **popáleniny krýt**, pokud možno sterilním navlhčeným obvazem. Není-li k dispozici obvaz, použijte alespoň co nejčistší látku, oděv apod., navlhčení proveďte opět čistou vodou.
3. Nakonec je zapotřebí postiženému poskytnout **celkový tepelný komfort**. To můžeme realizovat např. dekou, oblečením nebo termofólií z lékárníčky.

Popálený člověk je velmi zásadně ohrožen tepelnými ztrátami a podchlazením, protože poraněná kůže již neplní svoji ochrannou funkci. Díky vysokému riziku podchlazení zároveň prudce narůstá riziko rozvoje popáleninového šoku.

POZOR:

- Rozhodně k ochlazení popálenin nepoužívejte sníh ani led, ani syntetické chemické přípravky (Synthetic ICE, Kelen, líh apod.), ty mohou způsobit další vážná poškození a definitivní zničení tkání.
- Při ochlazování popálenin nesmí dojít k podchlazení zraněného. Proto najednou ochlazujte max. 15 % povrchu těla.
- Nikdy nestrhávejte z kůže přiškvašené a přitavené materiály vč. textilu. Nejčastěji se jedná o plasty, asfalt apod. Může dojít k hlubokým otevřeným poraněním.

5.3.5.1 POPÁLENINOVÝ BOX

5.3.5.1.1 OBSAH POPÁLENINOVÉHO BOXU

- 1x rouška prošívaná na popáleniny (PANEP),
- 2x fyziologický roztok (0,9 % vodný roztok NaCl) 500 ml (vak / plastová láhev),
- 1x nůžky, 1x termofólie, 1x box.

5.3.5.1.2 POUŽITÍ POPÁLENINOVÉHO BOXU

Tímto boxem jsou vybavena vytipovaná vozidla EG.D.

- Postiženého uhaste dekou, bundou apod.
- **Nikdy nehaste vodou ani hasicím přístrojem.**
- Postiženého vyveďte či odneste na místo mimo ohrožení a na čerstvý vzduch.
- Z popálených míst a okolí odstraňte volný oděv, šperky, hodinky apod.
- Nestrhávejteulpívající oděv, neodstraňujte pevné látky (asfalt, plast).
- Okamžitě začněte s chlazením popálených ploch velkým množstvím čisté vody řádově desítky litrů, jsou-li k dispozici.

Pokud nemáte k dispozici dostatečný zdroj čisté vody, použijte fyziologický roztok ve vacích či lahvích, které jsou součástí balení tak, že:

1. Nůžkami odstříhnete jeden roh vaku nebo dno lahve obsahující fyziologický roztok.
2. Celý obsah vaku/lahve vylévejte postupně na popáleninu.
3. Nůžkami odstříhnete roh druhého vaku nebo dno lahve.
4. Celý obsah vaku/lahve nalijte na roušku či obvaz tak, aby byl materiál dostatečně nasycen vodním roztokem a případně z obvazu či roušky protékal.
5. Popálené místo zakryjte sterilní rouškou či obvazem – dle rozsahu.
6. Popálené oči také opakovaně vyplachujte přiloženým fyziologickým roztokem.
7. Zabalte postiženého do přiložené termofólie.



Obsah popáleninového boxu



Odstřížení dna láhve s fyziologickým roztokem



Polévání popáleniny roztokem



Nasycení obvazu roztokem



Zakrytí popáleniny nasyceným obvazem

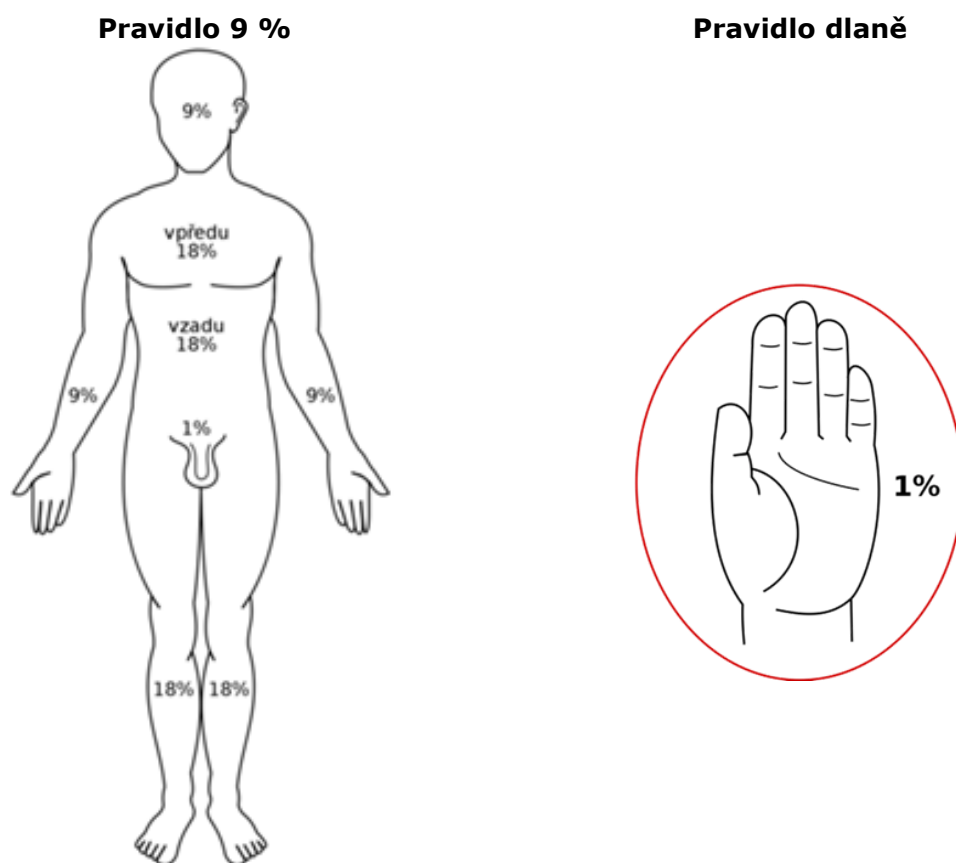


Zabalení postiženého do termofólie

Obrázek 5:9 Postup při použití popáleninového boxu k ošetření popáleniny

5.3.5.2 ROZSAH POPÁLENIN

Rozsah popálených míst lze učit dle pravidla 9 % nebo pravidla 1 dlaně.



Obrázek 5:10 Určení rozsahu postižení

KONTROLNÍ OTÁZKY

1. Co lze použít k vyproštění postiženého z dosahu el. proudu?
2. Jaké postupy představuje činnost KPR?
3. Kdy zahájíme KPR?
4. Jak uvolníme dýchací cesty?
5. Kam zavolám pro odbornou pomoc při resuscitaci?
6. Co rozhoduje o účinném ochlazení popáleniny — čas nebo teplota chladící vody?

6 AUTOŘI A CITACE

6.1 SLOŽENÍ REDAKČNÍ RADY PŘÍRUČKY PROVOZNÍHO PRACOVNÍKA EG.D

Petr Dadák (EG.D)

Marek Jelínek (SŠEE Sokolnice)

Zdeněk Dadák (EG.D)

Gabriela Mráčková (EG.D)

Zdeněk Hradil (SŠEE Sokolnice)

Vladimír Vácha (EG.D)

6.1.1 AUTOŘI ODBORNÝCH ČLÁNKŮ

Jan Hirjak (ESAVA)

Michal Kummer (EG.D)

Petr Dadák (EG.D)

Martin Kurfiřt (EG.D)

Zdeněk Dadák (EG.D)

Jiří Kutáč (DEHN)

Zdeněk Hradil (SŠEE Sokolnice)

David Novoměstský (EG.D)

Josef Janů (EG.D)

Pavel Pecl (EG.D)

Marek Jelínek (SŠEE Sokolnice)

Jaroslav Rynda (EG.D)

Petr Michlíček (EG.D)

Petr Vaculík (EG.D)

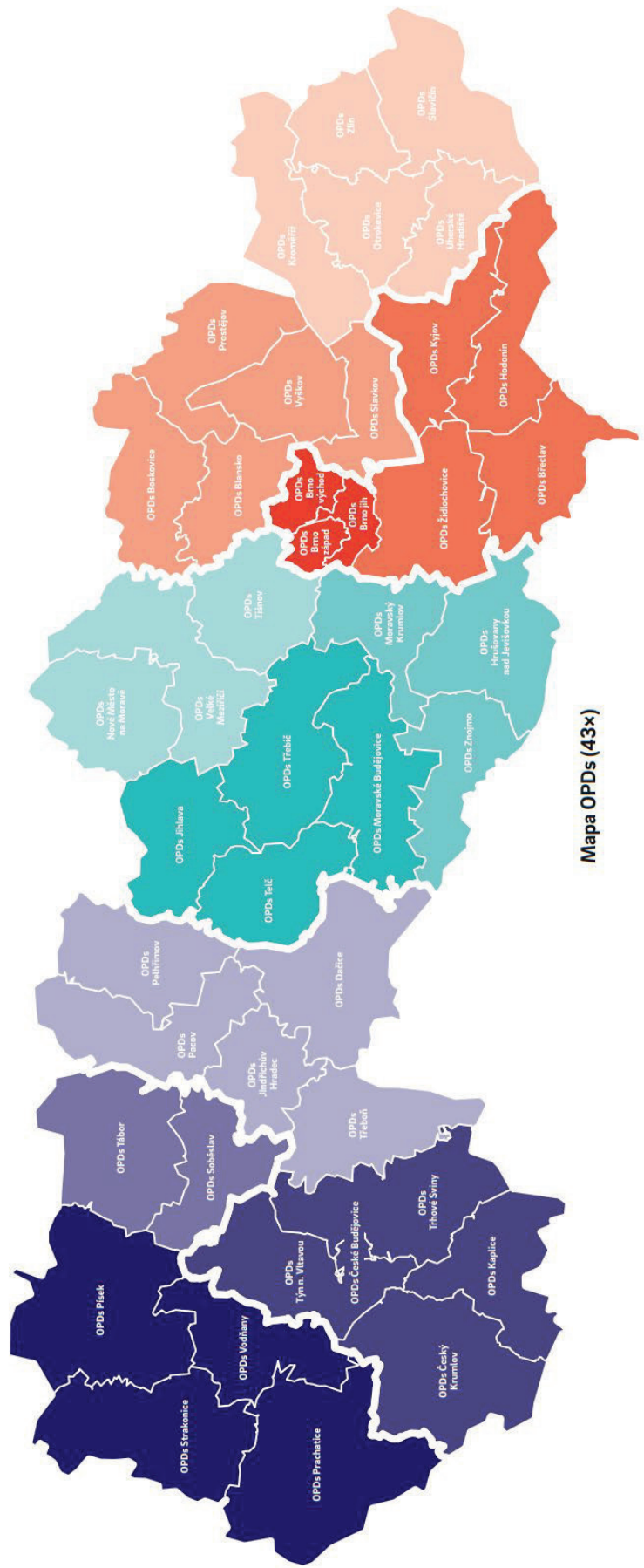
Petr Jírovec (EG.D)

Lukáš Toman (EG.D)

6.2 CITACE ODBORNÝCH PŘÍSPĚVKŮ

Citace odborných příspěvků zaměstnanců EG.D a dalších autorů, kteří se na vypracování **Příručky provozního pracovníka EG.D** podílejí, se nebudou kvůli jejich velikému množství uvádět.

Citace a odkazy na externí, převážně internetové zdroje, jsou vždy uváděny pod čarou na dané stránce, na které je obsažen citovaný článek nebo obrázek.



Kapitoly:

1. Názvosloví, základní jednotky, vzorce a pojmy
2. Elektrické sítě, distribuční a přenosová soustava
3. Řízení, provoz a údržba distribuční soustavy
4. Ochrana před úrazem elektrickým proudem
5. Poskytování první pomoci

prirucka@egd.cz



**Barevnější
svět
kolem nás**
www.galerieulicich.cz