

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Legislativní a technické zajištění ochrany před úrazem
elektrickým proudem**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří TIMOFIEJEV**
Osobní číslo: **E16B0064P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**
Název tématu: **Legislativní a technické zajištění ochrany před úrazem elektrickým proudem**
Zadávací katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Vypracujte aktuální přehled stavu legislativního zajištění ochrany před úrazem elektrickým proudem.
2. Vypracujte odborný text vysvětlující základní principy technického zajištění ochrany před úrazem elektrickým proudem.
3. Zapracujte do odborného textu nejdůležitější změny elektrotechnických předpisů v posledních letech a definujte zásadní změny v přístupu zajištění ochrany před elektrickým proudem se zvláštním zaměřením na problematiku užití proudových chráničů.
4. Zabývejte se návazností studované problematiky na další oblasti elektrotechniky.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 30 - 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

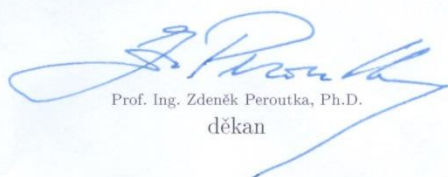
Seznam odborné literatury:

1. Technická norma ČSN 33 2000-4-41.
2. Technická norma ČSN EN 61140.
3. František Štěpán: Proudové chrániče, IN-EL, 2015.


Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Martínek, Ph.D.
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: 5. října 2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 13. června 2019


Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan




Prof. Ing. Václav Kús, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 5. října 2018

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na problematiku zajištění ochrany před úrazem elektrickým proudem, elektrotechnické předpisy a normy, jejich změny z posledních let a zajištění ochrany před úrazem elektrickým proudem se zaměřením na problematiku užití proudových chráničů. Dále je v práci seznámení s elektromagnetickou kompatibilitou a přepětím.

Klíčová slova

Elektrický proud, elektrické zařízení, legislativa, norma, elektromagnetická kompatibilita, přepětí, elektrická ochrana, elektrická síť, proudový chránič

Abstract

This bachelor thesis is focused on the issue of providing protection against electric shock, electrical regulations and standards, their changes in recent years and providing protection against electric shock with a focus on the usage of residual current devices. Furthermore, the thesis introduces electromagnetic compatibility and overvoltage.

Key words

Electrical current, electrical equipment, legislation, standard, electromagnetic compatibility, overvoltage, electrical protection, electrical network, residual current device

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 11.6.2019

Jiří Timofiejev

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Martínkovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

OBSAH.....	8
ÚVOD.....	10
1 BEZPEČNOST A OCHRANA ZDRAVÍ PŘI PRÁCI S ELEKTRICKÝM ZAŘÍZENÍM	11
1.1 ÚČINKY ELEKTRICKÉHO PROUDU A NAPĚTÍ NA LIDSKÝ ORGANISMUS.....	11
1.2 OBSLUHA A PRÁCE S ELEKTRICKÝMI ZAŘÍZENÍMI	13
1.2.1 Elektrotechnická kvalifikace pro obsluhu a práci na elektrickém zařízení.....	14
1.2.2 Kvalifikace pracovníků.....	14
1.2.3 Manipulace se zařízením, osoby a prostory	19
1.3 SÍTĚ A JEJICH ROZDĚLENÍ.....	22
1.3.1 Síť TN.....	23
1.3.2 Síť TT.....	26
1.3.3 Síť IT.....	28
2 OCHRANA PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM.....	30
2.1 DRUHY (ZPŮSOBY) OCHRAN	30
2.2 OCHRANNÁ OPATŘENÍ.....	31
2.3 ZÁKLADNÍ OCHRANA A JEJÍ PROSTŘEDKY	31
2.3.1 Prostředky ochrany	32
2.3.2 Stupně ochrany krytem a označení IP	35
2.4 OCHRANA PŘI PORUŠE A JEJÍ PROSTŘEDKY	37
2.4.1 Prostředky ochrany	37
2.5 ZVÝŠENÁ OCHRANA, DOPLŇKOVÁ OCHRANA A PROSTŘEDKY OCHRAN	41
2.5.1 Prostředky zvýšené ochrany	41
2.5.2 Prostředky doplňkové ochrany.....	43
2.6 PROUDOVÉ CHRÁNIČE	43

3	ELEKTROMAGNETICKÁ KOMPATIBILITA A PŘEPĚTÍ.....	45
3.1	NORMY EMC	45
3.2	ZÁKLADNÍ POJMY	47
3.3	ZDROJE RUŠENÍ.....	48
3.4	ZDROJE NAPĚŤOVÉHO PŘEPĚTÍ	48
3.5	NORMY A PŘEPĚŤOVÉ OCHRANY	50
	ZÁVĚR.....	52
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ	55
	SEZNAM TABULEK	55

Úvod

Bezpečnost před úrazem elektrickým proudem byla, je a vždy bude jednou z hlavních priorit při užívání elektrických zařízení. Pokrok v elektronice jde ruku v ruce se stále zvyšujícím se nebezpečím úrazu elektrickým proudem. Z toho důvodu stále vznikají nová a aktualizovaná pravidla pro manipulaci se zařízeními. Tato práce je zaměřena na seznámení s nejnovějšími pravidly, riziky a ochranami před úrazem elektrickým proudem. Pro manipulaci na elektrickém zařízení v praxi je potřeba mít dostatečnou kvalifikaci, kterou práce také popisuje.

Dále se práce zabývá rozdělením elektrických sítí a jejich ochran. Potom následuje jedna z hlavních částí celé práce, tedy rozdělení a výpis ochrany před úrazem elektrickým proudem. Konec kapitoly je pak zaměřen na proudový chránič, jeho funkci a novinky v normách. K závěru práce je nastínění elektromagnetické kompatibility a přepětí, které je také kvůli bezpečnosti potřeba snižovat a odstraňovat.

1 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci s elektrickým zařízením

Otázku bezpečnosti elektrických zařízení nelze jednoduše zodpovědět. Stanovit jednoduchou a srozumitelnou definici je i dnes velký oříšek pro techniky a normalizátory, kterým se to dodnes úspěšně nepodařilo. Pro nás tedy bude prozatím stačit tato definice: Bezpečnost elektrických zařízení je jejich schopnost nezpůsobit škody [2, 3].

Elektrická zařízení mohou způsobit škody na zdraví nebo majetku. Škody na zdraví vznikají díky průchodu elektrického proudu skrz živý organismus, výbojem elektrického náboje, nebo i pobytem v silném elektromagnetickém či elektrickém poli. Na majetku způsobuje elektřina škody výbuchem nebo požárem. Škodící elektřina pochází buď z umělého zdroje (generátor, baterie), nebo z přírodního zdroje (statického, atmosférického výboje) [2, 3].

Tato práce se zaměřuje na nebezpečí úrazu člověka, který je definovaný jako rychlá změna zdravotního stavu způsobeného elektrickým proudem se zaměřením na střídavý proud s kmitočtem 50 Hz. Touto problematikou se zabývá norma ČSN EN 61140 ed. 3, pro elektrické instalace nízkého napětí pak platí ČSN 33 2000-4-41 ed. 3 [2, 3].

1.1 Účinky elektrického proudu a napětí na lidský organismus

Jak stejnosměrný, tak střídavý proud způsobují rozklad buněčných membrán, rozklad krve a svalové křeče. Střídavý proud k tomu nese ještě riziko fibrilace srdce. Nejnebezpečnější hodnoty pro frekvenci střídavého proudu jsou 30 – 150 Hz, běžně se používá 50 – 60 Hz [2, 3].

Tab. 1.1. Tabulka mezních hodnot proudu [2, 3]

Škodlivé účinky proudu a jejich mezní hodnoty	Mezní hodnoty proudu v mA	
	AC	DC
Mez vnímání	0,5	2
Mez uvolnění	5	25
Závažnější negativní účinky	30	120

Přibližné rozdělení pro střídavý proud o frekvenci 50 Hz, který protéká lidským tělem kolem 5 s [2, 3, 7]:

- 0,5 – 1 mA – *práh vnímání elektrického proudu*
- 1 – 8 mA – *stoupání krevního tlaku, podráždění nervů*
- 5 – 15 mA – *tetanická křeč, nelze se uvolnit*
- 30 mA – *škodlivé fyziologické následky, jako vnitřní poranění, porušení tkání*
- 35 mA – *možná zástava srdce*
- 80 mA – *téměř jistá zástava srdce*

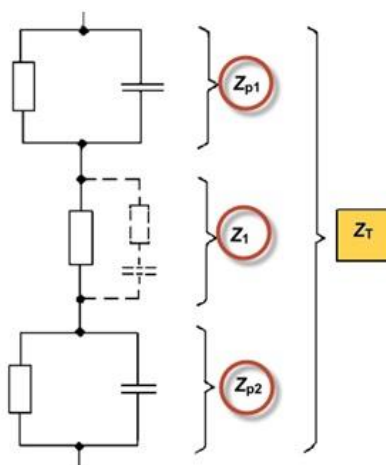
- ***Odpor lidského těla***

Vztah mezi proudem, který protéká tělem, dotykovým napětím a odporem (impedancí) lidského těla. Dostáváme tedy pro tyto veličiny známý Ohmův vztah [2, 3]:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1)$$

Velmi často se ovšem odpor (tedy R) lidského těla zaměňuje za impedanci (tedy Z) lidského těla, jejíž jednotky jsou rovněž v Ohmech. Celková impedance lidského těla (Z_T) je složena [2, 3]:

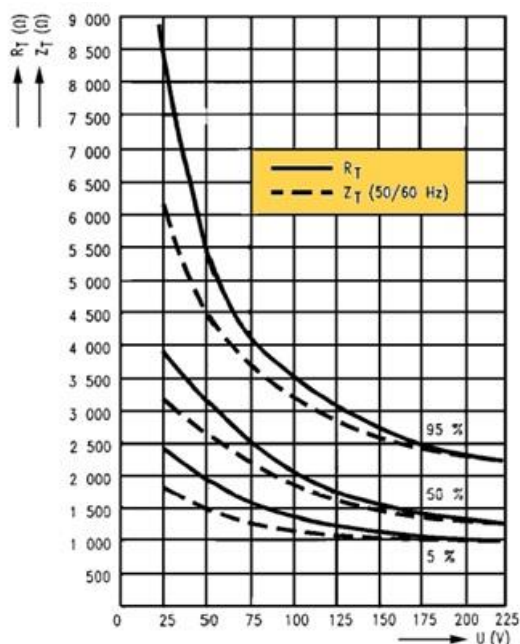
- Z_{p1} – *impedance místa na kůži, kterým do těla vtéká proud*
- Z_{p2} – *impedance místa, z něhož z těla proud vytéká*
- Z_1 – *vnitřní impedance (impedance tkání, trupu a končetin)*



Obr 1.1 Schéma impedance těla [2, 3]

Lidské tělo má impedanci převážně charakteru činného odporu a jeho velikost přímo určuje dráha proudu lidským tělem [2, 3].

Hodnota impedance lidské kůže je závislá na mnoha faktorech – napětí, kmitočet, plocha dotýkající se části pod napětím, doba průchodu proudu, vlhkost a teplota kůže. Od hodnoty napětí 50 V AC její impedance klesá a od 150 V závisí hlavně na vlhkosti a ploše dotyku. Od 200 V dochází k průrazu kůže a lze její impedanci zanedbat, uplatňuje se pak jen vnitřní impedance těla [2, 3].



Obr 1.2 Hodnoty impedance lidského těla [2, 3]

V grafu jsou křivky 95, 50 a 5%, ty znázorňují hodnoty, pro které platí, že nižší hodnoty impedance těla má jen 95, 50 a 5% lidského obyvatelstva. Elektrotechnické předpisy a normy vycházejí z křivek pro 5%. Hlavní podíl na vnitřní impedanci mají končetiny, zvláště pak klouby. Měření impedance se provádí na dráze ruka – ruka, dále pak ruka – noha, ta je ovšem nepatrně menší, pro praktické účely se ale předpokládá, že jsou stejné [2, 3].

1.2 Obsluha a práce s elektrickými zařízeními

Norma ČSN EN 50110-1 ed. 3. platí pro obsluhu a práci na elektrických instalacích (dříve elektrických zařízení) – všechna zařízení určena pro výrobu, přenos, přeměnu, distribuci a užití elektrické energie. Obsluha a práce, resp. provozní činnosti, zahrnují všechny aktivity

včetně pracovních činností nutných k uvedení elektrického zařízení do činnosti – spínání, řízení, monitorování, revize a údržba. Znamená to tedy jak elektrické tak neelektrické práce [2, 3, 8, 9].

1.2.1 Elektrotechnická kvalifikace pro obsluhu a práci na elektrickém zařízení

V České republice platí ze dne 19. května 1978 vyhláška 50/1978 Sb. Tato vyhláška stanovuje stupně odborné způsobilosti (“kvalifikaci”) pracovníků, kteří se zabývají obsluhou elektrických zařízení nebo prací (“činností”) na nich, projektováním těchto zařízení, řízením činnosti nebo projektováním elektrických zařízení v organizacích, které vyrábějí, montují, provozují nebo projektují elektrická zařízení. Dále stanovuje podmínky pro získání kvalifikace a povinnosti organizací a pracovníků v souvislosti s touto kvalifikací. Za elektrická zařízení se považují taková zařízení, u nichž může dojít k ohrožení života, zdraví nebo majetku elektrickým proudem [2, 3, 8, 9, 11].

Pracovníci musí být tělesně a duševně způsobilí a musí splňovat podmínky stanovené touto vyhláškou – směrnice ministerstva zdravotnictví pro posuzování zdravotní způsobilosti k práci [2, 3, 8, 9, 11].

1.2.2 Kvalifikace pracovníků

Dle vyhlášky se udávají tyto paragrafy [11]:

- **§3 – pracovníci seznámení**

To jsou ti pracovníci, kteří byli organizací v rozsahu své činnosti seznámeni s předpisy o zacházení s elektrickými zařízeními a upozorněni na možné ohrožení těmito zařízeními. Seznámení provede pověřený pracovník k odpovídající kvalifikací a pořídí o tom zápis, který spolu se seznámenými pracovníky podepíše [11].

- **§4 – pracovníci poučení**

To jsou ti pracovníci, kteří byli organizací v rozsahu své činnosti poučeni s předpisy pro činnost na elektrických zařízeních, vyškoleni v této činnosti a upozorněni na možné ohrožení a poučení o poskytování první pomoci při úrazech elektrickým proudem.

Povinností organizace je stanovit obsah poučení a dobu školení s ohledem na charakter a rozsah činnosti, kterou mají pracovníci vykonávat, a zajistit ověřování znalostí těchto pracovníků v předem určených lhůtách [11].

- **§5 – pracovníci znalí**

To jsou ti pracovníci, kteří mají ukončené odborné vzdělání a po zaškolení složili danou zkoušku. Zaškolení a zkoušku je povinna zajistit organizace. Obsah a délku zaškolení také stanoví organizace s ohledem na charakter a rozsah činnosti, kterou mají pracovníci vykonávat. Také je povinna zajistit přezkoušení nejméně jednou za tři roky. Zaškolení provede pracovník pověřený organizací s kvalifikací, která odpovídá charakteru činnosti, kterou mají pracovníci vykonávat. Zkoušení nebo přezkoušení provede organizací pověřený pracovník s určitou kvalifikací (§6 - §9) a pořídí o tom zápis, který následně spolu s pracovníky znalými podepíše [11].

- **§6 – pracovníci pro samostatnou činnost**

To jsou pracovníci znalí s vyšší kvalifikací, kteří splňují požadavky pro pracovníky uvedené v §5, mají alespoň nejkratší požadovanou praxi a pomocí další zkoušky v určitém rozsahu prokázali znalosti potřebné pro samostatnou činnost. Organizace je povinna zajistit zkoušku a musí zajistit přezkoušení pracovníků pro samostatnou činnost nejméně jednou za tři roky. Zkoušení nebo přezkoušení provede tříčlenná zkušební komise pověřená organizací, jejíž nejméně jeden člen musí mít kvalifikaci §7 - §9. Komise o tom dále pořídí zápis, podepsaný jejími členy [11].

- **§7 – pracovníci pro řízení činnosti**

To jsou pracovníci znalí s vyšší kvalifikací, kteří splňují požadavky pro pracovníky uvedené v §6 nebo §5, mají alespoň nejkratší požadovanou praxi a pomocí další zkoušky v určitém rozsahu prokázali znalosti potřebné pro řízení činnosti. Organizace je povinna zajistit zkoušku a musí zajistit přezkoušení pracovníků pro řízení činnosti nejméně jednou za tři roky. Zkoušení nebo přezkoušení provede tříčlenná zkušební komise pověřená organizací, jejíž nejméně jeden člen musí mít kvalifikaci §8 nebo §9. Komise o tom dále pořídí zápis, podepsaný jejími členy. O termínu a místě konání zkoušky nebo přezkoušení

prokazatelně uvědomí organizace příslušný orgán a to alespoň čtyři týdny před jejím konáním [11].

- ***§8 – pracovníci pro řízení činnosti prováděné dodavatelským způsobem a pracovníci pro řízení provozu***

To jsou pracovníci znalí s vyšší kvalifikací, kteří splňují požadavky pro pracovníky uvedené v §7 nebo §6, mají alespoň nejkratší požadovanou praxi a pomocí další zkoušky v určitém rozsahu prokázali znalosti potřebné pro řízení činnosti prováděné dodavatelským způsobem nebo pro řízení provozu. Organizace je povinna zajistit zkoušku a musí zajistit přezkoušení pracovníků nejméně jednou za tři roky. Zkoušení nebo přezkoušení provede alespoň tříčlenná komise pověřená organizací, jejíž nejméně dva členové musí mít kvalifikaci §8 nebo §9. Komise o tom dále pořídí zápis, podepsaný jejími členy. O termínu a místě konání zkoušky nebo přezkoušení prokazatelně uvědomí organizace příslušný orgán a to alespoň čtyři týdny před jejím konáním. V téže lhůtě, pokud půjde o pracovníky pro řízení činnosti prováděné dodavatelským způsobem nebo o pracovníky pro řízení provozu elektrických odběrných zařízení připojených přímo na zařízení veřejného rozvodu elektřiny, uvědomí i příslušnou organizační složku (resp. závod) organizace pro rozvod elektrické energie (např. rozvodný závod Středočeských energetických závodů, n. p. Praha) [11].

- ***§9 – pracovníci pro provádění revizí***

Pracovníci pro provádění revizí elektrických zařízení (“revizní technici“) jsou pracovníci znalí s vyšší kvalifikací, kteří mají ukončené odborné vzdělání, mají alespoň nejkratší požadovanou praxi a na pokyn organizace složili zkoušku před některým z příslušných orgánů dozoru. Pro zkoušky a přezkoušení revizních techniků platí zvláštní předpisy vydané příslušnými orgány dozoru [11].

- ***§10 – pracovníci pro samostatné projektování a pracovníci pro řízení projektování***

To jsou pracovníci, kteří mají odborné vzdělání a praxi určené zvláštními předpisy a složili zkoušku ze znalosti předpisů k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení a

u předpisů, které s projektováním souvisí. Projektující organizace je povinna zajistit zkoušku a musí zajistit přezkoušení pracovníků nejméně jednou za tři roky. Zkoušení nebo přezkoušení provede alespoň tříčlenná zkušební komise pověřená organizací, jejíž nejméně jeden člen musí mít kvalifikaci §8, §9 nebo §10. Komise o tom dále pořídí zápis, podepsaný jejími členy. O termínu a místě konání zkoušek nebo přezkoušení prokazatelně uvědomí organizace příslušný orgán dozoru a to alespoň čtyři týdny před jejím konáním. V téže lhůtě, pokud půjde o pracovníky pro řízení projektování nebo o pracovníky, kteří projektují elektrická odběrná zařízení určená pro přímé připojení na zařízení veřejného rozvodu elektřiny, uvědomí i příslušnou organizační složku (závod) organizace pro rozvod elektrické energie [11].

- ***§11 – kvalifikace ve zvláštních případech***

To jsou absolventi vysoké školy elektrotechnické a absolventi přírodovědecké fakulty oboru fyziky, kteří pracují jako asistenti v laboratořích škol všech stupňů, se považují na svých pracovištích za pracovníky pro řízení činnosti, pokud tedy složili zkoušku v určitém rozsahu. Nejméně jednou za tři roky musí být jejich znalosti ověřovány přezkoušením [11].

Pracovníci vědeckých, výzkumných a vývojových ústavů, kteří mají vysokoškolské vzdělání, v rámci výuky složili zkoušky z elektrotechniky, elektroniky nebo fyziky, nebo složili závěrečnou zkoušku z elektrotechniky nebo jaderné fyziky na střední odborné škole a kteří vykonávají experimentální práci na vymezených vědeckých, výzkumných nebo vývojových pracovištích, se považují za pracovníky pro samostatnou činnost, pokud tedy složili po zaškolení v určitém rozsahu. Nejméně jednou za tři roky musí být jejich znalosti ověřovány přezkoušením [11].

Učitelé využívající při výuce na školách elektrická zařízení pod napětím se požadují pro tuto činnost za pracovníky pro samostatnou činnost, musí však být v používání zařízení prokazatelně zaškoleni a nejméně jednou za tři roky musí být jejich znalosti bezpečnostních předpisů ověřovány [11].

Zkoušení nebo přezkoušení jednotlivých pracovníků provede tříčlenná zkušební komise pověřená organizací, jejíž nejméně jeden člen musí mít kvalifikaci §7, §8 nebo §9. Komise o tom dále pořídí zápis, podepsanými jejími členy [11].

- **Zkoušky a přezkoušení**

Předmětem jsou [11]:

- *Předpisy k zajištění bezpečnosti a ochrany, zdraví při práci, které souvisí s činností na elektrickém zařízení příslušného druhu a napětí, kterou má zkoušený pracovník vykonávat nebo řídit.*
- *Místní technologické a pracovní postupy, provozní a bezpečnostní pokyny, směrnice, příkazy a návody k obsluze, které souvisí s činností na zařízení příslušného druhu a napětí, kterou má zkoušený pracovník vykonávat nebo řídit.*
- *Teoretické a praktické znalosti o poskytování první pomoci, zejména pak při úrazu elektrickým proudem.*

- **Změny a novinky**

Výše uvedené kvalifikace a zkoušky jsou aktuální znění vyhlášky 50/1978 Sb. Jejím obsahem není konkrétní náplň činností pracovníků, ani jak mají detailně postupovat při své činnosti. Tyto požadavky dále řešili československé normy (hlavně řada norem ČSN 34 3100). Tyto normy už jsou neplatné a nahradila je norma ČSN EN 50110-1 ed. 3 – Obsluha a práce na elektrických zařízeních. Ing. Jiří Sajner, který je jedním ze zakladatelů vyhlášky, poukazuje na momentální nepřesnosti a chyby v překladu normy, například překlad *ordinary person* – kterou lze přeložit jako běžnou osobu, nebo laika, ale v žádném případě jako osobu seznámenou. Nedefinuje tedy dostatečně stupně odborné způsobilosti a způsob jejich získání a následné udržení [14].

„Proto jsem se rozhodl, že návrh vyhlášky vypracovaný expertní skupinou HK ČR ještě znovu projdu a provedu, na základě svých dlouholetých zkušeností získaných zejména jako pracovník státní odborného dozoru, drobné úpravy nebo doplnění reagující na aktuální legislativní situaci a doplním návrh vysvětlujícím komentářem, ve kterém u jednotlivých ustanovení podrobně uvedu vysvětlení získaná při aplikaci stávající vyhlášky. [14]“

(Ing. Jiří Sajner, 2018)

1.2.3 Manipulace se zařízením, osoby a prostory

Je dobré si určit základní rozdělení manipulace s elektrickým zařízením [2, 3]:

- **Obsluha elektrického zařízení**

Zde se jedná o pracovní úkony spojené s provozem elektrického zařízení (spínání, ovládání, čtení údajů). Při obsluze se osoby zásadně dotýkají jen takových částí, které jsou k tomu určené. Obsluha musí použít ochranné prostředky, pokud je to stanoveno. K obsluhovaným částem zařízení musí být vždy zaručen volný přístup. V případě obsluhy zařízení vn se obsluha nesmí přiblížit k živým částem pod napětím blíže, než na stanovenou vzdušnou vzdálenost [2, 3].

- **Práce na elektrickém zařízení**

Tím se rozumí výstavba, montáž a demontáž, údržba a revize elektrického zařízení, dále také všechny úkony pro zajišťování pracoviště a měření přenosnými přístroji [2, 3].

Norma nám udává určité osoby, například tedy [2, 3, 8, 9]:

- **Osoba odpovědná za elektrické zařízení** – *pověřená osoba s konečnou odpovědností za zajištění bezpečného provozu a stanovení pravidel. Může to být třeba vlastník, zaměstnavatel nebo jiná pověřená osoba.*
- **Vedoucí práce** - *osoba pověřená konečnou odpovědností za pracovní činnost a pracoviště*
- **Osoba znalá, poučená** – *rozdělené osoby podle výše uvedené kvalifikace*

Ovšem nové vydání normy (ČSN EN 50110 ed.3) udává novou osobu, tzv. **Osoba pověřená kontrolou elektrického zařízení během pracovní činnosti** – osoba odpovědná za bezpečný stav elektrického zařízení během pracovní činnosti, na něm i v jeho blízkosti [8, 9].

- **Rozdělení práce na elektrickém zařízení**

Podle odpovědnosti na dodržení pracovních předpisů a postupů můžeme práci rozdělit na [2, 3]:

- **Práce podle pokynů** – jsou zde zadány pouze nejnutnější pokyny vedoucím práce a za dodržení bezpečnostních předpisů nesou odpovědnost pracující osoby samy.
- **Práce s dohledem** – jsou zde zadány podrobnější pokyny, před zahájením práce se osoba provádějící dohled přesvědčí o provedení nutných bezpečnostních opatření a v průběhu práce podle potřeby zkontroluje dodržování bezpečnostních předpisů. I zde za dodržení bezpečnostních předpisů nesou odpovědnost pracující osoby samy.
- **Práce pod dozorem** – zde se provádí práce za trvalé přítomnosti osoby, která je dozorem pověřena. Zde je dozor zároveň odpovědný za dodržování příslušných bezpečnostních předpisů.

Podle vzdálenosti od zařízení dělíme práci na [2, 3]:

- **Práce bez napětí**

Vyžaduje naprosté zajištění pracoviště, zejména zajištění beznapěťového stavu, respektive stavu odpojení. Musí být splněno pět základních požadavků [2, 3]:

- **Úplné odpojení** – část zařízení, kde se pracuje, musí být odpojena ze všech stran od možného napájení, toto musí být provedeno buď izolací, nebo vzdušnou vzdáleností
- **Zabezpečení proti opětovnému zapnutí** – uzamknutí spínacího mechanismu, který zamezí opětovné zapnutí, zajištění musí být hlavně spolehlivé
- **Ověření, že zařízení je bez napětí** - kontrola prověřenými měřicími přístroji
- **Provedení uzemnění a zkratování** – zařízení musí být spojeno jako první s uzemňovací soustavou a pak se všemi vodiči vypnutého zařízení
- **Provedení ochranných opatření proti živým částem, které se nacházejí v blízkosti** – zamezení nahodilého vstupu na místo s živými částmi pod napětím, například ohrazením, uzavírací páskou, vyznačením cesty na pracoviště nebo uzamknutím nezáměnnými klíči

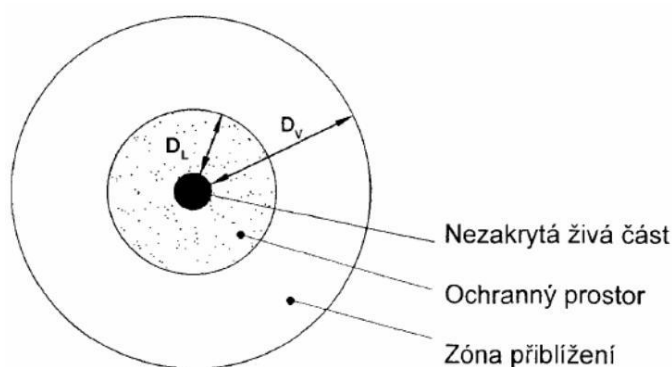
- **Práce pod napětím**

Tím rozumíme veškerou práci, při které se osoba úmyslně dostává do styku s živými částmi nebo zasahuje do ochranného prostoru buď částmi svého těla, vybavením, náradím nebo předměty, se kterými pracuje. Musí být zajištěno stabilní postavení pracovníka a musí mít obě ruce volné pro práci. Osoby musí nosit vhodné oblečení a odpovídající ochranné pomůcky a prostředky, nemají mít na sobě žádné elektricky vodivé předměty, které by mohly způsobit riziko poranění a musí být speciálně vyškoleny pro tuto činnost, tedy takové osoby musí mít požadovanou kvalifikaci. Práce pod napětím musí být omezena nebo přerušena v případě nepříznivých klimatických vlivů (déšť, bouřka, hustá mlha, silný vítr). V případě práce na zařízení malého napětí je třeba zohlednit ochranu proti zkratu [2, 3].

- **Práce na zařízení v blízkosti živých částí**

Práce, kdy se pracující osoby ani předměty nedotýkají částí pod napětím a můžou se přiblížit k nekrytým živým částem na vnější hranici ochranného prostoru [2, 3].

- **Ochranný prostor D_L** – prostor okolo živých částí, ve kterém není při zasahování nebo vstupování do něho bez ochranných opatření zajištěna izolační hladina
- **Zóna přiblížení D_V** – prostor vně ochranného prostoru



D_L : Vzdálenost definující vnější hranici ochranného prostoru
 D_V : Vzdálenost definující vnější hranici zóny přiblížení

Obr 1.3 Vzdušné vzdálenosti a zóny pro pracovní postupy [2, 3]

Tab. 1.2. Tabulka minimálních vzdáleností [2, 3]

Jmenovité napětí	Nejvyšší napětí pro zařízení (ef. hodnota)	Vnější hranice ochranného prostoru	Vnější hranice zóny přiblížení
$U_N [kV]$	$U_m [kV]$	$D_L [mm]$	$D_V [mm]$
< 1	1	Bez dotyku	300
1 < 1	12	120	1 150
22	25	260	1 260
35	38,5	370	1 370
110	123	1 000	2 000
220	245	1 600	3 000
400	420	2 600	4 600

1.3 Sítě a jejich rozdělení

Jedno z nejrozšířenějších ochranných opatření, tedy automatické odpojení od zdroje, je svou funkcí závislé na typu rozvodné sítě. Norma ČSN 33 2000-4-41 ed. 3 udává tři základní druhy soustav – TN, IT a TT [2, 3].

Označení sítí [2, 3]:

- **1. Písmeno**

Vyjadřuje vztah sítě (tedy pracovních vodičů a živých částí) a uzemnění

- **T** – jeden bod sítě (obvykle to bývá nulový bod, střed, uzel) je přímo spojený se zemí (je tedy uzemněn záměrně)
- **I** – síť je buď oddělená od země, nebo je jeden bod sítě spojen přes velkou impedanci se zemí

- **2. Písmeno**

Vyjadřuje vztah neživých částí a uzemnění

- **T** – všechny neživé části jsou přímo spojeny se zemí
- **N** – všechny neživé části jsou přímo spojeny s uzemněným bodem sítě (pomocí ochranného PE vodiče)

- **Další písmeno**

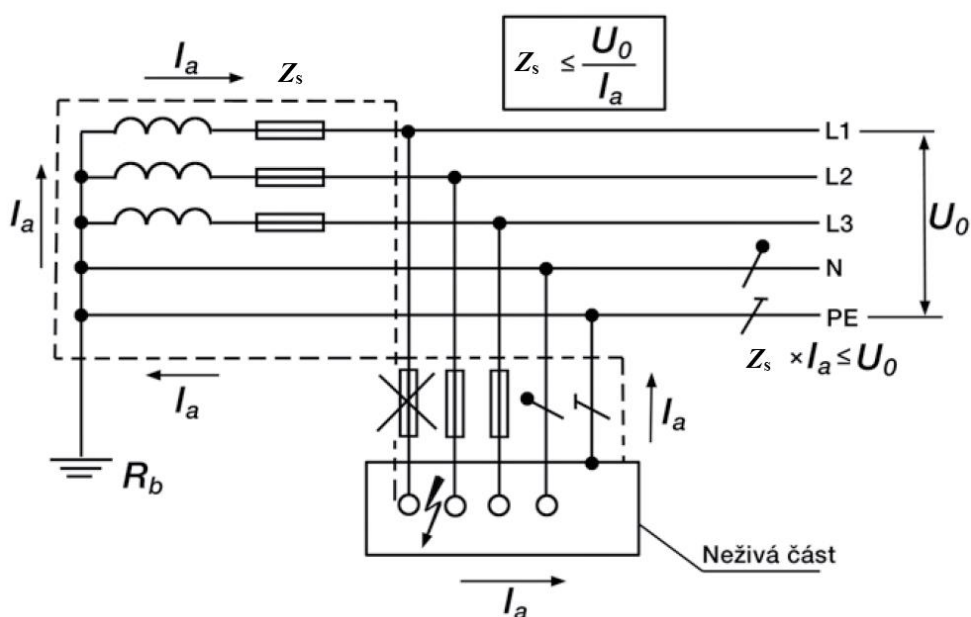
Vyjadřuje uspořádání nulového a ochranného vodiče

- **S** – ochranný vodič je veden odděleně od nulového vodiče
- **C** – ochranný vodič a nulový vodič jsou sloučeny do jednoho PEN vodiče

1.3.1 Síť TN

V této síti je principem automatického odpojení to, že chráněná neživá část je spojena prostřednictvím ochranného vodiče PE (TN-S), nebo vodiče PEN (TN-C) přímo s uzemněným bodem sítě. Při poruše, tedy při průrazu izolace mezi živou a neživou částí, dojde k jednofázovému zkratu. Při správné konfiguraci a nastavení je tento zkrat bez problémů a včas odpojen [1, 2].

Obrázek pojednává o poruše, poruchový proud je zde vyznačen čárkovaně. Cesta poruchového proud se nazývá smyčka poruchového proud [1, 2].



Obr. 1.4 Ochrana automatickým odpojením od zdroje v síti TN [2]

Z principu, který je znázorněn na obrázku, vyplývá i podmínka pro automatické odpojení. Aby ochranný prvek vypnul, musí být impedance smyčky poruchového proudu Z_s dostatečně malá, aby poruchový proud I_p ve smyčce nepřekročil hodnotu proudu I_a ,

zajišťujíc tak automatické odpojení ochranného prvku v dostatečně krátké době. Z toho tedy plyne podmínka uvedená v ČSN 33 2000-4-41 ed. 3/2018 [1, 2]:

$$Z_s * I_a \leq U_o \quad (2)$$

Kde:

- U_o – fázové napětí sítě (distribuční síť, v ČR má hodnotu 230V)

Impedance smyčky musí vyhovovat i provozním, tzv. teplém stavu. Průtokem proudu vodiči dojde k ohřátí vedení a tím i k nárůstu impedance. Proto se dle ČSN 33 2000-4-41 ed. 3/2018 přidává koeficient 1,5. Pak tedy platí [1, 2]:

$$1,5 * Z_s * I_a \leq U_o \quad (3)$$

Prvky zajišťující automatické odpojení [1, 2]:

- Běžné prvky, které zajišťují ochranu před nadproudy, tedy pojistky a jističe, nebo
- Proudové chrániče (pouze v síti TN-S, tedy v odděleném ochranném a nulovém vodiči)

Maximální doba odpojení dle normy ČSN 33 2000-4-41 ed. 3/2018, která je uvedena v tabulce, se musí uplatnit pro koncové obvody, jejichž jmenovitý proud nepřekračuje [1, 2]:

- 32 A napájecích pouze pevně připojené elektrické spotřebiče a
- 63 A, jestliže je v nich jedna nebo více zásuvek

Tab. 1.3. Maximální doby odpojení [18]

Sít'	50 V < U_o ≤ 120 V s		120 V < U_o ≤ 230 V s		230 V < U_o ≤ 400 V s		U_o > 400 V s	
	AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC
TN	0,8	^a	0,4	1	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	^a	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

Pokud je v síti TT dosaženo odpojení pomocí nadproudového ochranného přístroje a ochranné pospojování je spojeno se všemi cizími vodivými částmi v rámci instalace, je možno uplatnit maximální dobu odpojení předepsanou pro síť TN.

U_o je jmenovité střídavé nebo stejnosměrné napětí vodiče vedení vůči zemi.

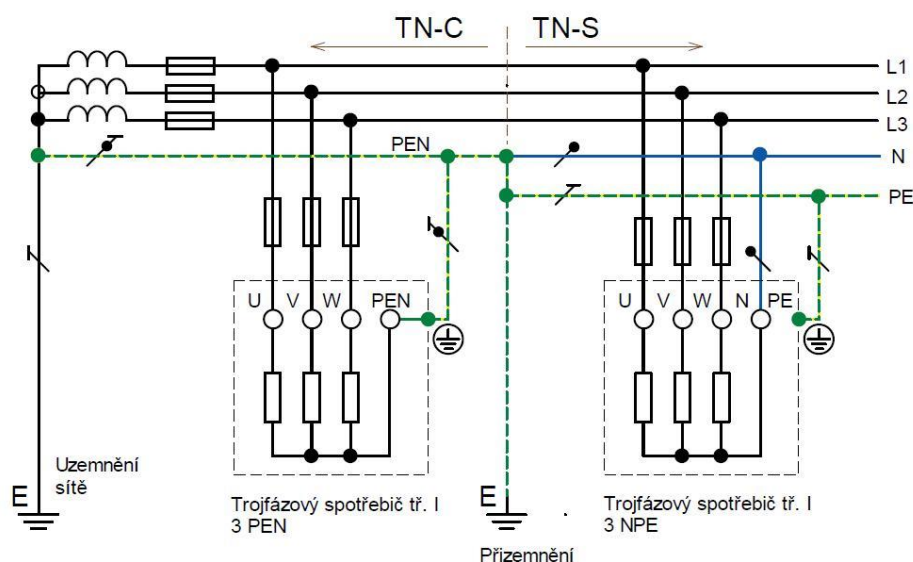
^a Odpojení může být vyžadováno z jiných důvodů, než je ochrana před úrazem elektrickým proudem.

- **Výhody a nevýhody TN-C**

Výhodou TN-C je jednoduchý rozvod i jednoduché zajištění ochrany před úrazem elektrickým proudem. Elektrický rozvod je sestaven v podstatě jen z fázových vodičů a vodiče PEN, který má funkci jak nulového, tak ochranného vodiče. Ten se rozděluje na ochranný vodič PE a nulový vodič N buď přímo v zásuvce, nebo až na připojovaném zařízení [1, 2].

Jednou nevýhodou TN-C je to, že při přerušení vodiče PEN jsou v případě jednoho zapnutého spotřebiče v příslušném obvodu, což se nedá nikdy vyloučit, všechny neživé části pod fázovým napětím. Aby se nebezpečným důsledkům částečně zabránilo, dbá se na to, aby vodič PEN byl uzemněn ještě v dalších místech sítě. Nedá se zde zapojit proudový chránič, který je předepsán pro klasické zásuvkové a, podle nového vydání normy, světelné obvody v domovních a bytových rozvodech. Další nevýhodou jsou trvalé úbytky napětí na PEN vodiči při napájení spotřebičů. Ty způsobují na cizích vodivých částech proudy, které mohou za rušení citlivých elektronických přístrojů a telekomunikačních zařízení, dále také protékají stíněním telekomunikačních kabelů. To jsou důvody, proč se, alespoň u koncových obvodů, přešlo na síť TN-S. Její výhodou je možnost použití proudových chráničů a zajištění automatického odpojení od zdroje i v případě, že se přeruší vodič PE [1, 2].

- **Síť TN-C-S**



Obr 1.5 Síť TN-C-S [2]

Nejpoužívanější síť v ČR. Od distribučního transformátoru je rozvod realizován TN-C, v elektroměrovém rozvaděči, nebo v bytové rozvodnici je PEN vodič vyveden na

dvě sběrnice N a PE a musí se u tohoto rozdělení uzemnit. Dále je rozvod veden jako síť TN-S. **Není dovoleno dále vodiče PE a N znovu spojit a vytvořit tak TN-C síť**[1, 2].

- **Požadavky na zajištění ochrany**

Veliký vliv na zajištění automatického odpojení má uzemnění a ochranné vodiče a účinné spojení[1, 2]. Proto:

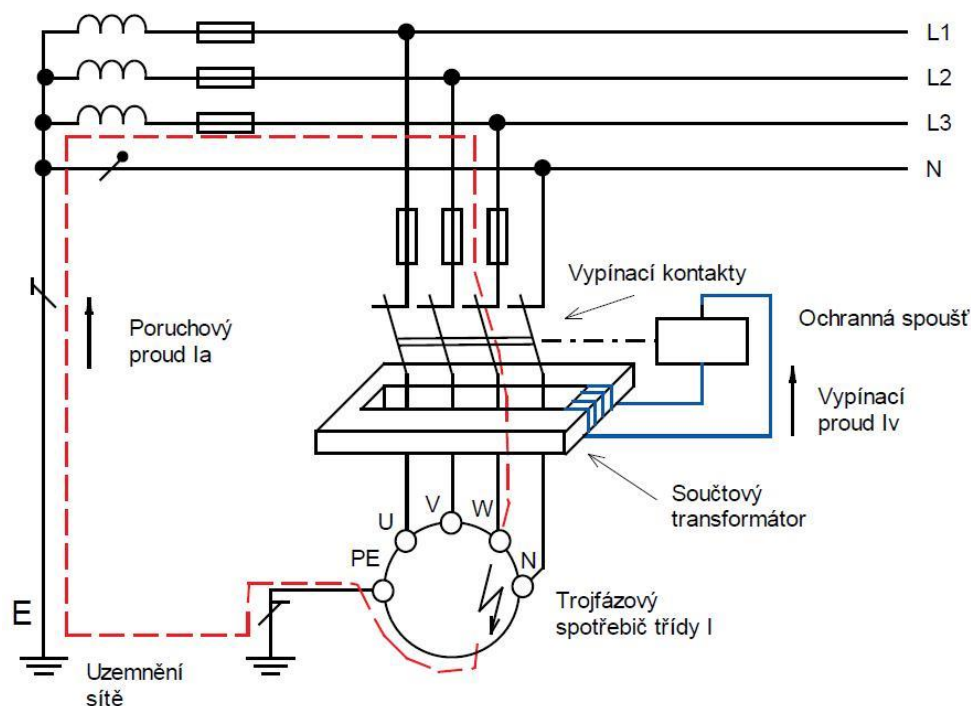
- *Vodič PEN by měl být uzemněn ve více bodech a musí být uložen tak, aby se minimalizovalo riziko přerušení vodiče*
- *Nulový bod sítě musí být uzemněný*
- *Odpor uzemnění uzlu nemá být vyšší než 5Ω (výjimečně až 15Ω)*
- *Celkový odpor uzemnění uzlu a vodičů PEN odcházejících z transformátorovny nesmí být vyšší než 2Ω*
- *Doporučuje se, aby vodič PEN (nebo PE) byl uzemněn v místě vstupu do objektu*

1.3.2 Síť TT

Všechny neživé části chráněné společně stejným ochranným přístrojem musí být spojeny ochrannými vodiči se zemničem, který je společný pro všechny tyto neživé části. Nulový nebo střední bod musí být uzemněn, jestliže nulový nebo střední bod není dosažitelný, musí se uzemnit vodič vedení[1, 2].

V případě poruchy, tedy průrazu izolace mezi živou a neživou částí, zde nedochází k přímému jednofázovému zkratu jako v síti TN, ale k zemnímu spojení, protože poruchový proud se zde uzavírá přes zemnič, který je spojený přes zem k nulovému (střednímu) bodu sítě (v síti TN jsou spojeny přímo ochranným vodičem). Tento rozdíl má ale zásadní vliv na impedanci poruchové smyčky. Impedance poruchové smyčky zde není daná jako v případě TN sítě předně impedancí vodičů, ale hlavně součtem odporů uzemnění zdroje a chráněného zařízení. Z toho tedy plyne, že je zde impedance poruchové smyčky mnohonásobně větší než v síti TN. Poruchové proudy jsou proto poměrně malé, takže se zde špatně používají pojistky nebo jističe. Všeobecně se proto používají jako ochrana automatickým odpojením od zdroje proudové chrániče. Jističe a pojistky lze

použit, ale za předpokladu, že je trvale a spolehlivě zaručená dostatečně nízká hodnota impedance poruchové smyčky[1, 2].



Obr 1.6

Ochrana proudový chráničem v síti TT [2]

Pokud je pro ochranu automatického odpojení od zdroje použit proudový chránič, musí být splněna podmínka [1, 2]:

$$R_A * I_{\Delta n} \leq 50 \text{ V} \quad (4)$$

Kde:

- R_A – součet odporů zemniče a ochranného vodiče k neživým částem [Ω]
- $I_{\Delta n}$ – jmenovitý reziduální proud proudového chrániče [A]

Tato podmínka zajišťuje odpojení elektrického zařízení v případě poruchy, pokud napětí neživé části dosáhne hodnoty 50 V (dovolené dotykové napětí) [1, 2].

Pokud je pro ochranu automatického odpojení od zdroje použit ochranný přístroj, tedy pojistky nebo jističe, musí být splněna podmínka [1, 2]:

$$Z_s * I_a \leq U_o \quad (5)$$

- U_0 – jmenovité střídavé nebo stejnosměrné napětí vodiče vedení proti zemi [V]
- I_a – proud vyvolávající automatickou funkci přístroje způsobujícího odpojení ve stanovené době [A]
- Z_s – impedance poruchové smyčky tvořené zdroje, pracovním vodičem až k místu poruchy, ochranným vodičem mezi zemničem a neživou částí, zemničem elektrické instalace a zemničem zdroje [Ω]

1.3.3 Síť IT

V této síti musí být živé části izolovány od země nebo spojeny se zemí přes dostatečně vysokou impedanci. Toto spojení může být provedeno v nulovém, nebo středním bodě sítě nebo v umělém nulovém bodě (spojení se zemí se provádí v některých případech kvůli omezení přepětí, nebo utlumení napěťové oscilace). Neživé části musí být uzemněny individuálně, po skupinkách, nebo společně [1, 2].

V případě jedné poruchy mezi živou a neživou částí, nebo živou částí a zemí je potom poruchový proud malý a tak se automatické odpojení nevyžaduje za předpokladu, že je splněna podmínka [1, 2]:

- V AC sítích

$$R_A * I_d \leq 50 V \quad (6)$$

- V DC sítích (v nové edici normy se tato podmínka vypouští)

$$R_A * I_d \leq 120 V \quad (7)$$

Kde [1, 2]:

- R_A – součet odporů zemniče a ochranného vodiče [Ω]
- I_d – poruchový proud při první poruše o zanedbatelné impedanci mezi vodičem vedení a neživou částí, hodnota bere v úvahu unikající (svodové) proudy a celkovou impedanci uzemnění [A]

Pokud je síť IT použita z důvodu zajištění kontinuity napájení, musí být použit hlídač izolačního stavu, aby signalizoval výskyt první poruchy mezi živou a neživou částí a

zemí. Takový přístroj musí spustit zvukový nebo vizuální signál, který musí trvat po celou dobu poruchy. Doporučuje se, aby první porucha byla odstraněna co nejdříve [1, 2].

Poté, co vznikne první porucha, musí být splněny podmínky pro automatické odpojení od zdroje v případě, že se vyskytne druhá porucha na jiném vodiči. Podle způsobu uzemnění neživých částí je potřeba rozlišit dva případy [1, 2]:

- A. Neživé části jsou propojeny ochranným vodičem a společně uzemněny ke stejné uzemňovací soustavě, platí podobné podmínky jako v síti TN. Součinitel 2 bere v úvahu, že v případě výskytu dvou poruch, tyto poruchy mohou být v různých obvodech [1, 2].

Pokud není vyveden střední bod v případě stejnosměrných sítí, nebo nulový bod v střídavých sítích, musí být splněna podmínka [1, 2]:

$$2 * Z_s * I_a \leq U \quad (8)$$

Pokud je vyveden střední nebo nulový bod, musí být splněna podmínka [1, 2]:

$$2 * Z'_s * I_a \leq U_0 \quad (9)$$

Kde [1, 2]:

- U – jmenovité stejnosměrné nebo střídavé napětí mezi vodiči [V]
- U_0 – jmenovité stejnosměrné nebo střídavé napětí mezi krajním a středním vodičem, nebo fázovým a nulovým vodičem [V]
- Z_s – impedance poruchové smyčky zahrnující zdroj, pracovní a ochranný vodič [Ω]
- Z'_s – impedance poruchové smyčky zahrnující zdroj, nulový a ochranný vodič [Ω]
- I_a – proud vyvolávající automatickou funkci přístroje způsobujícího odpojení ve stanovené době [A]

- B. Jestliže jsou neživé části uzemněny jednotlivě nebo po skupinkách, musí být splněna podmínka [1, 2]:

$$R_A * I_a \leq 50 V \quad (10)$$

Kde:

- R_A – součet odporů zemniče a ochranného vodiče [Ω]
- I_a – proud vyvolávající automatickou funkci přístroje způsobujícího odpojení ve stanovené době [A]

2 Ochrana před úrazem elektrickým proudem

2.1 Druhy (způsoby) ochran

- **Ochrana proti nebezpečnému dotyku živých částí**

Osoby a hospodářská zvířata musí být ochráněny proti nebezpečím, které mohou nastat při dotyku živých částí. Lze provést tím, že se [2, 3, 4]:

- *Zabrání průchodu proudu tělem zvířete nebo osoby, nebo se*
- *Proud, který může tělem osoby nebo zvířete procházet, omezí na hodnotu bezpečnou.*

- **Ochrana proti nebezpečnému dotyku neživých částí**

Osoby a hospodářská zvířata musí být ochráněny před nebezpečím dotyku neživých částí, které by se mohly při poruše stát živými. Lze provést tím, že se [2, 3, 4]:

- *Zabrání průchodu proudu tělem zvířete nebo osoby, nebo se*
- *Proud, který může tělem osoby nebo zvířete procházet, omezí na hodnotu bezpečnou, nebo se*
- *Zařízení, u něhož došlo k poruše, okamžitě po vzniku poruchy samočinně odpojí od zdroje*

- **Ochrana proti nebezpečnému dotyku živých i neživých částí**

Osoby a hospodářská zvířata musí být ochráněny proti nebezpečím, které mohou nastat při dotyku živých částí i neživých částí, které by se mohly při poruše stát živými. Lze provést tím, že [2, 3, 4]:

- *Napětí živých částí zařízení nemůže v žádném případě překročit dovolenou bezpečnou hodnotu*
- **Základní pravidlo ochrany před úrazem elektrickým proudem:**

Nebezpečné živé části nesmí být za normálních podmínek přístupné (k tomu nám slouží základní ochrana) a přístupné vodivé části (neživé, cizí) nesmějí být nebezpečné ani za normálních podmínek, ani za podmínek jedné poruchy [2, 3, 4].

2.2 Ochranná opatření

Ochranné opatření se musí skládat z [2, 3, 4]:

- *Vhodně zvolené kombinaci dvou nezávislých ochranných prvků pro zajištění základní ochrany a ochrany při poruše, nebo*
- *Zvýšené ochrany zajišťující jak ochranu základní, tak i ochranu při poruše*

Všeobecně jsou povolena tato ochranná opatření [2, 3, 4]:

- *Automatické odpojení od zdroje*
- *Zesílená nebo dvojitá izolace*
- *Elektrické oddělení pro napájení jednoho spotřebiče*
- *Malé napětí PELV, SELV*

2.3 Základní ochrana a její prostředky

Tato ochrana je určena pro nerušený provoz zařízení a její zaměření je takové, aby části, které jsou v provozu pod napětím, nebyly lidem přístupné [2, 3, 4].

2.3.1 Prostředky ochrany

- ***Základní izolace živých částí***

Kapalný, pevný materiál nebo plyn, nejčastěji vzduch, kryty, zábrany, přepážky. Živé části musí být kompletně pokryty izolací a tu lze odstranit pouze jejím zničením. V průmyslově vyráběných zařízeních musí izolace vyhovovat příslušné normě pro příslušné zařízení. U ostatních musí být izolace udělaná tak, aby vydržela všechna různá namáhání (např. mechanické, elektrické, chemické a tepelné), kterým může být zařízení během svého provozu vystaveno. Dále se využívá koordinace izolace, tedy vzájemného a odstupňovaného uspořádání izolace (jmenovitá napětí a přepětí, povrchové cesty a vzdušné vzdálenosti, odolnost proti vlivům prostředí). Nátěry (laky, barvy, emaily) se za izolaci dostatečnou pro ochranu před dotykem živých částí nepovažují [2, 3, 4].

- ***Ochrana pomocí krytů nebo přepážek***

Živé části musí být za přepážkami nebo uvnitř krytů, které zajišťují krytí alespoň IP 2X (výjimkou mohou být objímky, pojistky nebo žárovky, otvory zásuvek). Vodorovné horní povrchy krytů vyžadují minimální požadované krytí IP 4X nebo IP XXD. Kryty musí odolávat vnějším vlivům, musí být pevné a zajištěné na místě. Dále je kryty možné odstranit pouze za pomoci klíče nebo nástroje, nebo po odpojení napájení živých částí, před jejichž dotykem přepážky nebo kryty chrání, nebo pokud se uvnitř krytu nachází přepážka poskytující stupeň ochrany IP XXB nebo IP 2X, která brání proti dotyku živých částí [2, 3, 4].

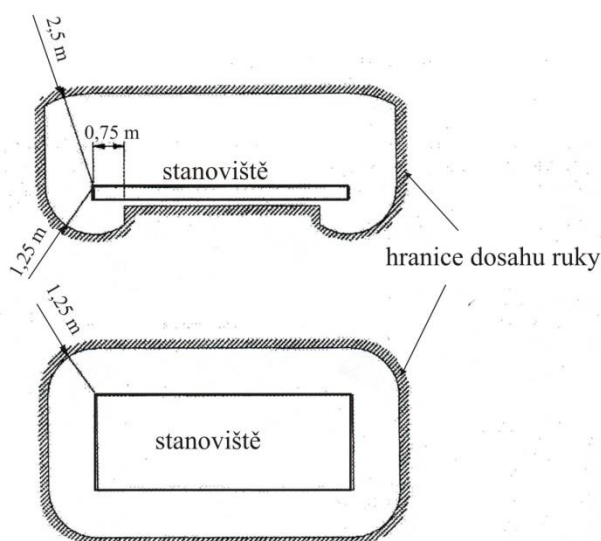
- ***Ochrana zábranou***

Tato ochrana je využívána na ochranu proti nahodilému dotyku živých částí, ne však proti úmyslnému dotyku záměrným obejitím zábran, tedy brání proti neúmyslnému přiblížení k živým částem a nahodilému dotyku živých částí. Zábrany je možné odstranit bez použití klíče nebo nástroje, ovšem musí být zajištěny tak, aby nemohlo dojít k jejich neúmyslnému odstranění. Pokud je zábrana vodivá a od živé části je oddělena pouze pomocí základní izolace, považuje se za neživou část. Zábrana z izolantu u zařízení do 1 kV musí od živých částí být vzdálena alespoň 15 cm u vnitřního zařízení a 20 cm u venkovního zařízení. Zábrana může být tvořena [2, 3, 4]:

- V prostorech přístupných laikům a pracovníkům bez požadované odborné způsobilosti pomocí uzamčením nebo neodnímatelným ohrazením, které musí být dostatečně pevné, vysoké a vzdálené od živých částí (oplocením nebo mříží)
- V prostorech nepřístupných laikům a pracovníkům bez požadované odborné způsobilosti pomocí uzavřením, ohrazením (tyčí, zábradlím, provazem), které může být i odnímatelné.

- **Ochrana polohou**

Ochrana spočívá v umístění živých částí mimo dosah a brání tak nahodilému dotyku. V místech, kam nemají přístup laici a pracovníci seznámeni, musí být od stanoviště ohraničeného pomocí zábrany dále než 1,25 m a nad stanovištěm výše než 2,5 m. V prostorách přístupných laikům musí být živé části vzdáleny od stanoviště alespoň 3 m a nad stanovištěm alespoň 5 m. Části současně přístupné dotyku, které mají rozdílný potenciál, nesmí být na dosah rukou. V místech, kde dochází k manipulaci s dlouhými nebo objemnými vodivými předměty, musí být vzdálenosti na ochranu polohou zvětšeny úměrně rozměrům těchto předmětů [2, 3, 4].



Obr 2.1 Ochrana polohou

- **Ochrana omezením napětí**

Napětí mezi dvěma současně přístupnými částmi nesmí překročit meze malého napětí (120 V stejnosměrných a 50 V střídavých) [2, 3, 4].

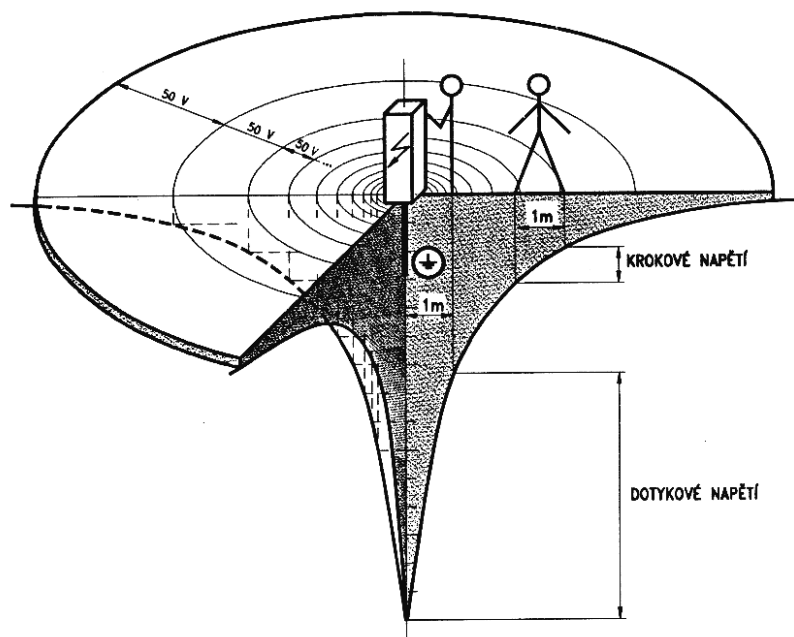
- **Omezení ustáleného dotykového proudu a náboje**

Ustálený proud, který protýká mezi dvěma vodivými částmi současně přístupnými dotyku, tekoucí činným odporem s hodnotou 2000Ω , nesmí překročit práh vnímání (2 mA stejnosměrných a 0,5 mA střídavých). Dále mohou být stanoveny hodnoty pro práh bolesti (10 mA stejnosměrných a 3,5 mA střídavých), nebo meze uvolnění (25 mA stejnosměrných a 5 mA střídavých). Nahromaděný náboj mezi dvěma částmi, které jsou současně přístupné dotyku, by neměl překročit $0,5 \mu\text{C}$ (hodnota prahu vnímání), může být stanoveno i $50 \mu\text{C}$ (hodnota prahu bolesti). Jako příklad jsou zbytkové náboje, elektrické ohradníky a zdravotnické přístroje [2, 3, 4].

- **Řízení potenciálu**

Zde se uplatňují pojmy [2, 3, 4]:

- **Krokové napětí** - takové napětí vzniká například kolem místa dopadu blesku, kde vzniknou pomyslné kružnice, z nichž každá představuje jinou hodnotu potenciálu, který se od středu rapidně snižuje s rostoucí vzdáleností. Pokud osoba nebo zvíře rozkročí nohy, spojí se dva body s rozdílným potenciálem a mezi nohama vznikne krokové napětí (nebezpečná hodnota 90 V/m).
- **Dotykové napětí** - elektrické napětí, které vznikne jako důsledek současného dotyku dvou předmětů s rozdílným potenciálem (bezpečná hodnota do 50 V).



Obr. 2.2. Řízení potenciálu, krokové a dotykové napětí [2]

2.3.2 Stupně ochrany krytem a označení IP

Označení IP – International Protection. Tyto stupně jsou specifikovány normou ČSN EN 60529, která popisuje systém třídění a označování stupňů ochrany realizované kryty elektrických zařízení. IP kód udává kódovací systém označující stupně ochrany krytem před dotykem nebezpečných částí, dále před vniknutím pevných cizích těles nebo proti vniknutí vody. IP kód také obsahuje další informace související s touto ochranou [2, 3, 4, 5, 6].

- **Uspořádání kódu IP – IP 23 BH**

Kde [2, 3, 4, 5, 6]:

- **IP** – písmena kódu (*International protection znamená mezinárodní ochrana*)
 - **2** – první číslice (*dosahuje hodnot 0 - 6*) – stupeň ochrany před dotykem nebezpečných živých částí a také před vniknutím pevných cizích těles
 - **3** – druhá číslice (*dosahuje hodnot 0 - 9*) – stupeň ochrany před vniknutím vody
 - **B** – přídatné písmeno (*A, B, C, D*) – nepovinné, udává stupeň ochrany před dotykem nebezpečných živých částí
 - **H** – doplňkové písmeno (*H, M, S, W*) – nepovinné, udává doplňkové vlastnosti krytí
- **První číslice**

Tab. 2.1. Tabulka první číslice [2, 3, 4, 5, 6]

Stupeň	Ochrana před nebezpečným dotykem	Ochrana před vniknutím cizích těles
IP 0x	nechráněno	nechráněno
IP 1x	hřbetem ruky	těleso o průměru > 50 mm
IP 2x	prstem	těleso o průměru > 12,5 mm
IP 3x	nástrojem	těleso o průměru > 2,5 mm
IP 4x	nástrojem nebo drátem	těleso o průměru > 1 mm
IP 5x	drátem	chráněno před prachem
IP 6x	drátem	prachotěsné

- **Druhá číslice**

Tab. 2.2. Tabulka druhé číslice [2, 3, 4, 5, 6]

<i>Stupeň</i>	<i>Ochrana před vniknutím vody s nebezpečnými účinky</i>
IP x0	nechráněno
IP x1	svisle dopadající kapky – 1 + 0,5 mm/min
IP x2	kapky padající se sklonem 15° - 3 + 0,5 mm/min
IP x3	vodní tříšť, kroupení, déšť se sklonem 60°
IP x4	stříkající voda s vyššími úhly než IP x3
IP x5	tryskající voda - 6,3 mm tryska
IP x6	intenzivně tryskající voda – 12,5 mm tryska
IP x7	dočasné ponoření -30 m do 1 m hloubky
IP x8	trvalé ponoření
IP x9	proti tlakové vodě – vysokotlaké čištění, WAP

- **Přídavné písmeno**

Tab. 2.3. Tabulka přídavného písmena [2, 3, 4, 5, 6]

<i>Stupeň</i>	<i>Ochrana před nebezpečným dotykem</i>
XXA	hřbet ruky – sonda dotyku – koule o průměru 50 mm
XXB	prst – sonda dotyku – zkušební článkový prst dlouhý 80 mm s průměrem 12 mm
XXC	nástroj – sonda dotyku – průměr 2,5 mm
XXD	drát – sonda dotyku – průměr 1 mm

- **Doplňkové písmeno**

Tab. 2.4. Tabulka doplňkového písmena [2, 3, 4, 5, 6]

<i>Stupeň</i>	<i>Doplňkové vlastnosti ochrany</i>
XXH	zařízení pro vysoké napětí
XXM	škodlivé účinky vniklé vody – pohyblivé částí zařízení jsou v pohybu
XXS	škodlivé účinky vody – pohyblivé částí zařízení jsou v klidu (pokud je zařízení má)
XXW	povětrnostní podmínky

2.4 Ochrana při poruše a její prostředky

Pokud je základní ochrana (tedy ochrana před dotykem živých částí) narušena (např. je poškozená izolace), musí chránit druhý způsob ochrany – ochrana při poruše (tedy ochrana před dotykem neživých částí). Prostředky ochrany nejsou jenom doplněním základní ochrany, ale samostatné, na základní ochraně nezávislé ochranné prvky [2, 3, 4].

2.4.1 Prostředky ochrany

- *Přídavná izolace*

Účel této ochrany je bránit průchodu napětí na části přístupné dotyku i v případě poškození základní izolace. Přídavná izolace je dimenzovaná na stejné namáhání jako u základní izolace [2, 3, 4].

- *Ochranné pospojování*

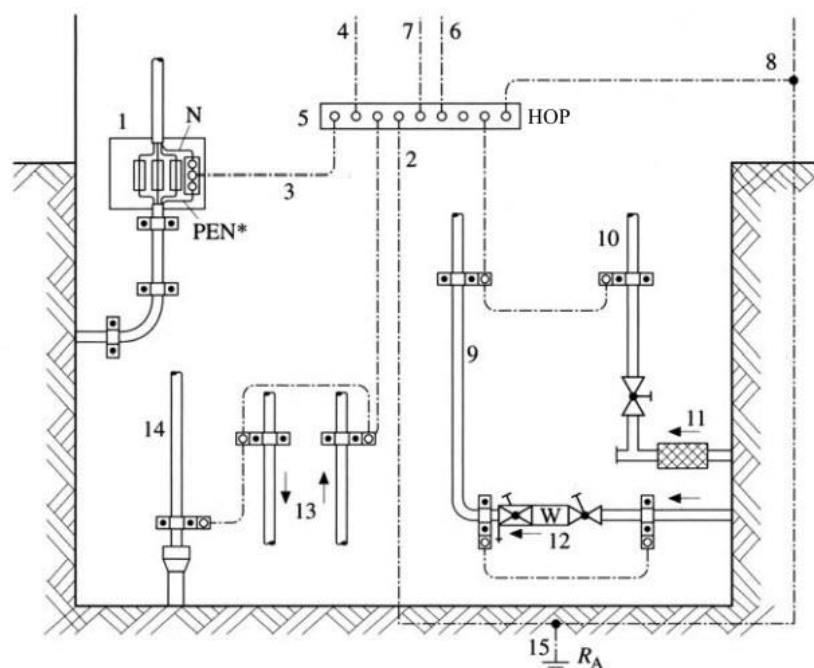
Ochranné pospojování slouží k vyrovnání potenciálu mezi částmi, které mohou být současně přístupné dotyku. Musí být plně funkční i při poruchových proudech vzniklých při selhání základní ochrany (izolace živých částí). Po dobu poruchy nesmí poruchový proud vyvolat na ochranném pospojování dotykové napětí větší než dovolené [2, 3, 4].

Ochranné pospojování se musí skládat z jedné nebo i více vhodných kombinací složených z [2, 3, 4]:

- *Ochranné svorky/Ochranné přípojnice*
- *Uzemněného/neuzemněného ochranného pospojování*
- *Vodiče PEN, PE*
- *Ochranného stínění*
- *Umělého středu nebo uzemněného bodu zdroje*
- *Zemniče (řízení potenciálu)*
- *Uzemňovacího přívodu*

V nízkonapětových instalacích se běžně uzemněné ochranné pospojování skládá z [2, 3, 4]:

- Hlavního pospojování, které se skládá z:
 - Hlavního ochranného vodiče
 - Hlavního uzemňovacího přívodu/hlavní ochranné svorky (přípojnice)
 - Kovového potrubí sloužící v budově pro rozvody (voda, plyn)
 - Kovové konstrukční části, klimatizaci a ústřední topení
 - Kovové pláště
- Doplnujícího pospojování, kde se spojují navzájem přístupné vodivé části
- Místního pospojování, kde se spojují navzájem přístupné vodivé části v určitém prostoru, kde se vyskytují určité specifické podmínky



- | | |
|--|--|
| 1 – HDS (hlavní domovní skříň) | 8 – spojení se svodem hromosvodu |
| 2 – uzemňovací přívod (popř. spojení s konstrukcí budovy v síti TN) | 9 – kovové vodovodní potrubí |
| 3 – propojení vodiče PEN s HOP (pouze v sítích TN) | 10 – kovové potrubí rozvodu plynu v budově |
| 4 – hlavní ochranný vodič | 11 – izolační vložka |
| 5 – hlavní ochranná přípojnice – HOP (přípojnice hlavního pospojování) | 12 – vodoměr |
| 6 – vodič pro uzemnění antény | 13 – potrubí ústředního topení |
| 7 – vodič pro uzemnění zařízení informační techniky | 14 – kovové odpadní potrubí |
| | 15 – zemnič objektu |
| | (*) – vodič PEN v síti TN (v síti TT nulový vodič N) |

Obr. 2.3. Pospojování s užitím přípojnice hlavního pospojování [2, 3, 4]

- **Ochranné stínění**

Účelem této ochrany je dosáhnout toho, aby se napětí při poškození izolace živé části nedostalo dál než na toto ochranné stínění. Stínění je součástí systému ochranného pospojování, což zajišťuje snížení napětí pod nebezpečnou mez [2, 3, 4].

Ochranné stínění je tvořeno vodivou stínicí vložkou, která je vložena mezi nebezpečné živé části instalace, sítě nebo zařízení a částí, která má být chráněna. Ochranná stínicí vložka je připojena k systému ochranného pospojování a vyhovuje daným požadavkům na prvky pospojování (dostatečný průřez, odolnost vůči vnějším vlivům, nízká impedance). Při průrazu izolace živé části se napětí dál než na stínicí složku nepřenese, je zde sníženo na bezpečnou mez. Uplatňuje se v SELV, PELV ochranách jako součást ochranného oddělení, a to zejména u transformátorů pro napájení těchto obvodů jako stínění mezi primárním a sekundárním vinutím [2, 3, 4].

- **Automatické odpojení od zdroje**

Tato ochrana zabraňuje vzniku nebezpečí úrazu v důsledku trvání a velikosti dotykového napětí v případě poruchy zařízení. Toto ochranné opatření vyžaduje koordinaci provedení sítě a způsobu, jímž je uzemněna, taktéž i provedení elektrických předmětů (třída ochrany I). Nutný předpoklad pro správnou funkci automatického odpojení od zdroje v jakémkoliv typu sítě je ochranné uzemnění a ochranné pospojování [2, 3, 4].

Je zde využít určitý ochranný přístroj, který v případě poruchy izolace mezi živou částí a neživou částí nebo mezi živou částí a ochranným vodičem samočinně odpojí zařízení od zdroje. Takovéto odpojení musí být dostatečně rychlé, aby dotykové napětí, které vznikne při poruše, nezpůsobilo nebezpečný fyziologický účinek člověku, který se dotýká částí současně přístupných dotyku. Ve zvláštních případech se přípouští doba automatického odpojení delší, maximálně ale 5 s (záleží na uzemnění sítě) [2, 3, 4].

Ochrannými přístroji jsou zde nadproudové přístroje (jistič, pojistka) nebo proudový chránič. Prvotní funkcí jističů a pojistek je ochrana izolace a elektrických zařízení proti nadproudu. Druhotně slouží, typicky v TN sítích, jako ochranný přístroj pro automatické odpojení vadného elektrického zařízení, jestliže jím procházející proud I_a způsobí vypnutí v určitém požadovaném čase pro jednotlivé typy sítě. Takovýto čas se zjistí z tzv. vypínací charakteristiky jističe či pojistky. Při výběru ochranného přístroje se

bere v úvahu impedance smyčky poruchového proudu. Více o ochranných přístrojích, zejména o proudových chráničích, dále v textu [2, 3, 4].

- ***Jednoduché oddělení obvodu***

Galvanické oddělení - části obvodu se oddělí tak, aby nebyly spojeny vodičem, ale aby přitom docházelo k přenosu elektrické energie (výkonu, práce) mezi nimi (nejčastěji pomocí transformátorové vazby, dále pak třeba optickou, nebo mechanickou vazbou) [2, 3, 4].

Obvod je galvanicky oddělen od ostatních obvodů a od země, nemá tedy napětí proti zemi pevně určené. Při poruše základní izolace a při dotyku osoby s touto částí dochází k uzemnění obvodu. Obvod je sice uzemněn, proud se ovšem nemá kudy uzavřít (pokud tedy nepočítáme s kapacitními a svodovými proudy vodičů). Tedy v případě, že se někdo dotkne živé části nebo části s poškozenou izolací, sice dojde k uzemnění obvodu prostřednictvím lidského těla, tím ale neprochází nebezpečný proud [2, 3, 4].

Jednoduchého oddělení obvodu od země nebo od ostatních obvodů se všude dosáhne pomocí základní izolace, která odpovídá hodnotě nejvyššího vyskytujícího se napětí. Pokud je mezi oddělenými obvody zapojena nějaká součástka, musí tato součástka vydržet elektrické namáhání stanovené pro izolaci, kterou přemostňuje a její impedance musí omezovat předpokládaný proud, který jí protéká, na hodnotu ustáleného dotykového proudu pod práh vnímání [2, 3, 4].

Jednoduché oddělení se uplatňuje v ochraně pomocí elektrického oddělení – tedy v ochranném opatření, v němž je [2, 3, 4]:

- *Základní ochrana, která je zajištěna základní izolací nebo kryty a přepážkami mezi nebezpečnými živými částmi a neživými částmi obvodu a*
- *Ochrana při poruše, která je zajištěna jednoduchým oddělením napájeného obvodu od země a od ostatních obvodů.*

Neživé části odděleného obvodu musí být spojeny navzájem izolovanými vodiči neuzemněného pospojování. Takové vodiče nesmějí být spojeny s cizími vodivými částmi, s ochrannými vodiči nebo s neživými částmi jiných obvodů. Úmyslné připojení neživých částí k zemnímu vodiči nebo k ochrannému vodiči není dovoleno [2, 3, 4].

- ***Nevodivé okolí***

Nevodivé okolí má zabránit současnému dotyku částí, které mohou mít v důsledku porušení základní izolace živých částí rozdílný potenciál. Prostor je z elektrického hlediska izolovaný od okolního prostředí a přejímá potenciál vodiče, který je v tomto prostoru veden. Pokud dojde ke kontaktu s částí pod napětím, neexistuje v tomto prostoru napěťový spád, tedy neexistuje rozdíl potenciálů a proud tedy nemá kam odtékat [2, 3, 4].

V okolí elektrického zařízení musí impedance dosahovat hodnot proti zemi alespoň:

- *50 kΩ, jestliže jmenovité napětí sítě nepřekračuje DC nebo AC 500V*
- *100 kΩ, jestliže jmenovité napětí sítě překračuje DC nebo AC 500V*

Nevodivé okolí se jako ochranný prostředek užívá jen zřídka a jeho uplatnění se obvykle doplňuje organizačními opatřeními, tj. trvalou kontrolou elektrického zařízení a jeho okolí, aby do něj nemohl být přivlečen jiný potenciál (aplikace pouze tam, kde je provoz řízený osobou znalou nebo pod jejím dozorem) [2, 3, 4].

2.5 Zvýšená ochrana, doplňková ochrana a prostředky ochran

Zvýšená ochrana zajišťuje jak základní ochranu, tak ochranu při poruše jedním ochranným opatřením. Pojem „zvýšená ochrana“ nemá nic společného s vyšší úrovní ochrany, která se požaduje například v prostorech zvlášť nebezpečných [2, 3, 4].

Doplňková ochrana se využívá v prostorech zvlášť nebezpečných, dosáhne se jí rozšířením normální ochrany (základní ochrana + ochrana při poruše nebo zvýšená ochrana) o některou doplňkovou ochranu [2, 3, 4].

2.5.1 Prostředky zvýšené ochrany

- ***Zesílená izolace***

Ta musí být navržena tak, aby její odolnost a parametry odpovídaly požadavkům na dvojitou izolaci (základní + přídatná izolace) [2, 3, 4].

- ***Ochranné oddělení obvodů***

Obdoba jednoduchého oddělení obvodů, ovšem s tím rozdílem, že zatímco jednoduché oddělení obvodů slouží jako opatření při poruše, jestliže došlo k porušení základní ochrany, kterou představuje základní izolace, tak ochranné oddělení zajišťuje

najednou jako ochranu základní, tak ochranu při poruše. Na tuto ochranu jsou tedy kladeny vyšší nároky na izolaci. Uplatňuje se v SELV a PELV ochranách [2, 3, 4].

Ochranné oddělení obvodů se dosáhne pomocí [2, 3, 4]:

- *Základní a přidavnou izolací, kdy je každá určena pro nejvyšší přítomné napětí, nebo*
 - *Zesílenou izolací, která je uvažovaná pro nejvyšší přítomné napětí, nebo*
 - *Ochranným stíněním s ochrannou stínicí vložkou, která je oddělena od každého sousedního obvodu základní izolací uvažovanou pro napětí sousedního obvodu, nebo*
 - *Kombinací některých z těchto prvků*
- **Zdroj omezeného proudu**

Takový zdroj musí být navržený tak, aby nemohl dodávat dotykové proudy přesahující normou dané hodnoty, které jsou uvedeny výše v odstavci **Omezení ustáleného dotykového napětí a proudu** [2, 3, 4].

Toto opatření se využívá jen ve speciálních případech, ovšem je nutno s ním počítat i u elektrických spotřebičů a strojních zařízení. Například v kabelových sítích, nebo v meziobvodech frekvenčních měničů napěťového typu je potřeba počítat s jevem zbytkového náboje, který může být nebezpečný i po odpojení vedení. V takovém případě je potřeba provést opatření (vybíjecí odpor). Musí se také dále počítat, při použití běžného odporu, s možností jeho průrazu, ochrana totiž musí omezovat proud nejen v bezporuchovém stavu, ale i v případě jedné poruchy [2, 3, 4].

- **Ochranná impedance**

Mezi živé a neživé části se zapojí taková impedance, jejíž hodnota musí být vysoká natolik, aby, jak za normálního provozu, tak i v případě poruchy v zařízení, byl proud omezen na bezpečnou hodnotu a aby její konstrukce zajišťovala spolehlivost po celou dobu životnosti. Taktéž musí spolehlivě omezit dotykové proudy pod hodnoty uvedené výše v odstavci **Omezení ustáleného napětí a proudu** [2, 3, 4].

Požadavky na ochrannou impedanci i na zdroj omezeného proudu jsou podrobně stanoveny v příslušných předmětových normách především pro výrobce elektronických zařízení. Nepředpokládá se, že by na zařízení byly aplikovány dodatečně [2, 3, 4].

2.5.2 Prostředky doplňkové ochrany

- ***Doplňující ochranné pospojování***

To může zahrnovat celou instalaci, její část, jednotlivé přístroje nebo prostor. V místě zvoleném pro jeho uplatnění musí zahrnovat všechny neživé části upevněných zařízení současně přístupné dotyku, a pokud je to proveditelné, cizí vodivé části včetně hlavních kovových armatur železobetonu [2, 3, 4].

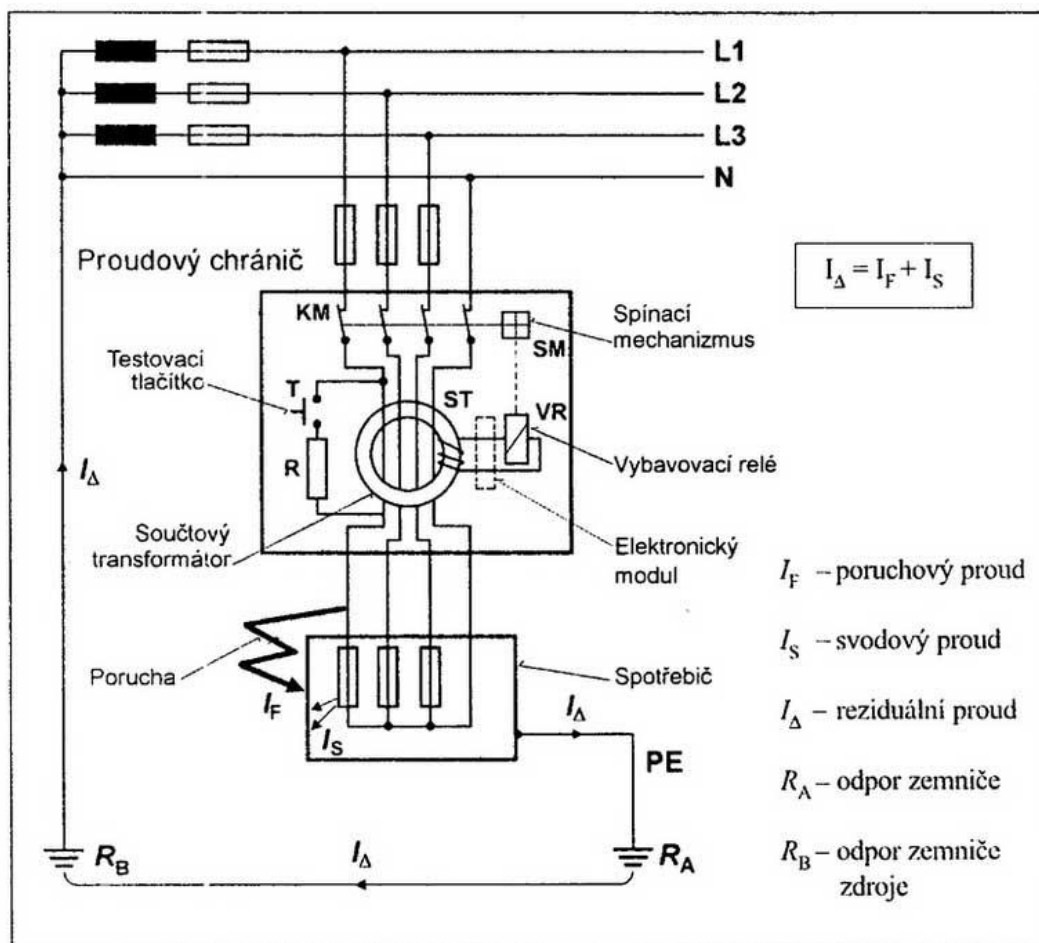
Patří sem dále i proudové chrániče, jejich popis a funkci se dozvíme v další kapitole [2, 3, 4].

2.6 Proudové chrániče

Pracuje na principu porovnání proudů v pracovních vodičích procházejících jeho součtovým proudovým transformátorem. Za normálního stavu je součet okamžitých hodnot proudu nulový. V jádru transformátoru se indukují magnetické toky od jednotlivých pracovních vodičů, a protože proudy mají opačnou orientaci, okamžitý součet magnetických toků je roven nule. Až v okamžiku zemního proudu z některého pracovního vodiče začíná odtékat určitá část proudu mimo pracovní vodiče a tím vzniká nerovnovážný stav, který vybudí odpovídající magnetický tok. Vzniklé napětí na výstupním vinutí vytvoří proud, který uvede v činnost vybavovací relé (PMR – permanent magnet relay). Relé dá popud k vypnutí kontaktů proudového chrániče [10, 12].

Proudový chránič se skládá ze tří základních konstrukčních částí [10, 12]:

- **Součtový proudový chránič**
- **Vybavovací relé s permanentním magnetem**
- **Spínací mechanismus**



Obr 2.4 Princip proudového chrániče [10, 12, 19]

- **Využití proudových chráničů**

Využití proudových chráničů se zabývá např. norma ČSN 33 2000-4-41 ed. 3. Z jejího nového vydání 02/2018 plynou malé změny v použití proudových chráničů [15].

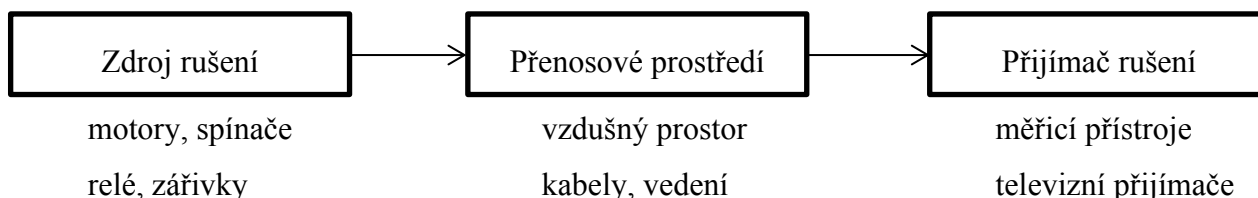
Hlavní změnou v nové edici normy je také nutnost použití proudových chráničů s reziduálním proudem 30 mA na světelných obvodech v síti TN a TT. Obecné použití proudových chráničů se jmenovitým reziduálním proudem 30 mA pro všechny jednofázové zásuvkové obvody je nově až do 32 A včetně a všechny třífázové zásuvkové okruhy do 32 A včetně. To platí i pro připojení mobilního zařízení určené pro venkovní použití do 32 A včetně. Trojfázové zásuvky nad 32 A se doporučuje vybavit doplňkovou ochrannou, kterou tvoří proudový chránič s reziduálním proudem 100 mA. Povinně se musí použít tam, kde se nachází laická obsluha, tedy nejen byty, ale i komerční objekty [15].

Jsou zde ovšem i výjimky z normy. Proudový chránič se nemusí použít v zásuvkovém obvodu tam, kde [15]:

- Zásuvkový obvod není přístupný laické veřejnosti
- Nežádoucí vypnutí zařízení by vedlo ke značným škodám, např. ke ztrátě dat (tedy kancelářská, výpočetní technika, ale i chladicí a mrazicí zařízení potravin)

3 Elektromagnetická kompatibilita a přepětí

Neboli EMC – electromagnetic compatibility. Definovaná jako schopnost zařízení, systému či přístroje vykazovat správnou činnost i v prostředí, v němž působí jiné zdroje elektromagnetických signálů (umělé či přírodní), a naopak svou vlastní “elektromagnetickou činností“ nepřipustně neovlivňovat své okolí, tedy nevyzařovat signály, jež by byly rušivé pro jiná zařízení[13, 22].



3.1 Normy EMC

Dělení problematiky EMC lze rozdělit normy na tři tematické celky [21]:

- **Normy zabývající se obecnou problematikou EMC**

Sem patří například normy ČSN EN 61000-6-3 ed. 2 a ČSN EN 61000-6-1 ed. 2. Jedná se o kmenové normy, vychází ze základních norem a stanovují všeobecné požadavky EMC, které mají splňovat jakékoliv spotřebiče určené pro použití v prostředích obytných, obchodních a lehkého průmyslu, například [16, 21]:

- Nemovitosti pro obytné účely – domy, byty
- Maloobchodní prostory - obchody, supermarkety
- Obchodní prostory – kanceláře, banky
- Prostory zábavního charakteru – kina, taneční sály, veřejné bary

Pokryt je zde kmitočtový rozsah 0 Hz až 400 GHz. Tyto normy se použijí všude tam, kde není norma speciálně zaměřená na výrobek nebo skupinu výrobků. Požadavky na

emisi byly zvoleny tak, aby rušení generované přístroji za normálního provozu v obytných, obchodních prostorech a prostorech lehkého průmyslu nepřekročí úroveň, která by zabraňovala ostatním přístrojům v činnosti. Zahrnuje i základní požadavky zkoušek emise v oblasti EMC [16, 21].

- ***Normy elektromagnetického rušení***

Měří se hlavně meze rušivého napětí, resp. meze rušivého elektrického pole. Patří sem velká sbírka norem, např. ČSN EN 55011 ed. 4 – Průmyslová, vědecká a zdravotnická zařízení. Rozsah pro měření vysokofrekvenčního rušení je 9 kHz – 18 GHz. Z hlediska bezpečnosti před úrazem elektrickým proudem bych vyzdvihl například normu ČSN EN 55014-1 ed. 3: Elektromagnetická kompatibilita – požadavky na spotřebiče pro domácnost, elektrické nářadí a podobné přístroje a normu ČSN EN 55015 ed. 4: Meze a metody měření charakteristik vysokofrekvenčního rušení způsobeného elektrickými svítilnami a podobným zařízením [21].

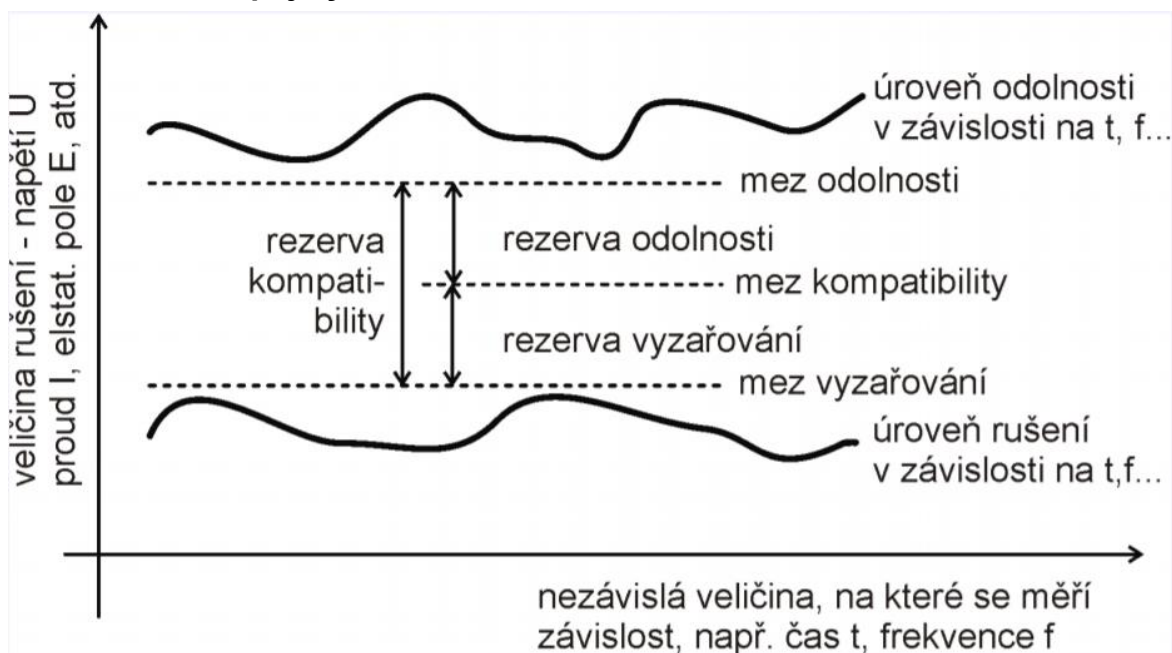
- ***Normy odolnosti proti rušení***

Do této skupiny patří řada norem ČSN EN 61000-4: Elektromagnetická kompatibilita – zkušební a měřicí technika. Z našeho hlediska bych vyzdvihl normu ČSN EN 61000-4-2 ed. 2: Elektrostatický výboj – zkouška odolnosti, která se zabývá elektrostatickými výboji [21].

Je třeba ale říct, že je to jen velmi obecné rozdělení. Přesné a jednoduché dělení je zkomplikováno tím, že se některé normy týkají požadavků na rušení, tak i odolnosti vůči němu a spadají tak do více skupin [21].

V České republice momentálně platí nařízení vlády č. 117/2016 Sb. Toto nařízení se zabývá problémem posuzování shody výrobků z hlediska elektromagnetické kompatibility při jejich dodávání na trh [23].

3.2 Základní pojmy



Obr 3.1 Rezerva kompatibility [20]

- **Úroveň vyzařování (rušení)** – rušení generované samotným konkrétním spotřebičem či zařízením, měřené předepsaným způsobem a vyjádřené v závislosti na veličině (závislost na frekvenci či čase)
- **Mez vyzařování** – maximální přípustná úroveň vyzařovaného rušení
- **Rezerva vyzařování** – rozdíl těchto úrovní
- **Úroveň odolnosti** – maximální úroveň rušení působícího na dané zařízení, při kterém ještě nedojde ke zhoršení jeho provozu
- **Mez odolnosti** – nejnižší normou požadovaná úroveň odolnosti zařízení
- **Rezerva odolnosti** – rozdíl těchto úrovní
- **Rezerva kompatibility** – rozdíl mezi odolností a vyzařováním
- **Mez kompatibility** – maximální předepsaná úroveň předpokládaného celkového rušení, které bude ovlivňovat přístroje či zařízení provozované v určitých podmínkách

3.3 Zdroje rušení

Systémy, u kterých vysoce převažuje proces generování rušivých signálů, nazýváme interferenčními zdroji či zdroji elektromagnetického rušení. Můžeme je rozdělit podle několika kritérií [13, 22]:

Tab. 3.1. Rozdělení interferenčních zdrojů [13, 22]

Interferenční zdroje	
Kritérium	Typ
Původ vzniku rušení	Umělé (technické)
	Přírodní (přirozené)
Zdroj rušení	Funkční
	Nefunkční
Časový průběh signálu	Impulsní
	Spojité
	Kvaziimpulsní
Šířka kmitočtového spektra	Úzkopásmové
	Širokopásmové
obsazení kmitočtového spektra	Nízkofrekvenční
	Vysokofrekvenční
Způsob šíření	Vedením
	Vyzařováním

3.4 Zdroje napěťového přepětí

Lze rozdělit na dvě skupiny – přírodní a uměle vytvořené lidskou činností. Základní příčinou neustále se zvyšující poruchovosti a klesající odolnosti elektronických zařízení je rostoucí hustota součástek v obvodech. Zatímco zařízení s diskrétními součástkami snesla přepětí až několik kV, moderní integrované obvody bývají poškozovány napětími od několika V. Dalším nepříznivým faktorem je stále zvyšující se rychlost polovodičových součástek, které tak reagují na stále kratší rušivé signály. Lze tedy konstatovat, že rostoucí citlivost součástek je daň za technický pokrok [13, 22].

Nejdůležitějším přírodním zdrojem napětového přepětí je především bleskový výboj, který je nejsilnější přírodní elektrický výboj. Úder blesku ohrožuje zařízení až do vzdálenosti přibližně 4 km. Vybíjení elektřiny v atmosféře pomocí blesku způsobuje vznik strmého elektromagnetického impulsu (značen také LEMP – lightning electromagnetic pulse) který má rušivé až destruktivní účinky. Vyrovnávací proud blesku dosahuje až 200 kA. Přímý úder blesku do budovy vyvolá rázový impuls proudu, který protéká jak hromosvodovým svodem, tak se může uzavírat i přes kovové konstrukce budovy. Indukuje také sekundární napětové rázy. Je tedy důležité, aby na vstupu budovy byla nainstalována primární přepětová ochrana (bleskojistky, varistory) a aby byla budova vybavena dokonalým uzemňovacím systémem [13, 22].

Umělé zdroje přepětí jsou prakticky všechna spínací zařízení. Velikost přepětí závisí především na velikosti spínaného napětí a proudu, na rychlosti spínacího procesu, na kvalitě spínacích prvků a na impedančních poměrech v energetické síti. Za nebezpečné zdroje přepětí (a tedy také vysokofrekvenčního rušení) je nutno považovat všechna zařízení, v nichž vzniká elektrický oblouk. Patří sem lokální elektrostatický výboj (ESD – electrostatic discharge). S jeho vlivem je nutno počítat tam, kde se vyskytuje třecí pohyb mechanických částí. Přestože je energie lokálních výbojů velmi nízká, tak je jejich napětová úroveň jednotek až desítek kV velmi nebezpečná. Pro většinu moderních elektronických součástek a integrovaných obvodů, které pracují s malými proudy a vysokými pracovními odpory, je pravděpodobně největším nebezpečím elektrostatický náboj, který vzniká na osobách při jejich chůzi, třením částí oděvu či pohybu končetin. Osoba může běžně dosáhnout napětí proti zemi 5 až 15 kV [13, 22].

K elektrostatickým výbojům dochází zejména když [13, 22]:

- Pracovníci, kteří obsluhují elektronické přístroje, mají nevhodné oblečení z hlediska možného vzniku vysokého elektrostatického napětí – oděvy jsou ze syntetických látek
- Povrchy židlí, stolů a podlahová krytina jsou z umělých hmot, které mají vysoký izolační odpor
- Nízká vlhkost vzduchu uvnitř místnosti

Elektrostatický výboj je nebezpečný hlavně v obytném prostředí (kanceláře, byty), protože zde jsou uvedené podmínky dobře splněny – zejména syntetické podlahové krytiny a nízká vlhkost vzduchu. Zvláště v zimních měsících klesá vlhkost vzduchu v obytných

prostorech pod 40% a tak může napětí výboje narůst až na 15 kV. Tomu lze zabránit klimatizací s řízenou vlhkostí a použitím antistatických materiálů podlah a potahů. Rovněž u oblečení snižují přírodní materiály (vlna) napětí výboje ESD. Typický časový průběh elektrostatického výboje je tvarově podobný bleskovému proudovému impulsu, ovšem s výrazně odlišnými kvantitativními parametry. Výboj tak může ovlivnit funkci i životnost elektronického zařízení buď přímo, nebo další indukci magnetickým nebo elektrickým polem do jiných signálových obvodů [13, 22].

3.5 Normy a přepětové ochrany

Přepětovými ochranami v sítích nízkého napětí se zabývá norma ČSN EN 61643-11 ed. 2. Tyto ochrany tedy slouží k omezení napětíových a proudových vln, které vznikají na vedení v důsledku atmosférických vlivů (blesk), nebo vlivem spínacích procesů. Přepětové ochrany tedy slouží k ochraně vedení, spotřebičů a živých bytostí před nebezpečnými účinky přepětí [17].

V České republice momentálně platí vyhláška č. 118/2016 Sb. Toto nařízení se zabývá problémem posuzování shody elektrických zařízení určených pro používání v určitých mezích napětí při jejich dodávání na trh [24].

- ***Princip přepětových ochran***

Většina ochran při nárůstu napětí nad danou hodnotu spojí pracovní vodiče (L, N) s ochranným. Zajistí se tak svedení proudu do země skrz ochranný vodič a tím vyrovnaní potenciálů, přepětová ochrana v podstatě na krátký čas obvod zkratuje [17].

- ***Druhy přepětových ochran***

- **Polovodičové přepětové ochrany** – varistor (polovodičový rezistor), transil
- **Jiskřiště, bleskojistky**
- **Kombinace**

- ***Třídy přepětových ochran***

- **Třída A** – svodiče ve vysokonapětových rozvodech, chrání rozvodnou síť
- **Třída B** – svodič bleskových proudů, hlavní ochranný prvek tvoří jiskřiště, instaluje se co nejbližší k chráněnému objektu (u vstupu přírodního kabelu do

objektu, většinou v přípojkových skříních, nebo hlavním elektroměrovém rozvaděči)

- **Třída C** – svodič přepětí způsobeném nepřímým úderem blesku a spínacími procesy, ochranu tvoří jiskřiště nebo varistor, instaluje se v podružných bytových rozvodnicích
- **Třída D** – svodiče pro ochranu velmi citlivých zařízení (výpočetní technika), instaluje se co nejbližší chráněnému zařízení, většinou ve formě zásuvek

Závěr

Cílem bylo poukázat na ochrany a novinky v ochraně před úrazem elektrickým proudem. Normy a nařízení se stále mění a tak je vhodné se jednou za čas seznámit s novinkami a to alespoň ve svém oboru nebo poli působení.

V první kapitole bylo seznámení s pojmem bezpečnost a ochrana při práci s elektrickým zařízením. V praxi je potřeba mít dostatečné vzdělání a určitou praxi, kterou nám rozebírá vyhláška 50/1978 Sb. Zde bylo poukázáno na možnost novely kvůli špatně přeložené normě a potřebnému zaktualizování vyhlášky. Konec kapitoly byl pak stručně orientován okolo základního rozdělení elektrických sítí a využití ochran na nich.

Druhá kapitola byla zaměřena na přímé rozdělení ochran před úrazem elektrickým proudem se speciálním zaměřením na proudové chrániče, na jejich využití a novinky v užívání. Jednou z důležitých změn za poslední dobu je tedy změna proudových hodnot u proudového chrániče a jeho nutného použití na světelné obvody.

Konečná třetí kapitola stručně shrnovala další odvětví, kam ochrana a bezpečnost před úrazem elektrickým proudem zasahuje, zejména tedy normy a vyhlášky s tím spojené. Elektromagnetická kompatibilita a přepětí jsou stálé problémy, které je potřeba snižovat a eliminovat.

Pokrok jde stále kupředu a my se musíme snažit držet krok. Nejdůležitější je tedy odnést si to, že elektřina není něco, s čím si můžeme lehce zahrávat a je potřeba dodržovat určité předpisy, nejen kvůli správnému a bezporuchovému provozu elektrických zařízení, ale hlavně kvůli ochraně lidského života.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] FALTUS, Ivo. *Příručka elektrotechnika: Jistící přístroje II*. Letohrad: OEZ, s. 86-93.
- [2] FIALA, Petr, ORSÁG, Petr, HERNA, Jaroslav a MATULA, Jaroslav. BOZP při práci na elektrickém zařízení. *Elektrotechnika* [online]. 2015 [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/339>
- [3] MÜLLEROVÁ, Eva a MARTÍNEK, Petr. *Systém povinné péče o bezpečnost elektrických zařízení* [online]. Plzeň, 2016 [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: <https://courseware.zcu.cz/CoursewarePortlets2/DownloadDokumentu?id=151883>
- [4] VRÁNA, Václav a KOUDELKA, Ctirad. *Ochrana před úrazem elektrickým proudem* [online]. Ostrava, 2006 [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: http://fe1.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske/prednasky/pred_ZEP/3-Ochrana%20pred%20urazem.pdf
- [5] Stupeň krytí. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Stupe%C5%88_kryt%C3%AD
- [6] Stupně ochrany krytem (KRYTÍ - IP kód). In: *Elektrokomponenty*. [online]. Česká republika, c2014-2019 [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: <http://www.eshop.elektrokomponenty.cz/novinky/stupne-ochrany-krytem-kryti-ip-kod>
- [7] Účinky elektrického proudu na organismus. In: *WikiSkripta* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/%C3%9A%C4%8Dinky_elektrick%C3%A9ho_proudu_na_organismus
- [8] KRAMERIUS, Bohuslav. Obsluha a práce v ČSN EN 50110 ed.3. In: *Elektrika* [online]. Česká republika, 1998-, 2014 [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/data/clanky/zmeny-csn-50110>
- [9] KRAMERIUS, Bohuslav. Osoby v ČSN EN 50110 ed.3. In: *Elektrika* [online]. Česká republika, 1998-, 2014 [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/data/clanky/zmeny-v-csn-en-50110-1-ed-3-osoby>
- [10] HUBÁLEK, Milan. Proudové chrániče v instalacích s laickou obsluhou. In: *ELEKTRO: časopis pro elektrotechniku* [online]. FCC Public, 2014- [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/proudove-chronice-v-instalacich-s-laickou-obsluhou--9820>
- [11] Vyhláška č. 50/1978 Sb. In: *Odborná způsobilost v elektrotechnice* [online]. Elektrotechnický svaz český [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: http://www.vyh150.cz/vyh150-c_-50_1978-sb_

- [12] Proudové chrániče. In: *EATON: Powering Business Worldwide* [online]. Eaton Elektrotechnika, 2015-, 2017 [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: http://eatonelektrotechnika.cz/_files/upload/content/proudove_chranice_2017.pdf
- [13] SVAČINA, Jiří. Základy elektromagnetické kompatibility: Část 1 - Základní pojmy a členění oboru EMC. In: *Elektrorevue: časopis pro elektrotechniku* [online]. International Science and Engineering Society, 2013-, 2000 [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/00025/index.htm#kap1>
- [14] SAJNER, Jiří. Jak by mohla vypadat nová vyhláška 50. In: *ELEKTRO: časopis pro elektrotechniku* [online]. International Science and Engineering Society, 2014-, 2018 [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/clanek/jak-by-mohla-vypadat-nova-vyhlaska-50--3146>
- [15] ŠTĚPÁN, František a MAREK, Jan. Výběr ochranných přístrojů nn. In: *EATON: Powering Business Worldwide* [online]. Eaton Elektrotechnika, 2015-, 2018 [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: http://www.profiklubelektrotechniku.cz/_files/upload/content/ET2018-3-Vyber-ochrannych-pristroju-nn_001.pdf
- [16] Anotace textu normy ČSN EN 61000-6-3 ED.2 (333432). In: *TECHNOR* [online]. TECHNOR print, 2018, 2017 [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: http://www.technicke-normy-csn.cz/333432-csn-en-61000-6-3-ed-2_4_79405.html
- [17] BEŠTA, Miloš. Přepětová ochrana. In: *Studijní materiály elektro: pro učební obor elektrikář – slaboproud* [online]. 2019, 2013 [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: <http://www.mbest.cz/wp-content/uploads/2013/01/T1.6-P%C5%99ep%C4%9B%C5%A5ov%C3%A1-ochrana.pdf>
- [18] Požadavky na ochranu při poruše podle nové normy ČSN 33 2000-4-41 ed. 3: Automatické odpojení v případě poruchy. In: *ElektroPrůmysl: Informace ze světa průmyslu a elektrotechniky* [online]. 2011-, 2018 [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/legislativa/pozadavky-na-ochranu-pri-poruse-podle-nove-normy-csn-33-2000-4-41-ed-3>
- [19] Princip funkce proudového chrániče. In: *Elektrika* [online]. 1998-, 2017 [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/data/clanky/zdroje-schrack-princip-funkce-proudoveho-chranice>
- [20] ČERNÍK, Martin. Účinky měničů na elektrickou síť: Výkonová elektronika - přednášky. In: *Technická univerzita v Liberci* [online]. 2013 [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: http://pub.mti.tul.cz/~martin.cernik/VKE/files/VKE_EMC2013_ESF.pdf
- [21] SVAČINA, Jiří. Základy elektromagnetické kompatibility (EMC) 6: Normalizace v oblasti EMC. *Electrorevue: časopis pro elektrotechniku* [online]. International Science and Engineering Society, 2013-, 2001 [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: <http://www.elektrorevue.cz/clanky/01036/index.html>

- [22] SVAČINA, Jiří. ELEKTROMAGNETICKÁ KOMPATIBILITA: Přednášky. *PilsFree* [online]. 2013- [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: https://home.pilsfree.net/fantom/FEL/EMC/EMC_skripta.pdf
- [23] Nařízení vlády č. 117/2016 Sb. *Zákony pro lidi* [online]. AION CS, 2010-, 2016 [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-117/zneni-20160420#p17-1>
- [24] Nařízení vlády č. 118/2016 Sb. *Zákony pro lidi* [online]. AION CS, 2010-, 2016 [cit. 2019-06-07]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-118/zneni-20160420#p15-1>

Seznam obrázků

1.1	SCHÉMA IMPEDANCE TĚLA	12
1.2	HODNOTY IMPEDANCE LIDSKÉHO TĚLA	13
1.3	VZDUŠNÉ VZDÁLENOSTI A ZÓNY PRO PRACOVNÍ POSTUPY	21
1.4	OCHRANA AUTOMATICKÝM ODPOJENÍM OD ZDROJE V SÍTI TN.....	23
1.5	SÍŤ TN-C-S.....	25
1.6	OCHRANA PROUDOVÝ CHRÁNIČEM V SÍTI TT.....	27
2.1	OCHRANA POLOHOU	33
2.2	ŘÍZENÍ POTENCIÁLU, KROKOVÉ A DOTYKOVÉ NAPĚTÍ.....	34
2.3	POSPOJOVÁNÍ S UŽITÍM PŘÍPOJNICE HLAVNÍHO POSPOJOVÁNÍ	38
2.4	PRINCIP PROUDOVÉHO CHRÁNIČE	44
3.1	REZERVA KOMPATIBILITY	47

Seznam tabulek

1.1	TABULKA MEZNÍCH HODNOT PROUDU	11
1.2	TABULKA MINIMÁLNÍCH VZDÁLENOSTÍ	22
1.3	MAXIMÁLNÍ DOBY ODPOJENÍ	24
2.1	TABULKA PRVNÍ ČÍSLICE	35
2.2	TABULKA DRUHÉ ČÍSLICE.....	36
2.3	TABULKA PŘÍDAVNÉHO PÍSMENA	36
2.4	TABULKA DOPLŇKOVÉHO PÍSMENA.....	36
3.1	ROZDĚLENÍ INTERFERENČNÍCH ZDROJŮ	48