

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Ústav zdravotnických studií

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií



**Bezpečnost elektrických zařízení  
ve zdravotnictví**

Učební text

**Ing. Jiří Kubín, Ph.D.**

**Prof. Ing. Aleš Richter, CSc.**

**recenzent: Doc. Ing. Eva Konečná, CSc.**

**autoři: Ing. Jiří Kubín, Ph.D., Prof. Ing. Aleš Richter, CSc**

© Technická univerzita v Liberci, 2014  
**ISBN -**

## Obsah

Seznam obrázků .....	6
Seznam tabulek: .....	7
Úvod .....	8
1 Všeobecná část .....	9
1.1 Systém světových, evropských a českých norem.....	9
1.2 Prostory a klasifikace vnějších vlivů.....	10
1.3 Prevence vzniku nebezpečí úrazem elektrickým proudem .....	14
1.4 Živé a neživé části .....	14
1.5 Rozdělení osob podle elektrotechnické kvalifikace .....	15
1.6 Úraz elektrickým proudem.....	16
1.7 Účinky střídavého elektrického proudu na lidský organizmus .....	17
1.8 Účinky elektrického proudu specifického charakteru na lidský organizmus.....	19
1.9 Účinky stejnosměrného proudu na lidský organizmus .....	19
1.10 Konvenční meze účinků proudů na lidský organizmus .....	21
1.11 Impedance a rezistence izolace živých částí nutné k ochraně před úrazem elektrickým proudem .....	21
1.12 Konvenční meze dovolených dotykových napětí.....	22
2 Ochrana před úrazem elektrickým proudem .....	22
2.1 Označování vodičů.....	23
2.2 Základní pravidlo ochrany před úrazem elektrickým proudem .....	26
2.3 Ochranné prostředky (prvky ochranných opatření) .....	26
2.3.1 Prostředky základní ochrany.....	26
2.3.2 Prostředky ochrany při poruše .....	26
2.3.3 Prostředky zvýšené ochrany .....	27
2.4 Ochranná opatření .....	27
2.5 Volba stupně ochrany podle způsobu uchopení rukou a členění prostorů.....	28
2.6 Použití ochranných opatření.....	29
2.6.1 Automatické odpojení od zdroje.....	29
2.6.2 Ochranné opatření: dvojitá nebo zesílená izolace.....	34
2.7 Ochranné opatření elektrickým oddělením .....	36
2.8 Ochranné opatření: ochrana malým napětím SELV a PELV.....	37
2.9 Funkční malé napětí (FELV).....	39
2.10 Doplnková ochrana .....	39
2.11 Použití ochran.....	42
2.12 Terapeutické užití elektrického proudu.....	43
2.12.1 Terapeutické užití stejnosměrného proudu .....	43
2.12.2 Terapeutické využití střídavého proudu.....	43
2.13 První pomoc při úrazu elektrickým proudem.....	44
3 Ochranné prostředky elektrických zařízení .....	45
3.1 Koordinace elektrického zařízení a ochranných prostředků v elektrické instalaci .....	45
3.1.1 Dotykové proudy, proudy ochranným vodičem, unikající proudy .....	46
3.1.2 Bezpečné a mezní vzdálenosti a výstražné nápisy pro vysokonapěťové instalace.....	47
3.2 Zvláštní podmínky provozu a údržby.....	47
3.2.1 Přístroje pro odpojování nízkého napětí .....	48
3.2.2 Přístroje pro odpojování vysokého napětí.....	48
4 Obsluha a práce na elektrických zařízeních .....	48

4.1	Rozsah platnosti .....	48
4.1.1	Definice .....	49
4.2	Základní principy .....	50
4.2.1	Bezpečná obsluha a práce .....	50
4.2.2	Osoby .....	50
4.2.3	Organizace .....	50
4.2.4	Dorozumívání .....	51
4.2.5	Pracoviště .....	51
4.2.6	Nářadí, výstroj a přístroje .....	51
4.2.7	Dokumentace a záznamy, značení .....	52
4.3	Běžné provozní postupy .....	52
4.4	Pracovní postupy .....	52
4.5	Údržba .....	54
4.6	Dodatečné informace pro bezpečnou práci .....	55
4.6.1	Ochrana před požárem - hašení .....	55
4.6.2	Pracoviště s nebezpečím výbuchu .....	55
5	Elektrické rozvody v místnostech pro lékařské účely .....	55
5.1	Oblast použití .....	55
5.1.1	Základní podmínky .....	56
5.2	Definice .....	56
5.2.1	Ochranné uzemnění .....	59
5.2.2	TN síť .....	61
5.3	Ochranné pospojování .....	61
5.4	Omezení dotykového napětí v místnostech určených k přímým zásahům na srdci .....	61
5.5	Proudové chrániče .....	62
5.6	Zdravotnická izolovaná soustava (IT soustava) .....	62
5.7	Ochrana oddělením obvodů .....	63
5.8	Ochrana bezpečným napětím .....	63
5.9	Hlavní nouzový zdroj elektrické energie .....	64
5.10	Speciální nouzové zdroje elektrické energie .....	66
5.10.1	Požadavky na speciální nouzový zdroj elektrické energie typu E1 .....	66
5.10.2	Požadavky na speciální nouzový zdroj elektrické energie typu E2 .....	66
5.10.3	Společné požadavky na speciální nouzové zdroje elektrické energie typu E1 a E2 .....	66
5.11	Ochrana proti výbuchu, požáru a nebezpečným účinkům statické elektřiny .....	67
5.11.1	Ochrana proti výbuchu .....	67
5.11.2	Ochrana proti požáru .....	68
5.11.3	Ochrana proti nebezpečným účinkům statické elektřiny .....	69
5.12	Ochrana před rušivými účinky elektromagnetického pole .....	69
5.13	Určení typu místností a aplikace požadavků v místnostech pro lékařské účely .....	71
5.14	Dodávka, provoz a zkoušení elektrických rozvodů .....	71
6	Zdravotnické elektrické přístroje .....	73
6.1	Zkoušky elektrických zdravotnických přístrojů .....	73
6.2	Unikající proudy .....	73
6.2.1	Výpočet unikajícího proudu pacientem .....	75
6.3	Základní bezpečnostní předpisy pro zdravotnické elektrické přístroje .....	76
6.3.1	Klasifikace .....	77
6.4	Termíny a definice .....	77
6.5	Požadavky .....	80

6.6	Ochrana před nebezpečím .....	80
6.7	Zkoušky .....	81
6.7.1	Vizuální kontrola .....	82
6.7.2	Měření .....	82
6.8	Výsledky zkoušky a hodnocení .....	84
6.8.1	Zprávy o výsledcích .....	84
6.8.2	Hodnocení .....	85
Literatura	.....	86
Přílohy	.....	88
Příloha A	Lékařské přístroje a metody .....	88
Příloha B	Ultrazvuková diagnostika .....	89
Příloha C	Zobrazovací metody v lékařské diagnostice .....	91
C.1	Rentgenová diagnostika .....	91
C.2	Počítačová tomografie (Computer Tomography - CT) .....	92
C.3	Magnetická rezonance (MRI) .....	92
C.4	Ultrazvuková diagnostika .....	92
C.5	Echokardiografie .....	92
C.6	Dopplerovská echokardiografie .....	93
C.7	Lekselův gama nůž .....	93
C.8	Laser .....	93
Příloha D	Lékařské přístroje využívané k vyšetření a úpravě činnosti srdce .....	94
D.1	Elektrokardiografie - EKG .....	94
D.2	Kardiostimulátor .....	94
D.3	Defibrilátor .....	94
D.4	Elektroencefalografie (EEG) .....	95
D.5	Elektromyografie (EMG) .....	95
D.6	Metody nukleární medicíny .....	95
D.7	Pozitronová emisní tomografie (Positron Emission Tomography - PET) .....	95
D.8	Jednofotonová emisní tomografie (Single Proton Emission Tomography - SPECT) .....	96
D.9	Terapeutické aplikace v nukleární medicíně .....	96
D.10	Endoskopie .....	96
D.11	Rehabilitační a fyzikální medicína .....	96
D.12	Magnetoterapie .....	96
D.13	Elektroléčba .....	97

## Seznam obrázků

<i>Obr. 1 Dohodnuté zóny účinků střídavého proudu na člověka</i> .....	18
<i>Obr. 2 Dohodnuté zóny účinků stejnosměrného proudu na člověka</i> .....	20
<i>Obr. 3 Druhy uzemnění a zemničů</i> .....	24
<i>Obr. 4 Označování vodičů</i> .....	24
<i>Obr. 5 Princip zapojení při ochraně samočinným odpojením od zdroje v síti</i> , .....	32
<i>Obr. 6 Ochrana odpojením vadné části proudovým chráničem v síti TT</i> .....	33
<i>Obr. 7 Ochrana odpojením vadné části v síti IT</i> .....	34
<i>Obr. 8 Podmínky ochrany elektrickým oddělením</i> .....	37
<i>Obr. 9 Grafická značka bezpečnostního ochranného transformátoru</i> .....	37
<i>Obr. 10 Elektrické oddělení v síti SELV</i> .....	38
<i>Obr. 11 Užití obvodu PELV</i> .....	39
<i>Obr. 12 Typické uspořádání obvodu FELV</i> .....	39
<i>Obr. 13 Princip proudového chrániče</i> .....	41
<i>Obr. 14 Ochrana neuzemněným místním pospojováním</i> .....	42
<i>Obr. 15 Symbol pro elektrická zařízení třídy ochrany II</i> .....	45
<i>Obr. 16 Třídy ochrany přenosných elektrických spotřebičů</i> .....	46
<i>Obr. 17 Vzdušné vzdálenosti a zóny pro pracovní postupy</i> .....	53
<i>Obr. 18 Okolí pacienta</i> .....	57
<i>Obr. 19 Nebezpečné pásmo na operačním sále</i> .....	58
<i>Obr. 20 Hlavní ochranná přípojnice</i> .....	60
<i>Obr. 21 Zdroje elektrické energie</i> .....	65
<i>Obr. 22 Anestetika, desinfekční a čistící prostředky a jejich zápalný poměr ve směsi se vzduchem, kyslíkem nebo kyslíčným dusným</i> .....	67
<i>Obr. 23 Znázornění cesty unikajících proudů</i> .....	74
<i>Obr. 24 Rozdělení obvodu na izolovanou a neizolovanou část</i> .....	75
<i>Obr. 25 Náhradní schéma zapojení obvodu z Obr. 24 pro výpočet unikajících proudů</i> .....	75
<i>Obr. 26 Pacientské prostředí</i> .....	79
<i>Obr. 27 Pořadí zkoušek</i> .....	82
<i>Obr. 28 Příklad dokladu o zkoušce</i> .....	85

## Seznam tabulek:

Tab. 1	Charakteristiky vnějších vlivů z hlediska teploty okolí .....	11
Tab. 2	Přiřazení vnějších vlivů prostorům nebezpečným .....	13
Tab. 3	Přiřazení vnějších vlivů prostorům zvlášť nebezpečným .....	13
Tab. 4	Konvenční mezní hodnoty proudů z hlediska jejich účinků na lidský organizmus.....	21
Tab. 6	Názvy a označení vodičů v síti .....	24
Tab. 7	Rozdělení elektrického zařízení podle napětí v elektrických sítích (ČSN 33 0120) .....	25
Tab. 8	Stupně ochrany podle způsobu uchopení rukou a členění prostorů.....	28
Tab. 9	Maximální doby odpojení pro koncové obvody, které nepřekračují 32 A .....	30
Tab. 10	Druhy krytí podle ČSN-EN 60 529.....	35
Tab. 11	Bezpečná jmenovitá napětí s ohledem na členění prostorů a na způsob dotyku .....	38
Tab. 12	Konvenční mezní hodnoty dovolených dotykových napětí z hlediska prostorů ve kterých tato napětí působí a druhu proudu (AC, DC).....	22
Tab. 13	Použití zařízení v nízkonapěťové instalaci .....	45
Tab. 14	Maximální hodnoty AC proudů v ochranných vodičích v zařízeních s proudem do 32 A.....	47
Tab. 15	Maximální hodnoty AC proudů v ochranných vodičích v zařízeních s proudem nad 32 A.....	47
Tab. 16	Stanovené vzdálenosti $D_L$ a $D_V$ .....	54
Tab. 17	Značení zásuvkových vývodů v místnostech pro lékařské účely .....	62
Tab. 18	Vzdálenost mezi přístroji a zdroji rušení .....	70
Tab. 19	Provozní zkoušky elektrických rozvodů .....	72
Tab. 20	Maximální povolené hodnoty unikajících proudů .....	81
Tab. 21	Důvody pro volby různých měřicích metod .....	83
Tab. 22	Vysvětlení značek .....	84

# Úvod

Vážení čtenáři,

tento učební text je určen studentům Ústavu zdravotnických studií ke snadnějšímu zvládnutí předpisů obsažených v českých i evropských normách o bezpečnosti při práci na elektrických zařízeních. Text obsahuje nejdůležitější části vybraných státních norem i ostatních souvisejících bezpečnostních předpisů, jejichž dodržování je nezbytně nutné na všech zdravotnických pracovištích, kde se vyskytují elektrická zařízení.

Učební text obsahuje základní požadavky, příkazy a ustanovení českých (ČSN) i evropských (ČSN EN) norem, se kterými musí být absolventi Ústavu zdravotních studií seznámeni, aby mohla být zajištěna jejich osobní bezpečnost stejně jako bezpečnost lékařů, sester, dalšího zdravotnického personálu a v první řadě ošetřovaných pacientů. Cílem tedy není jen kvalitní obsluha a činnost na elektrických zařízeních, ale bezpečnost pacientů i obsluhy, protože elektrické vybavení ve zdravotnických zařízeních je stále čtenější a složitější. Doposud se také používají elektrická zařízení vyrobená podle starších norem.

Autoři upozorňují na to, že mnohem důkladnější studium a především znalosti bezpečnostních norem čekají na absolventy po ukončení studia na vysoké škole a nástupu na zdravotnická pracoviště vybavená moderní zdravotnickou technikou. Bezpečnost elektrických zařízení závisí na účinnosti ochranných opatření proti nežádoucím účinkům elektrické energie. To vyžaduje připravené odborníky. Vývoj a nasazování nových technických zařízení je v posledním období tak intenzivní, že vyžaduje od uživatelů neustálé sledování a seznamování se s těmito trendy. Předpisy a normy pro tato zařízení jsou stále inovovány a novelizovány, proto je třeba sledovat vývoj zdravotnické techniky a průběžně dalším studiem doplňovat a rozšiřovat získané znalosti.

autoři

Liberec, duben 2014

# 1 Všeobecná část

## 1.1 Systém světových, evropských a českých norem

V České republice byly v platnosti od 30. let 20. století normy týkající se bezpečnosti při práci na elektrických zařízeních. Od té doby došlo k závažným změnám v oblasti ochrany před úrazem elektrickým proudem, vyvolanými jednak novými materiály a konstrukcí elektrických zařízení, vlivem elektrické kompatibility a nárokům na kvalitu vnějšího prostředí a v neposlední řadě i snahou sjednotit technické normy jednotlivých států s ohledem na zaměnitelnost výrobků. Existují proto normy mezinárodní, evropské a národní.

Mezinárodními dohodami bylo stanoveno, že základem sjednocení národních norem budou normy mezinárodních normalizačních organizací ISO (Mezinárodní normalizační organizace) a IEC (Mezinárodní elektrotechnická komise).

V rámci Evropské Únie jsou vydávány platné elektrotechnické normy Evropskou komisí pro normalizaci Comité Européen de Normalisation (CEN) a Evropskou komisí pro normalizaci v elektrotechnice Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (CENELEC). Tyto dvě instituce vydávají dva typy evropských norem s označením **EN** a **HD**.

- **EN** je norma Evropské komise pro normalizaci (CEN) nebo Evropské komise pro normalizaci v elektrotechnice (CENELEC), která je určena v členských státech k povinnému zavedení jako národní norma a vyžaduje současné zrušení národních norem, které jsou s ní v rozporu.
- **HD** je norma CEN nebo CENELEC, která se zpracovává v případech, kdy není možné nebo účelné zpracovat EN a je určena v členských státech k povinnému zavedení na národní úrovni alespoň formou zveřejnění čísla HD a názvu, při současném zrušení národních norem nebo jejich částí, které jsou s ní v rozporu.

V rámci České republiky se vydáváním platných národních norem ČSN zabývá Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, který spadá pod Ministerstvo průmyslu a obchodu. Tento úřad zároveň zajišťuje vydávání českých mutací evropských norem a harmonizačních dokumentů. Tzn. pokud je norma označena jako **ČSN EN** jedná se o českou verzi evropské normy, která byla doslovně přeložena.

Základní norma, která se věnuje bezpečnosti práce na elektrických zařízeních spadá do souboru norem s označením ČSN 33 2000, který se zabývá elektrickými instalacemi (budov) nízkého napětí. Tento soubor obsahuje normy, které čítají několik set stran a je rozdělen do sedmi základních částí, jako např. Část 2: Definice, Část 3: Stanovení základních charakteristik, Část 4: Bezpečnost, Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení, Část 6: Revize, Část 7: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech.

Základní normou zabývající se ochrannými opatřeními pro zajištění bezpečnosti v elektrických instalacích nízkého napětí je norma ČSN 33 2000-4-41 s úplným názvem Elektrické instalace nízkého napětí – Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem, jejíž obsah bude náplní následujících kapitol. Na tuto normu navazuje norma pro ČSN EN 61140 ed.2 „Ochrana před úrazem elektrickým proudem – Společná hlediska pro instalaci a zařízení“, která se zabývá ochranou před úrazem elektrickým proudem u elektrických spotřebičů.

## 1.2 Prostory a klasifikace vnějších vlivů

Nebezpečí úrazu při práci na elektrickém zařízení ovlivňuje mnoho okolností. Jedním z důležitých faktorů, který ovlivňuje bezpečnost práce na elektrickém zařízení je prostředí, ve kterém je dané elektrické zařízení provozováno. Je zřejmé, že elektrický spotřebič, běžně používaný v domácnosti nebo ve školních elektrolaboratořích nelze jednoduše používat ve venkovním prostředí nebo v prostředí s chemicky agresivní technologií. Prostorů, ve kterých jsou elektrická zařízení provozována, jsou rozdělena (oklasifikována) do jednotlivých kategorií a v rámci těchto kategorií jsou stanovena pravidla, která musí být dodržena pro bezpečný provoz vybraných elektrických zařízení v posuzovaném prostředí.

Klasifikací vnějších vlivů a přiřazení prostorů z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem vlivem prostředí se podrobně zabývá norma ČSN 33 2000-5-51. „Elektrické instalace nízkého napětí – Výběr a stavba elektrických zařízení – Všeobecné předpisy“. Tato norma v příloze A stanovuje přesnou specifikaci jednotlivých vnějších vlivů (např. teplota, vlhkost a teplota, nadmořská výška, cizí tělesa, voda, atd.). Celá příloha je poměrně rozsáhlá, proto je zde jako příklad v Tab.1 uvedena pouze klasifikace prostorů z hlediska teploty.

Kód	Vnější vliv	Charakteristiky požadované pro výběr a instalaci zařízení	Odkaz
A	<i>Vnější činitel prostředí</i>		
AA	<i>Teplota okolí</i>		
	Teplota okolí je teplota ovzduší v místě, kde má být zařízení instalováno.		
	Předpokládá se, že teplota okolí se uvažuje při tepelném působení ostatních zařízení instalovaných v daném místě.		
	Teplota okolí, se kterou se pro zařízení počítá, je teplota v místě, na kterém má být zařízení instalováno, vyplývající z vlivů ostatních zařízení, která jsou v tomto prostoru v činnosti. Neberou se v úvahu tepelné příspěvky zařízení, která se mají instalovat.		
	Dolní a horní meze teploty okolí:		
AA1	-60 °C +5 °C	} Speciálně navržené zařízení nebo vhodná úprava <sup>a</sup> .	Část teplotního rozsahu EN 60721-3-3:1995, třídy 3K8, jehož horní mez je snížena na +5 °C. Část teplotního rozsahu EN 60721-3-4:1995, třídy 4K4 jehož dolní mez je zvýšena na -60 °C a horní snížena na +5 °C.
AA2	-40 °C +5 °C		
AA3	-25 °C +5 °C		
AA4	-5 °C +40 °C		
AA5	+5 °C +40 °C		
		Normální (v určitých případech mohou být nutná speciální opatření).	Shodné s teplotním rozsahem EN 60721-3-3:1995, třídy 3K5. Horní mez je omezena na +40 °C.
		Normální	Shodné s teplotním rozsahem EN 60721-3-3:1995 třídy 3K3.
<sup>a</sup>	Mohou se vyžadovat určitá přídavná opatření (například zvláštní mazání).		

Kód	Vnější vliv	Charakteristiky požadované pro výběr a instalaci zařízení	Odkaz
AA6	+5 °C +60 °C	Speciálně navržené zařízení nebo vhodná úprava <sup>a</sup> .	Část teplotního rozsahu EN 60721-3-3:1995, třídy 3K7, s nejnižší teplotou vzduchu omezenou na +5 °C a nejvyšší teplotou vzduchu omezenou na +60 °C. Zahrnuje a část teplotního rozsahu EN 60721-3-4:1995, třídy 4K4 s nejnižší teplotou omezenou na +5 °C.
AA7	-25 °C +55 °C	Speciálně navržené zařízení nebo vhodná úprava <sup>a</sup> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Shodné s teplotním rozsahem EN 60721-3-3:1995, třídy 3K6.</li> <li>- Shodné s teplotním rozsahem EN 60721-3-4:1995, třídy 4K3.</li> </ul>
AA8	-50 °C +40 °C		
<p>Třídy teploty okolí se používají pouze tehdy, když vlhkost nemá vliv.</p> <p>Průměrná teplota během 24 hodin nesmí přesáhnout teplotu o 5 °C nižší, než je horní mez.</p> <p>Pokud je to potřeba, mohou se sloučit 2 rozsahy, aby se definovalo okolí.</p> <p>Zařízení pro teploty mimo uvedené rozsahy vyžaduje zvláštní posouzení.</p>			

Tab.1 Charakteristiky vnějších vlivů z hlediska teploty okolí

Ve změně normy ČSN 33 2000-4-41 ed.2/Z1 z dubna 2010 se rozdělují prostory z hlediska vnějších vlivů na prostory normální, nebezpečné a zvlášť nebezpečné. Jejich definice je následující:

- **prostory normální** – jsou takové, v nichž používání elektrického zařízení je považováno za bezpečné, protože působením vnějších vlivů nedochází ke zvýšení nebezpečí elektrického úrazu. Prostory, které se považují za normální jsou uvedeny v tabulce Tab.2

- **prostory nebezpečné** – jsou takové, kde působením vnějších vlivů je buď přechodné, nebo stálé nebezpečí úrazu elektrickým proudem a jsou to zejména vnější vlivy uvedené v tabulce Tab.3

- **prostory zvlášť nebezpečné.** – jsou takové, ve kterých působením zvláštních okolností, vnějších vlivů (popřípadně i jejich kombinací) dochází ke zvýšení nebezpečí elektrického úrazu. Jsou to zejména prostory s vnějšími vlivy podle tabulky Tab.4

A	AA	Teplota okolí	AA1 AA 2 AA 3 <sup>1)2)</sup> AA 4 <sup>1)</sup> AA 5 AA 8
	AB	Vlhkost	AB 5
	AC	Nadmořská výška	AC 1 <sup>1)</sup> AC 2
	AD	Voda	AD 1 <sup>1)</sup>
	AE	Cizí tělesa	AE 1 <sup>1)</sup> AE4 <sup>3)</sup> AE 5 <sup>3)</sup> AE6 <sup>3)</sup>
	AF	Koroze	AF 1 <sup>1)</sup>
	AG	Ráz	AG 1 <sup>1)</sup>
	AH	Vibrace	AH 1 <sup>1)</sup>
	AK	Rostlinstvo	AK 1 <sup>1)</sup>
	AL	Živočišstvo	AL 1 <sup>1)</sup>
	AM	Záření	AM 1 <sup>1)</sup> AM4 <sup>1)</sup>
	AN	Sluneční záření	AN 1 <sup>1)</sup> AN 2 AN 3 <sup>5)</sup>
	AP	Seismicita	AP 1 <sup>1)5)</sup>
	AQ	Bouřková činnost	AQ 1 <sup>1)6)</sup>
B	AR	Pohyb vzduchu	AR 1 <sup>1)</sup> AR 2 AR 3
	AS	Vítr	AS 1 <sup>1)</sup>
	BA	Schopnost lidí	BA 1 <sup>1)7)</sup>
C	BC	Dotyk se zemí	BC 1 BC 2
	BE	Nebezpečí požáru, výbuchu, kontaminace	BE 1 <sup>1)</sup> BE 2 <sup>4)</sup> BE2N1 <sup>4)</sup> BE2N2 <sup>3)4)</sup> BE3 BE3N1 <sup>3)4)</sup> BE3N2 <sup>4)</sup> BE3N3 <sup>4)</sup> BE 4
C	CA	Konstrukční materiály	CA 1 <sup>1)</sup> CA 2 <sup>4)</sup>
	CB	Provedení budovy	CB 1 <sup>1)</sup> CB 2 <sup>4)</sup>

**Vysvětlivky:**

- 1) Třída vlivu, která je podle ČSN 33 2000-5-51 ed. 3 definována jako normální.
- 2) Třída vlivu, která je podle ČSN 33 2000-5-51 ed. 3 definována jako normální, avšak připouští v určitých případech nezbytná speciální opatření.
- 3) Prach, který je nevodivý.
- 4) Tyto vnější vlivy neovlivňují nebezpečí elektrického úrazu osob, je však nutno dbát, aby ochrana před dotykem nemohla být sama o sobě příčinou vznícení nebo výbuchu.
- 5) Ohrožení zdraví je působeno jinými vlivy, nikoliv možností elektrického úrazu.
- 6) Objekty, které je nutno chránit před bleskem jsou definovány v příslušných předpisech (viz např. vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby).
- 7) V případě, že jsou pod dozorem nebo dohledem osob BA4 (poučených) nebo BA5 (znalých).

Tab.2 Přiřazení vnějších vlivů prostorům normálním

A	AA	Teplota okolí	AA 6 AA7
	AB	Vlhkost	AB 1 AB 2 AB 3 AB 4 AB 8
	AE	Cizí tělesa	AE 2 <sup>1)</sup> AE 3 <sup>1)</sup> AE 4 <sup>1)</sup> AE 5 <sup>1)2)</sup> AE 6 <sup>1)2)</sup>
	AF	Koroze	AF 2 AF3
	AG	Ráz	AG 2 <sup>1)</sup>
	AH	Vibrace	AH 2 <sup>1)</sup>
	AK	Rostlinstvo	AK 2
	AL	Živočišstvo	AL 2
	AM	Záření	AM 2 AM 3 AM 5 AM 6
	AP	Seismicita	AP 2 <sup>1)</sup> AP 3 <sup>1)</sup> AP 4 <sup>1)</sup>
	AQ	Bouřková činnost	AQ 2 <sup>3)</sup> AQ 3 <sup>3)</sup>
	AS	Vítr	AS 2 <sup>1)</sup> AS 3 <sup>1)</sup>
	B	BA	Schopnost lidí
BC		Dotyk se zemí	BC4 BC3
C	CB	Provedení budovy	CB4

**Vysvětlivky:**

- 1) Z hlediska bezpečných malých napětí živých částí (SELV, PELV), se tyto prostory pokládají za bezpečné.
- 2) Výskyt vodivého prachu.
- 3) V zájmovém prostoru je nutno zajistit ochranu před účinky blesku a jeho následky.
- 4) V případě, že prostory s BA1 (nekvalifikované osoby) nejsou pod dozorem nebo dohledem osob BA4 (poučených) nebo BA5 (znalých), se mohou tyto prostory stát prostorami zvláště nebezpečnými.

Tab.3 Přiřazení vnějších vlivů prostorům nebezpečným

A	AB	Vlhkost	AB 6 AB 7
	AD	Voda	AD 2 <sup>1)</sup> AD 3 <sup>1)</sup> AD 4 <sup>1)</sup> AD 5 AD 6 AD 7 AD 8
	AF	Koroze	AF 4
	AG	Ráz	AG 3 <sup>2)</sup>
	AH	Vibrace	AH 3 <sup>2)</sup>
B	BA	Schopnost lidí	BA 3 <sup>3)</sup>
	BE	Nebezpečí výbuchu	BE2N3 <sup>4)</sup>

**Vysvětlivky:**

- 1) Venkovní prostory s těmito vnějšími vlivy mohou být posouzeny jako prostory pouze nebezpečné, jestliže se tyto vlivy v daném prostoru vyskytují pouze občas a je zajištěno, že s elektrickým zařízením se bude manipulovat pouze v době, kdy působí maximálně jenom vnější vlivy podle tabulky NA.4 a NA.5.
- 2) Z hlediska ochranného opatření – ochrana malým napětím SELV a PELV odpovídajícím oddílu 414 této normy, kdy napětí živých částí v prostorech zvláště nebezpečných odpovídá tabulce NA.3, se tyto prostory pokládají za bezpečné.
- 3) Zdravotnické prostory, v nichž předpisy vyžadují určité způsoby ochrany.
- 4) Jen jsou-li hořlavé kapaliny vodivé.

Tab.4 Přiřazení vnějších vlivů prostorům zvláště nebezpečným

V jednotlivých typech prostorů platí pravidla, která elektrická zařízení musí splňovat, aby mohla být provozována s ohledem na vyskytující se vnější vliv. Požadavky na zařízení musí být dány buď stupněm ochrany nebo odkazem na soulad se zkouškami.

Prostředí, ve kterém se elektrické zařízení může nacházet je charakterizováno teplotou, atmosférickými podmínkami, nadmořskou výškou, výskytem vody, plísní nebo živočichů, korosivních a znečišťujících látek, mechanickým namáháním, elektromagnetickým, elektrostatickým nebo ionizujícím působením a pod.

Vnější vlivy jsou kódovány tří místným kódem. První dva znaky jsou písmenné a udávají o jaký typ vnějšího prostředí se jedná a třetí znak je číslice, která udává intenzitu působení vnějšího vlivu. Protokol o určení vnějších vlivů je součástí dokumentace, která musí být archivovaná po dobu životnosti zařízení. Vnější vlivy svojí přítomností předurčují jednotlivé prostory z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem, elektrickým či elektromagnetickým polem. (Tab.3, Tab.4)

### **1.3 Prevence vzniku nebezpečí úrazem elektrickým proudem**

Elektrotechnická zařízení musí být vždy po stránce konstrukční i funkční provedena tak, aby nemohla obsluhujícím pracovníkům způsobit úraz elektrickým proudem nebo mechanický úraz pohyblivou částí stroje. Ochrana před úrazem elektrickým proudem je souhrnem technických a organizačních opatření, která zabraňují vzniku úrazu.

Technická opatření - mají vyloučit nebo podstatně snížit riziko úrazu způsobené elektrotechnickým zařízením, které svými nedokonalými řešeními, volbou a umístěním nemusí být vždy naprosto bezpečné. Tato opatření jsou stanovena elektrotechnickými předpisy obsaženými v elektrotechnických normách. Jednou z nejdůležitějších norem je ochrana před nebezpečným dotykem.

Organizační opatření - týkají se výběru a kvalifikace osob přicházejících do styku s elektrickým zařízením. Podstatně snižují pravděpodobnost úrazu, protože osoby musí být s tímto nebezpečím prokazatelně seznámeny, musí mít předepsanou kvalifikaci a délku odborné praxe podle druhu elektrického zařízení, druhu činnosti a velikosti napětí.

### **1.4 Živé a neživé části**

Základní normou z hlediska ochrany před úrazem elektrickým proudem je ČSN EN 61 140 ed. 2 (3/2003) „Ochrana před úrazem elektrickým proudem – společná hlediska pro instalaci a zařízení“. Podle této normy se u každého elektrického zařízení vyskytují části živé a neživé. Dále se definuje navíc i tzn. nebezpečná živá část. Jednotlivé části jsou definovány takto:

*Živou částí* (live parts) elektrického zařízení rozumíme vodič, nebo vodivou část určenou k tomu, aby při normálním provozu byla pod napětím, včetně středního vodiče, ale podle úmluvy nezahrnuje vodič PEN, PEM nebo PEL (ochranné vodiče).

*Neživé části* (exposed-conductive-parts) jsou vodivé části elektrického zařízení, kterých se lze dotknout, a které nejsou obvykle živé, ale mohou se stát živými v případě poruchy základní izolace.

*Nebezpečné živé části* (hazardous-live-parts) jsou živé části, které za určitých podmínek mohou způsobit úraz elektrickým proudem

## 1.5 Rozdělení osob podle elektrotechnické kvalifikace

Elektrotechnika je jedním z oborů, kde pro zajištění bezpečnosti lidí i zařízení je nezbytné jednoznačně definovat práva a povinnosti jednotlivých osob. Rozsah těchto práv a povinností je závislý na získaném odborném vzdělání, délce odborné praxe, šíři a hloubce absolvovaného školení v oblasti bezpečnosti práce a úspěšně vykonaných zkouškách. Některé definice kvalifikace osob jsou uvedeny v normě ČSN 61 140 ed.2 a zbytek je uveden ve vyhlášce č. 50/1978 Sb. Podle prováděcí vyhlášky Českého ústavu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu k zákonu číslo 174/1968 sb. je stanovena potřebná kvalifikace pracovníků pro obsluhu elektrických zařízení nebo práci na nich (pracovníci bez elektrotechnického vzdělání - §3, §4, pracovníci s elektrotechnickým vzděláním §5 ÷ §11).

Seznam jednotlivých stupňů elektrotechnické kvalifikace a jejich zkrácený popis:

- **laik** (ČSN 61140)- osoba, která není ani znalá ani poučená.
- **osoba znalá** (ČSN 61140)– osoba s odpovídajícím vzděláním a zkušenostmi, umožňujícími rozeznat rizika a vyhnout se nebezpečím, která elektřina může způsobit,
- **osoba poučená** (ČSN 61140)– osoba přiměřeně poučená osobami znalými nebo pod jejich dohledem, aby jí bylo umožněno rozeznat rizika a vyhnout se nebezpečím, která elektřina může způsobit,
- **§ 3 Pracovníci seznámení** (vyhláška č. 50/1978 Sb.) Pracovníci seznámení jsou ti, kteří byli organizací v rozsahu své činnosti seznámení s předpisy o zacházení s elektrickým zařízením a upozorněni na možné ohrožení těmito zařízeními. Prokazatelný doklad o provedeném seznámení (zápis) se ukládá do osobního spisu pracovníka
- **§ 4 Pracovníci poučení** (vyhláška č. 50/1978 Sb.) Pracovníci poučení jsou ti, kteří byli organizací v rozsahu své činnosti poučení o předpisech pro činnosti na elektrických zařízeních, školení v této činnosti, upozorněni na možné ohrožení elektrickými zařízeními a seznámení s poskytováním první pomoci při úrazech elektrickým proudem. Rozsah školení je dán náplní budoucí činnosti, znalosti pracovníků poučených jsou ověřovány ve lhůtách předem stanovených organizací. Prokazatelný doklad o provedeném seznámení (zápis) se ukládá do osobního spisu pracovníka
- **§ 5 Pracovníci znalí** (vyhláška č. 50/1978 Sb.) Pracovníci znalí jsou ti, kteří mají odborné vzdělání (vyučení, nebo dosažení středního odborného vzdělání popř. úplného středního vzdělání, nebo úspěšné absolvování vysoké školy a to vše v některém z oborů elektrotechniky) a po zaškolení složili zkoušku v rozsahu stanoveném organizací.  
Zaškolení a zkoušku je povinna zajistit organizace. Prokazatelný doklad o provedeném seznámení (zápis) se ukládá do osobního spisu pracovníka
- **§ 6 Pracovníci pro samostatnou činnost** (vyhláška č. 50/1978 Sb.) Pracovníci pro samostatnou činnost jsou pracovníci s vyšší kvalifikací, kteří splňují požadavky odborného vzdělání, minimální požadované praxe a složením další zkoušky prokázali znalosti potřebné pro samostatnou činnost. Zkoušku nebo přezkoušení (nejméně jednou za tři roky) je povinna zajistit organizace. Organizace vydá vyzkoušenému pracovníkovi pro samostatnou činnost osvědčení o složené zkoušce.

- **§ 7 Pracovníci pro řízení činnosti** (vyhláška č. 50/1978 Sb.) Pracovníci pro řízení činnosti jsou pracovníci s vyšší kvalifikací, kteří splňují požadavky odborného vzdělání, minimální požadované praxe a složením další zkoušky prokázali znalosti potřebné pro řízení činnosti. Zkoušku nebo přezkoušení (nejméně jednou za tři roky) je povinna zajistit organizace. Organizace vydá vyzkoušenému pracovníkovi pro řízení činnosti osvědčení o složené zkoušce.
- **§ 8 Pracovníci pro řízení činnosti prováděné dodavatelským způsobem a pracovníci pro řízení provozu** (vyhláška č. 50/1978 Sb.) Pracovníci pro řízení činnosti jsou pracovníci s vyšší kvalifikací, kteří splňují požadavky odborného vzdělání, minimální požadované praxe a složením další zkoušky prokázali znalosti potřebné pro danou kvalifikaci. Zkoušku nebo přezkoušení (nejméně jednou za tři roky) je povinna zajistit organizace. Organizace vydá vyzkoušenému pracovníkovi dle § 8 osvědčení o složené zkoušce.
- **§ 9 Pracovníci pro provádění revizí** (vyhláška č. 50/1978 Sb.) Pracovníci pro provádění revizí („revizní technici“ jsou pracovníci znalí s vyšší kvalifikací, kteří splňují požadavky odborného vzdělání, minimální praxe a na žádost organizace složili zkoušku před některým příslušným orgánem dozoru. Pro provádění zkoušek a přezkoušení revizních techniků platí zvláštní předpisy vydané příslušnými orgány dozoru. Revizním technikům vydá osvědčení o vykonané zkoušce příslušný orgán dozoru s uvedením druhu a napětí elektrického zařízení a třídy objektu.
- **§ 10 Pracovníci pro samostatné projektování a pracovníci pro řízení projektování** (vyhláška č. 50/1978 Sb.) Pracovníci pro samostatné projektování a pracovníci pro řízení projektování jsou ti, kteří mají odborné vzdělání a praxi určenou zvláštními předpisy a složili zkoušku se znalostí předpisů k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení a z předpisů souvisejících s projektováním. Zkoušku nebo přezkoušení (nejméně jednou za tři roky) je povinna zajistit organizace. Zkoušku nebo přezkoušení provede organizací pověřená alespoň tříčlenná komise. Organizace vydá vyzkoušenému pracovníkovi dle § 10 osvědčení o vykonané zkoušce.
- **§ 11 Kvalifikace ve zvláštních případech** (vyhláška č. 50/1978 Sb.) Absolventi vysokých škol některého z oborů elektrotechniky a přírodovědeckých fakult, oboru fyzika, kteří pracují jako učitelé v laboratořích škol všech stupňů, se považují na svých pracovištích za pracovníky pro řízení činnosti, pokud složili zkoušku v rozsahu daném organizací. Učitelé, kteří používají při výuce ve školách elektrická zařízení pod napětím, se považují pro tuto činnost za pracovníky pro samostatnou činnost, musí však být v používání zařízení prokazatelně zaškoleni a jejich znalosti bezpečnostních předpisů, souvisejících s jejich činností musí být ověřovány nejméně jednou za tři roky. Zkoušku nebo přezkoušení provede organizací pověřená alespoň tříčlenná komise. Prokazatelný doklad o provedeném seznámení (zápis) se ukládá do osobního spisu pracovníka

## 1.6 Úraz elektrickým proudem

Úraz elektrickým proudem (electric shock) je fyziologickým účinkem elektrického proudu procházejícího tělem člověka nebo zvířete. Může být způsoben proudem protékajícím postiženým tělem, jehož velikost překročí určitou bezpečnou mez nebo může vzniknout v důsledku jiných nežádoucích účinků elektrického proudu, např. popálením nebo působením elektrického či elektromagnetického pole, nebo i dlouhodobým účinkem na lidské zdraví (stejnoseměrný proud). K úrazu elektrickým proudem dochází tehdy, jestliže proud protéká

lidským tělem, které se na různých místech dotýká současně částí s různým potenciálem. Takováto situace může nastat při:

1. dotyku nebezpečných živých částí s potenciálem proti zemi nebo při dotyku částí s živými částmi spojenými nebo jen při přiblížení se k živým částem vysokého napětí - vn (na tzv. přeskokovou vzdálenost) - proud protéká lidským tělem mezi místem dotýkajícím se živé části a místem styku se zemí, obvykle nohama (jednypólový dotyk),
2. současném dotyku nebezpečných živých částí různé polarity nebo rozdílných potenciálů nebo při přiblížení se k nim, kdy člověk je zasažený i při dobré izolaci od země (dvoupólový dotyk),
3. dotyku neživých částí, na kterých se při poruše mohou objevit nebezpečná napětí.

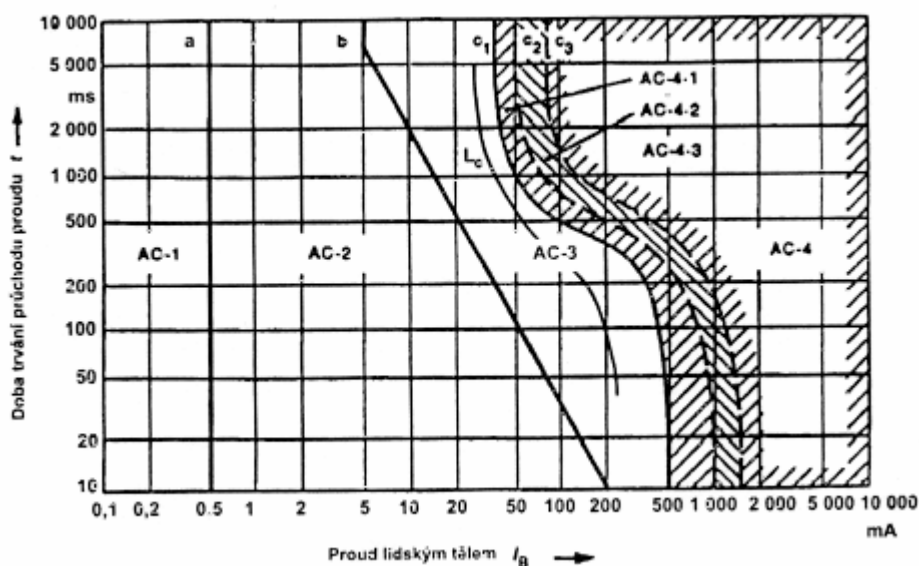
V případech 1 a 2 je častým úrazem dotyk člověka s fázovým a středním vodičem v zásuvce, síťové napětí může usmrtit člověka, pokud se ocitne v elektrickém obvodu. Odpor lidského těla závisí na velikosti napětí, se stoupajícím napětím je kůže více vodivá. Při měření v obvodu s baterií je odpor těla asi 100 000  $\Omega$ , odpor při 230 V pouze okolo 1000  $\Omega$  pro dráhu proudu „ruka-ruka“ nebo „ruka-noha“. Při 230 V je tedy velikost proudu zhruba 230 mA, který již může člověka usmrtit.

Další nežádoucí účinky elektrického proudu mohou vzniknout při:

- a) užití elektrického oblouku v technologických zařízeních (vysoké teploty, záření oblouku),
- b) vypnutí velkých proudů (zkraty),
- c) působení elektrického a elektromagnetického pole.

## 1.7 Účinky střídavého elektrického proudu na lidský organizmus

Účinky elektrického proudu na lidský organizmus závisí na mnoha faktorech, v zásadě jsou těmi hlavními velikost proudu, charakter proudu a doba trvání průtoku proudu. Dohodnuté účinky střídavého proudu s frekvencí od 15 do 100 Hz na člověka uvádí *Obr. 1* (příloha NC-1 ČSN 33 20000-4-41 ed.2), dohodnuté účinky stejnosměrného proudu jsou na *Obr. 2* (příloha NC-2 ČSN 33 20000-4-41 ed.2). Pro dobu průchodu proudu delší než přibližně 2 až 5 s vyplývají pro účinky elektrického střídavého proudu na lidský organizmus meze uvedené v *Tab.5*



Obr. 1 Dohodnuté zóny účinků střídavého proudu na člověka

Každá křivka na Obr. 1 znázorňuje mez, od které se začíná projevovat některý z účinků elektrického střídavého proudu na lidský organizmus. Popis jednotlivých zón:

Označení zóny	Mezní hodnoty zóny	Typické fyziologické účinky
AC-1	do 0,5 mA, do čáry a	obvykle bez reakce
AC-2	od 0,5 mA až k čáře b	obvykle bez škodlivých fyziologických účinků neúmyslné svalové stahy
AC-3	od čáry b po čáru c1	obvykle bez škod na organizmu. Pravděpodobnost křečovitých stahů a obtíží při dýchání
AC-4	počínaje křivkou c1	k účinkům v zóně AC-3 se mohou se zvyšující se velikostí proudu a prodlužující se dobou jeho průchodu přidat nebezpečné patofyziologické účinky jako zástava srdce, dechu a závažná popálení
AC-4.1	c1 až c2	pravděpodobnost ventrikulárních fibrilací až u 5 % lidí zasažených elektrickým proudem
AC-4.2	c2 až c3	pravděpodobnost ventrikulárních fibrilací až u 50% lidí zasažených elektrickým proudem
AC-4.3	za křivkou c3	pravděpodobnost ventrikulárních fibrilací u více než 50 % lidí zasažených elektrickým proudem

křivka Lc - dohodnutá křivka závislosti doby, za kterou by měl být proud procházející lidským tělem odpojen, na velikosti tohoto střídavého proudu.

Střídavý proud je pro člověka nebezpečnější než stejnosměrný, protože snadněji prochází lidským tělem a vyvolá podráždění svalové a nervové tkáně. Tkáně organismu představují pro elektrický obvod, který je přes ně uzavřen, smíšenou odporovou a kapacitní zátěž. Při dotyku člověka s živým vodičem střídavého elektrického rozvodu s napětím 230 V, 50 Hz je do série s lidským tělem zapojeno i okolí a napětí působící na organismus se rozdělí v poměru vnitřního a vnějšího odporu. Nebezpečí závisí také na tom, jak velký elektrický výkon zasáhne organismus. Pokud má elektrický zdroj dostatečný výkon se stálým napětím, velikost proudu se spočítá podle Ohmova zákona,  $I = U/R$ , kde  $I$  je proud v Ampérech,  $U$  - napětí ve voltech  $V$  a  $R$  - odporová zátěž v Ohmech. Výkon  $P = U \cdot I$  a udává se ve Watech.

Velikost protékajícího proudu je nepřímo úměrná odporu lidského těla. Největší je odpor kůže, vnitřní tkáně jsou elektrolytem s nízkým odporem. K celkovému odporu a kapacitní složce přispívá také oděv (rukavice a podrážky působí jako dielektrikum a snižují nebezpečí úrazu). Odpor kůže se pohybuje v závislosti na vlhkosti, prokrvení a tloušťce kůže v rozmezí od několika set ohmů až megaohmů. Průměrná hodnota je  $1 \div 5 \text{ k}\Omega$ .

## 1.8 Účinky elektrického proudu specifického charakteru na lidský organismus

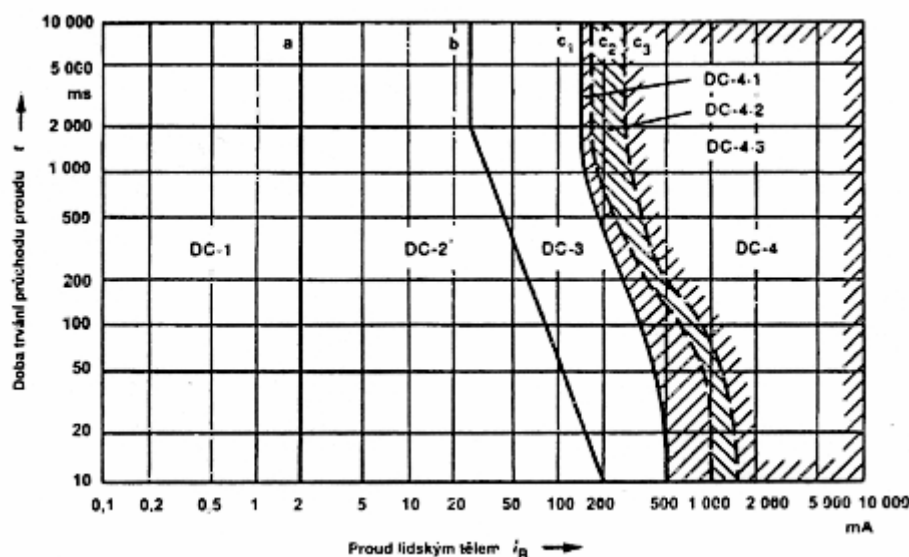
U vysokofrekvenčního střídavého proudu jeho nebezpečnost klesá, organismus snese i 0,3 A. Škodlivější je tepelné poškození hlavně na kůži v místech vstupu a výstupu proudu z těla.

Úrazy při pracích na vysokonapěťových rozvodech mohou být způsobeny přeskokem (výbojem) elektrického proudu na poměrně velkou vzdálenost.

Blesk je vysokofrekvenční pulz s proudem asi 105 A a napětím  $105 \div 106 \text{ V}$ . Zasažení bleskem je ve 40 % případů smrtelné. Blesk kromě elektrických účinků působí také jako exploze. Krokové napětí (rozdílové napětí mezi levou a pravou nohou v oblasti vstupu vysokého napětí do země v okolí spadlých drátů vedení vysokého napětí) může ohrozit osoby asi do vzdálenosti 30 m od místa zásahu.

## 1.9 Účinky stejnosměrného proudu na lidský organismus

U *stejnosměrného proudu* jsou hodnoty proudu podle nebezpečnosti zhruba čtyřnásobné, avšak zapnutí nebo ráz při dotyku stejnosměrného proudu má střídavou složku, která je hlavním škodlivým faktorem. Dohodnuté zóny účinků stejnosměrného proudu na člověka podle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 jsou uvedeny na *Obr. 2*.



Obr. 2 Dohodnuté zóny účinků stejnosměrného proudu na člověka

Označení zóny	Mezní hodnoty zóny	Typické fyziologické účinky
DC-1	do 2 mA, čára a	obvykle bez reakce, slabé štípnutí při zapínání a vypínání
DC-2	2 mA až k čáře b	obvykle bez škodlivých fyziologických účinků neúmyslné svalové stahy
DC-3	od čáry b po čáru c1	obvykle bez škod na organismu. Se vzrůstajícím proudem se mohou objevit vratné poruchy srdečních stahů a impulsů k činnosti srdce. Silní škubání způsobovaná neúmyslnými svalovými stahy
DC-4	počínaje křivkou c1	k účinkům v zóně DC-3 se mohou se zvyšující se velikostí proudu a prodlužující se dobou jeho průchodu přidat nebezpečné patofyziologické účinky jako např. ventrikulární fibrilace a závažná popálení
DC-4.1	c1 až c2	pravděpodobnost ventrikulárních fibrilací až u 5 % lidí zasažených elektrickým proudem
DC-4.2	c2 až c3	pravděpodobnost ventrikulárních fibrilací až u 50% lidí zasažených elektrickým proudem
DC-4.3	za křivkou c3	pravděpodobnost ventrikulárních fibrilací u více než 50 % lidí zasažených elektrickým proudem

POZNÁMKA: Podrobněji k účinkům proudů na lidský organismus v ČSN IEC 479-1.

## 1.10 Konvenční meze účinků proudů na lidský organizmus

Pro dobu průchodu proudu delší než přibližně 2 až 5 s (*Obr. 1, Obr. 2*) vyplývají pro účinky elektrického střídavého a stejnosměrného proudu na lidský organizmus meze uvedené v *Tab.5*.

*Tab.5 Konvenční mezní hodnoty proudů z hlediska jejich účinků na lidský organizmus*

Účinky, kterými se proud protékající lidským tělem počínaje určitou mezní hodnotou projevuje	Mezní hodnoty elektrického proudu v mA pro proud	
	AC střídavý	DC stejnosměrný <sup>1)</sup>
Mez vnímání - proud je vnímám od	<b>0,5</b>	<b>2</b>
Mez uvolnění – proud zabraňuje uvolnění od	<b>5</b>	<b>25</b>
Závažnější negativní účinky pro zdraví od	<b>30</b>	<b>120</b>

1) Přestože stejnosměrný elektrický proud má z krátkodobého hlediska mírnější účinky na lidský organizmus než proud střídavý, je třeba se průchodu DC proudu tělem vyvarovat, po delším působení může způsobovat rozklad krve

Frekvence střídavého proudu 50 ÷ 60 Hz v rozvodné síti je právě v rozmezí nebezpečných frekvencí (30÷150 Hz), které mohou rezonancí vyvolat akční potenciály a arytmie v myokardu i podráždění v centrálním nervovém systému a ve svalech.

Účinky střídavého proudu na myokard a ostatní vzrušivé tkáně jsou:

- **do 25 mA** – proud by neměl ohrozit, dráždí ke křečím např. dýchací svaly a vede ke zvýšení krevního tlaku,
- **od 25 do 80 mA** - pokud prochází déle než 30 s, způsobí srdeční arytmie až fibrilace,
- **80 mA až 3 A** - trvání 0,3 s stačí k vyvolání srdeční fibrilace, která může pokračovat i po přerušení průtoku elektrického proudu. Tendenci myokardu k fibrilaci zvyšuje hypotie (nedostatek kyslíku) vyvolaný případnou zástavou dýchání a krevního oběhu,
- **nad 3 A** - kromě srdeční zástavy v důsledku fibrilace vyvolá křeče kosterního a dýchacího svalstva, podráždění a vyřazení vitálních center v prodloužené míše. Další komplikace - popáleniny v místech cesty proudu a „crush syndrom“ (vznikne zhmožděním svalů při křečích). Takto vzniklá myoglobinurie (přítomnost svalové bílkoviny v moči) může vést k následné anurii a akutnímu selhání ledvin, k infarktu myokardu a poškození periferních nervů.

## 1.11 Impedance a rezistence izolace živých částí nutné k ochraně před úrazem elektrickým proudem

Z hlediska účinku elektrických proudů na lidský organizmus je důležitá předpokládaná velikost impedance (u střídavého proudu) nebo rezistence (činný odpor u stejnosměrného proudu), která brání průchodu proudu lidským tělem.

Před dotykem živých částí chrání *základní izolace*. Pro tu je u elektrických spotřebičů nízkého napětí a to spotřebičů třídy I, které se drží při práci v ruce i spotřebičů třídy II předepsán izolační odpor nejméně 2 M $\Omega$ . Tento izolační odpor vychází jako podíl napětí 1000 V a maximálního unikajícího proudu 0,5 mA.

## 1.12 Konvenční meze dovolených dotykových napětí

Konvenční mezní hodnoty dovolených dotykových napětí (Tab.6) jsou podloženy především dlouhodobými zkušenostmi. Je však možno je zdůvodnit i velikostmi proudů, které mohou v uvedených případech při jejich dotyku lidským tělem protékat.

*Tab.6 Konvenční mezní hodnoty dovolených dotykových napětí z hlediska prostorů ve kterých tato napětí působí a druhu proudu (AC, DC)*

<b>Za bezpečná proti zemi se považují nejvýše tato napětí ve voltech [V]</b>				
v prostorech	střídavá		stejnoseměrná	
	Působící			
	trvale	krátkodobě	trvale	krátkodobě
normálních i nebezpečných	25	50	60	120
Zvlášť nebezpečných	-	12	-	25

Za krátkodobé se považuje působení v době, kdy je zařízení nebo elektrická instalace v poruše, než tato porucha bude odstraněna

Zásady ochrany před úrazem elektrickým proudem jsou rozpracovány jak pro elektrotechnické výrobky, tak pro elektrické instalace se střídavým napětím do 1000 V a stejnosměrným napětím 1500 i v ČSN EN 61140. V souladu s touto normou se bezpečnost zajišťuje uplatněním ochranných opatření, která jsou souborem vzájemně koordinovaného působení ochranných prostředků.

## 2 Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Jak již bylo uvedeno, ochranou před úrazem elektrickým proudem se zabývá ČSN 33 2000-4-41, ed.2 „Elektrické instalace nízkého napětí“, část 4-41 Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem, vydaná v roce 2007.

Část 4-41 specifikuje základní požadavky týkající se ochrany před úrazem elektrickým proudem včetně základní ochrany (ochrany před přímým dotykem neboli před dotykem živých částí) a ochrany při poruše (ochrany před nepřímým dotykem neboli ochrany před dotykem neživých částí) osob a hospodářských zvířat. Platí pro ochranu v prostorách normálních a nebezpečných, pro prostory zvlášť nebezpečné je vhodné se řídit přílohou NA. Norma platí pro elektrické instalace o napětích do AC 1000 V a DC 1500 V. Pro ochranu před úrazem před úrazem elektrickým proudem u elektrických instalací nad AC 1000 V a DC 1500 V platí ČSN 33 3210 a další technické normy

V této normě jsou střídavá napětí udávána v efektivních hodnotách, stejnosměrná napětí jako napětí bez zvlnění (efektivní hodnota zvlnění nepřesahuje 10 % jeho stejnosměrné složky).

## 2.1 Označování vodičů

Velmi důležité je správné označování jednotlivých vodičů v trojfázové napájecí síti. Pro jednoznačné definování charakteru sítě a způsobu ochrany se používá tzv. komplexní označení. Je to grafická značka složená z písmen a číslic, sestavená ze dvou částí, z označení vodičů rozvodu a druhu sítě (3 PEN~50 Hz 400 V/230 V//TN-C).

Vodiče v elektrických rozvodech jsou jednotně označovány, aby nemohlo docházet k jejich záměně, Tab.7, Obr. 4:

**pracovní vodič** - vodič proudové soustavy, slouží k vedení proudu při provozu zařízení; může být krajní, fázový nebo střední (barva izolace *černá, hnědá a šedá*). Barva vodičů stejnosměrné soustavy již není v normě striktně uvedena, proto pro její označení může být použito libovolné barvy, doporučuje se však vycházet z dříve platné normy, v níž platilo označení *červená (+) a modrá (-)*, nebo se vychází z vnitropodnikových předpisů a nařízení.

**střední vodič** - vodič připojený na střed (uzel) zdroje, může (ale nemusí) být spojen se zemí (světle modrý),

**ochranný vodič** - vodič úmyslně vedený pro spojení částí **neživých** za účelem ochrany před nebezpečným dotykovým napětím bez ohledu na to, zda je nebo není současně vodičem pracovním (zelenožlutý),

**náhodný ochranný vodič** - je vytvořený souvislými částmi splňujícími podmínky ochranného vodiče, který chrání před nebezpečným dotykem.

**země** - část země využita pro uzemňování,

**uzemnění** - vodivé spojení živých nebo neživých částí se zemí,

**ochranné uzemnění** - uzemnění bodu nebo několika bodů v elektrické síti nebo instalaci nebo v zařízení pro zajištění bezpečnosti.,

**pracovní uzemnění** - přímé uzemnění některé části proudového obvodu (např.uzel napájecího transformátoru nebo střední vodič kvůli ustálení napětí soustavy proti zemi) za účelem bezpečnosti provozu rozvodné soustavy,

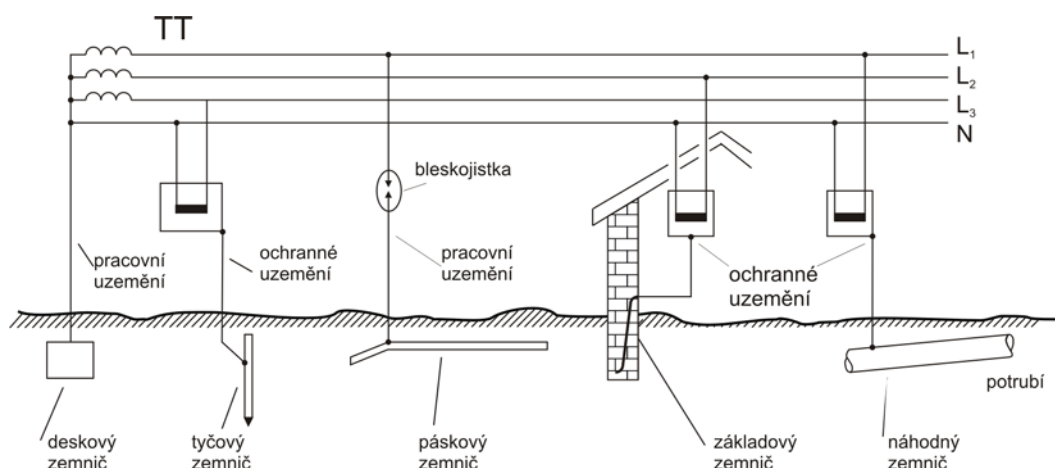
**zemnič** - vodivé těleso vytvářející vodivé spojení se zemí,

**zemnič strojený** - záměrně zřízený zemnič různého tvaru, např. ocelový pozinkovaný pásek o rozměrech 30 x 4 mm, Obr. 3

**zemnič náhodný** - vodivé předměty trvale uložené v zemi s dobrým spojením se zemí (různá potrubí).

**krokové napětí** - napětí mezi dvěma body zemského povrchu vzdálenými od sebe 1 m (1 m je délka kroku člověka),

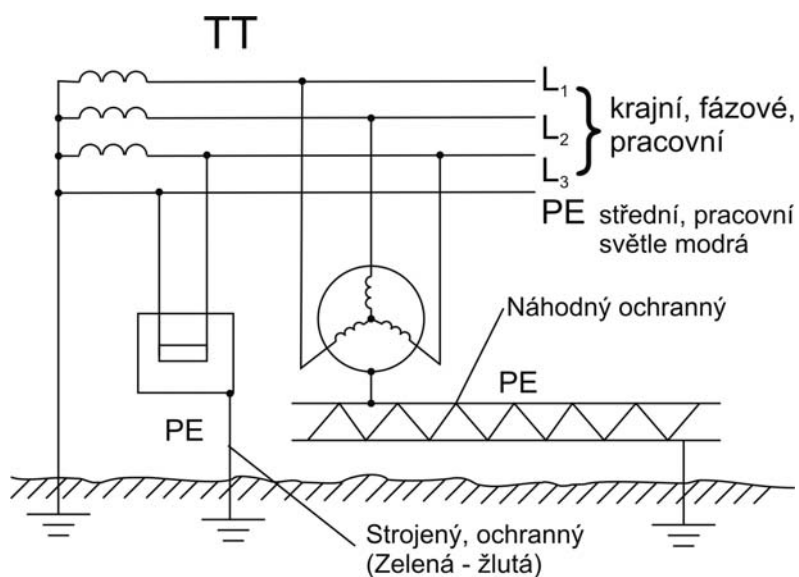
**uzemňovací soustava** - všechny elektrické spoje a prvky, které jsou součástí uzemnění elektrické sítě, instalace a zařízení,



Obr. 3 Druhy uzemnění a zemničů

Tab.7 Názvy a označení vodičů v síti

Druh sítě	Názvy vodičů	Barevné značení	Písemné značení
SELV - bezpečné malé napětí, s oddělením obvodů			
PELV - ochranné malé napětí	ochranný vodič	Zelená-žlutá	PE
FELV – s funkčně malým napětím	ochranný vodič	Zelená-žlutá	PE
IT – síť izolovaná s ochranným zemněním	ochranný vodič	Zelená-žlutá	PE
TT - síť uzemněná s ochr. zemněním	ochranný vodič	Zelená-žlutá	PE
TN-C - síť s ochranným nulováním	vodič PEN, ochranný + střední	Zelená-žlutá	PEN
TN-S - síť s ochranným nulováním	střední vodič ochranný vodič	Světle modrá Zelená-žlutá	N PE



Obr. 4 Označování vodičů

*Poznámka: Elektrická energie se od výrobce ke spotřebiteli přenáší 3-fázovou rozvodnou soustavou vysokého nebo velmi vysokého napětí (110, 220 kV), které se v místě spotřeby transformuje na nižší napětí, příp. i menší počet fází. V běžných distribučních sítích je napětí 3 x 400/230 V, 50 Hz. Taková síť je tvořena vždy třemi fázovými vodiči a podle způsobu ochrany před nebezpečným dotykem má různé uspořádání. Další druhy sítí uvádí Tab.7.*

Střídavá elektrická zařízení a sítě 1 - fázové nebo 3 - fázové mohou být provozovány s napětími podle Tab.8:

*Tab.8 Rozdělení elektrického zařízení podle napětí v elektrických sítích (ČSN 33 0120)*

Kategorie napětí	Označení napětí	Název zařízení	Jmenovité napětí		
			v uzemněné soustavě		v izolované soustavě
			mezi vodičem a zemí	mezi vodiči	mezi vodiči
I	Mn	zařízení malého napětí	do 50 V včetně	do 50 V včetně	do 50 V včetně
II	Nn	zařízení nízkého napětí	nad 50 V do 600V včetně	nad 50 V <sup>1)</sup> do 1000V <sup>2)</sup> včetně	nad 50 V <sup>1)</sup> do 1000V <sup>2)</sup> včetně
A	Vn	zařízení vysokého napětí	nad 0,6 kV do 30 kV	nad 1 kV do 52 kV	nad 1 kV do 52 kV
B	Vvn	zařízení velmi vysokého napětí	od 30 kV do 171 kV	od 52 kV do 300 kV	od 52 kV do 300 kV
C	Zvn	zařízení zvláště vysokého napětí	-	od 300 kV do 800 kV včetně	-
D	Uch	zařízení ultra vysokého napětí	-	nad 800 kV	-

1) Sdělovací zařízení s napětím mezi vodiči v izolované soustavě do 85 V včetně se pokládají za zařízení mn. Sdělovací zařízení se jmenovitým napětím do 60 V proti zemi a vyzváněcí obvody s napětím do 115 V se budují podle předpisů pro zařízení malého napětí a ověřují se při zkoušce elektrické odolnosti napětím 500 V.

2) Pro stejnosměrná zařízení je hranicí mezi malým a nízkým napětím 120 V, hranicí mezi nízkým a vysokým napětím je pro stejnosměrná zařízení 1500 V.

Ochrana před úrazem elektrickým proudem je také předmětem normy ČSN EN 61 140 ed.2 „Ochrana před úrazem elektrickým proudem - Společná hlediska pro instalaci a zařízení“. Je to mezinárodní norma pro ochranu osob a zvířat před úrazem elektrickým proudem. Poskytuje základní principy a požadavky, které jsou společné pro elektrické instalace, sítě a zařízení nebo jsou nezbytné pro jejich koordinaci. Platí pro instalace, sítě a zařízení bez omezení napětí.

## 2.2 Základní pravidlo ochrany před úrazem elektrickým proudem

Pro všechna elektrická zařízení, která jsou v elektrické síti provozována, musí platit následující základní pravidlo ochrany:

Nebezpečné živé části nesmí být přístupné a přístupné vodivé části nesmí být nebezpečně živé

- ani za normálních podmínek (použita základní ochrana),
- ani za podmínek jedné poruchy (ochrana při poruše), zvýšená ochrana může být dosažena
  - dalším ochranným opatřením,
  - prostředkem zvýšené ochrany.

## 2.3 Ochranné prostředky (prvky ochranných opatření)

Všechny ochranné prostředky musí být z hlediska elektrických instalací nízkého napětí podle ČSN 33 2000-4-41 a z hlediska provozu elektrických zařízení podle ČSN EN 61 140 navrženy a provedeny tak, aby při používání zařízení určeným způsobem a při řádné údržbě byly účinné po celou očekávanou dobu života instalace. V úvahu se má brát vliv prostředí s vnějšími vlivy .

### 2.3.1 Prostředky základní ochrany

Základní ochrana musí být tvořena pomocí jednoho nebo více prostředků, které za normálních podmínek brání dotyku nebezpečných živých částí. Do této skupiny patří:

- základní izolace - musí bránit dotyku nebezpečných živých částí,
- přepážky a kryty musí bránit přístupu k nebezpečným živým částem stupněm ochrany alespoň IPXXB - musí mít dostatečnou mechanickou pevnost, stabilitu a trvanlivost, s pevným uchycením na svém místě,
- zábrany - určeny k ochraně osob znalých nebo poučených, nejsou určeny k ochraně laiků, mohou být odnímatelné,
- ochrana polohou (umístění mimo dosah ruky) - aby se zabránilo nahodilému dotyku vodivých částí u zařízení nn,
- omezení napětí - musí zajišťovat, že napětí mezi dvěma současně přístupnými částmi nepřekročí meze ELV (Extra low voltage – dle tab. 7 malé napětí),
- omezení ustáleného dotykového proudu a náboje - ustálený proud mezi vodivými částmi současně přístupnými dotyku se doporučuje pro střídavý proud 0,5 mA, pro stejnosměrný proud 2 mA, nahromaděný náboj nemá překročit práh vnímání 0,5  $\mu\text{C}$ , případně práh bolesti 50  $\mu\text{C}$  (zdravotnické elektrické přístroje mohou vyžadovat jiné meze),
- řízení potenciálu - u vysokonapěťových instalací, systémů, sítí a zařízení musí být osoby nebo zvířata chráněny před nebezpečným dotykovým a krokovým napětím za normálních podmínek zemničem pro řízení potenciálu.

### 2.3.2 Prostředky ochrany při poruše

Za ochranu při poruše se považují následující opatření:

- přídatná izolace - musí odolávat stejnému namáhání jako základní izolace,

- ochranné pospojování - musí obsahovat jeden prvek nebo se musí skládat z vhodné kombinace dvou nebo více těchto prvků:
- prostředků pro ochranné pospojování uvnitř zařízení,
- uzemněného nebo neuzemněného ochranného pospojování v instalaci,
- ochranného vodiče PE,
- vodiče PEN,
- Soustava ochranného pospojování musí mít dostatečně nízkou impedanci, aby se zabránilo nebezpečnému rozdílu potenciálů mezi částmi v případě poruchy izolace a musí být použita ve spojení s ochrannými přístroji. Rozdíl potenciálů se nemusí brát v úvahu, když impedance obvodu omezuje ustálený dotykový proud v případě jedné poruchy tak, že nemůže překročit AC (Alternative current – střídavý proud) 3,5 mA pro kmitočty do 100 Hz nebo DC (Direct current – stejnosměrný proud) 10 mA. V některých prostředích nebo situacích, např. ve zdravotnických prostorech, v místech a vysokou vodivostí, vlhkých atd. jsou potřeba nižší meze proudu.
- ochranné stínění,
- indikace a odpojení ve vysokonapěťových instalacích a sítích,
- samočinné (automatické odpojení od zdroje
- jednoduché oddělení (obvodů)
- nevodivé okolí - v okolí musí být impedance proti zemi aspoň 50 k $\Omega$  pro napětí sítě  $\leq$  AC nebo DC 500 V,
- 100 k $\Omega$ , pokud napětí sítě překročí AC nebo DC 500 V a je  $\leq$  AC 1000 V nebo DC 1500 V,
- řízení potenciálu - instalací doplňujících zemničů k tomu, aby se snížilo dotykové a krokové napětí vzniklé při poruše.

### 2.3.3 Prostředky zvýšené ochrany

Prostředky zvýšené ochrany zajišťují ochranu základní i ochranu při poruše. Musí se provést taková opatření, aby bylo nepravděpodobné, že se ochrana zajišťovaná prostředky zvýšené ochrany znehodnotila a aby se zamezilo výskytu jedné poruchy. Patří sem:

- Zesílená izolace - musí odolávat elektrickému, tepelnému a mechanickému namáhání stejně jako dvojitá izolace,
- Ochranné oddělení obvodů od ostatních obvodů se dosáhne pomocí základní izolace a přídavné izolace, zesílené izolace, ochranného stínění nebo kombinací těchto prostředků,
- Zdroj omezeného proudu - nesmí dávat dotykové proudy větší než v odstavci o omezení dotykového proudu a náboje, kap. 2.3.1,
- Ochranná impedance - omezuje hodnotu dotykového proudu.

## 2.4 Ochranná opatření

Ochranná opatření popisují strukturu typických ochranných opatření a uvádí, které ochranné prostředky slouží k základní ochraně a které ochraně při poruše. V jedné instalaci, síti nebo zařízení smí být použito více než jedno z těchto ochranných opatření.

V rámci elektrických sítí EU se můžeme setkat s těmito základními ochrannými opatřeními:

- ochrana automatickým odpojením od zdroje,
- ochrana dvojitou nebo zesílenou izolací,
- ochrana elektrickým oddělením,

- ochrana nevodivým okolím (pro nízké napětí),
- ochrana SELV,
- ochrana PELV,
- ochrana omezením ustáleného dotykového proudu a náboje,
- ochrana speciálními prostředky.

Tab.9 Stupně ochrany u zařízení a instalaci do AC 1 000 V a DC 1500 V

Stupeň ochrany	Druh ochrany a doplňková ochrana kterými se dosáhne požadovaný stupeň ochrany
normální	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. automatické odpojení od zdroje</li> <li>2. dvojitá nebo zesílená izolace</li> <li>3. elektrické oddělení</li> <li>4. ochrana malým napětím SELV a PELV</li> </ol>
doplňená	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Automatické odpojení od zdroje               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. doplňující pospojování nebo</li> <li>b. chránič, nebo</li> <li>c. doplňková izolace</li> </ol> </li> <li>2. dvojitá nebo zesílená izolace               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. elektrické oddělení, nebo</li> <li>b. chránič nebo</li> <li>c. doplňková izolace</li> </ol> </li> <li>3. Elektrické oddělení pro napájení pouze jediného spotřebiče a               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. izolace vstupních míst a pohyblivých přívodů, nebo</li> <li>b. chránič, nebo</li> <li>c. doplňková izolace</li> </ol> </li> <li>4. Ochrana malým napětím SELV a PELV               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. omezení napětí živých částí na AC 12 V resp. DC 25 V a</li> <li>b. krytí nebo izolace živých částí i při omezení jejich napětí</li> </ol> </li> </ol>

## 2.5 Volba stupně ochrany podle způsobu uchopení rukou a členění prostorů

Jak již bylo uvedeno v kap. 1.1, bezpečnost práce elektrického zařízení silně souvisí s prostředím, ve kterém je provozováno. Stupeň ochrany před úrazem elektrickým proudem se volí podle prostoru, ve kterém zařízení pracuje a podle toho, zda zařízení nebo jeho část je nebo není při obsluze drženo v ruce, Tab.10 .

Tab.10 Stupně ochrany podle způsobu uchopení rukou a členění prostorů

Prostory	Stupeň ochrany	
	zařízení se nemusí uchopit rukou	zařízení se musí uchopit rukou
normální i nebezpečné	Normální	požaduje se zhotovení z izolantu
Zvlášť nebezpečné	Doplňená	

## 2.6 Použití ochranných opatření

### 2.6.1 Automatické odpojení od zdroje

Je ochranné opatření, jehož základní ochrana (dříve ochrana před dotykem **živých částí**) je zajištěna:

- základní izolací živých částí. Živé části musí být pokryty izolací, kterou je možno odstranit pouze jejím zničením. Izolace musí vyhovět požadavkům příslušných norem pro elektrická zařízení, dále je základní ochrana provedena přepážkami nebo kryty určenými k tomu, aby bránily dotyku živých částí

Požadavky na ochranu při poruše (dříve ochrana před dotykem neživých částí):

- ochranné uzemnění - neživé části jsou spojeny s ochranným vodičem, Obr. 3,
- ochranné pospojování - v každé budově jsou vzájemně pospojovány ochranný vodič, uzemňovací přívod a další vodivé kovové části (jako např. kovová potrubí, konstrukční kovové části, kovové konstrukční výstuže betonu),
- automatické odpojení v případě poruchy – ochranný přístroj (pojistka, jistič) musí automaticky přerušit napájení vodičů vedení (pracovních vodičů) obvodu nebo zařízení v případě poruchy v době odpojení požadované Tab.11.

Samočinné odpojení od sítě je zabezpečeno ochrannými přístroji (pojistky, jističe, chrániče proudové i napěťové), které musí odpojit obvod nebo zařízení, jestliže se na jeho neživých částech vyskytne napětí vyšší než *dovolené dotykové napětí 50 V* pro normální a 25 V pro jiné než normální prostory. Doba odvozená z napětí sítě proti zemi se nazývá *krátká doba odpojení*, doba nepřekračující 5 s je *delší doba odpojení*, která se dovoluje jen s takovým provedením uzemnění, aby na chráněných částech nevzniklo dotykové napětí vyšší než 50 V. Pro samočinné odpojení jsou stanoveny konkrétní časy v závislosti na druhu elektrického zařízení (např. zásuvkové obvody 0,4 s, pevně instalované spotřebiče 5s).

Pokud není možné dosáhnout předepsaných časů vypnutí běžnými způsoby, je nutné užít *proudového chrániče*. Důvodem je to, že chrániče vypínají nejpozději do 0,2 s po dosažení nastavené hodnoty, kdežto vypínací doba pojistek a jističů závisí na velikosti poruchového proudu.

#### 2.6.1.1 Maximální doby odpojení koncových obvodů

Norma ČSN 33 2000-4-41 neuvádí meze bezpečného proudu a nestanoví hodnoty dovolených dotykových napětí pro kratší doby trvání poruchy, uvádí ale doby, jak dlouho smí trvat poruchový stav v jednotlivých druzích sítí s různými provozními napětími, Tab.11.

Tab.11 Maximální doby odpojení pro koncové obvody, které nepřekračují 32 A

Síť	50 < U <sub>o</sub> ≤ 120 V		120 < U <sub>o</sub> ≤ 230 V		230 < U <sub>o</sub> ≤ 400 V		U <sub>o</sub> > 400V	
	(s)		(s)		(s)		(s)	
	AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC
TN	0,8	5 s	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	1 s	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

### 2.6.1.2 Uplatnění prostředků ochrany podle způsobu provozu zařízení

Energetické rozvodné sítě nízkého napětí mají různá uspořádání, aby co nejlépe vyhovovaly požadavkům na napájení elektrických zařízení a bezpečnost osob a hospodářských zvířat. Bezpečnost při provozování elektrických zařízení je zajištěna odpojením vadné části.

Druhy sítí jsou podle způsobu uzemnění označeny písmenovým kódem, kde:

a) prvé písmeno vyjadřuje vztah sítě a uzemnění

**T** . . . bezprostřední spojení jednoho bodu sítě se zemí

**I** . . . oddělení všech živých částí od země, nebo spojení jednoho bodu sítě se zemí přes velkou impedanci,

b) druhé písmeno vyjadřuje vztah neživých částí v rozvodu a uzemnění

**T** . . . přímé spojení neživých částí se zemí,

**N** . . . přímé spojení neživých částí s uzemněným bodem sítě, kterým je obvykle střed, resp. uzel zdroje (nebo uzemněný fázový vodič),

c) další písmeno (písmena) – pokud existují – mohou vyjadřovat uspořádání ochranných a středních vodičů

**S** . . . funkce ochranného vodiče PE je zajišťována vodičem vedeným odděleně od středního (nebo uzemněného) vodiče N,

**C** . . . funkce ochranného a středního vodiče je sloučena do jediného vodiče (do vodiče PEN).

### 2.6.1.3 Ochrana odpojením vadné části v sítích TN

*Sítě TN-C* jsou čtyřvodičové 3-fázové sítě s uzemněným nulovým bodem, kdy ochranný vodič PEN současně plní funkci středního vodiče a spotřebiče jsou chráněny samočinným odpojením od zdroje (Obr. 5a).

*Sítě TN-S* jsou pětivodičové 3 fázové sítě s rozděleným ochranným vodičem PEN na dva další vodiče- pracovní (střední) N a ochranný PE, uzel napájecího transformátoru je uzemněný, spotřebiče chráněny samočinným odpojením od zdroje, (Obr. 5b).

*Sítě TN-C-S* jsou kombinací předchozích dvou způsobů, (Obr. 5c).

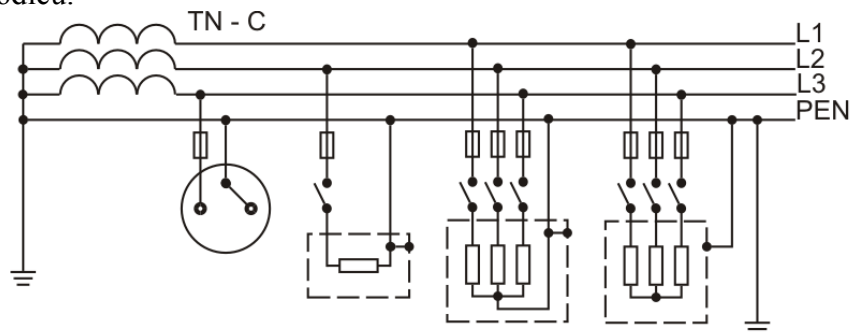
Ochrana neživých částí před nebezpečným dotykovým napětím je u všech těchto sítí provedena spojením neživých částí s uzemněným bodem sítě pomocí ochranného vodiče, který zabezpečí ochranu samočinným odpojením od zdroje. Základní podmínkou pro funkci ochrany je, aby při zkratu vznikl mezi krajním vodičem a neživou částí proud vyšší nebo rovný vypínacímu proudu ochranného přístroje, který způsobí samočinné odpojení v předepsaném čase.

Další podmínkou pro správnou funkci ochrany je hodnota odporu uzemnění nulového bodu (uzlu napájecího transformátoru). Jeho velikost musí být menší nebo rovna  $5 \Omega$  (nelze-li tuto hodnotu kvůli ztíženým zemním podmínkám dosáhnout, dovoluje se  $15 \Omega$ ). Celkový odpor uzemnění  $R_B$  vodičů PEN odcházejících z transformovny včetně uzemněného uzlu zdroje nemá být pro sítě o jmenovitém napětí  $U_0 = 230 \text{ V}$  větší než  $2 \Omega$ .

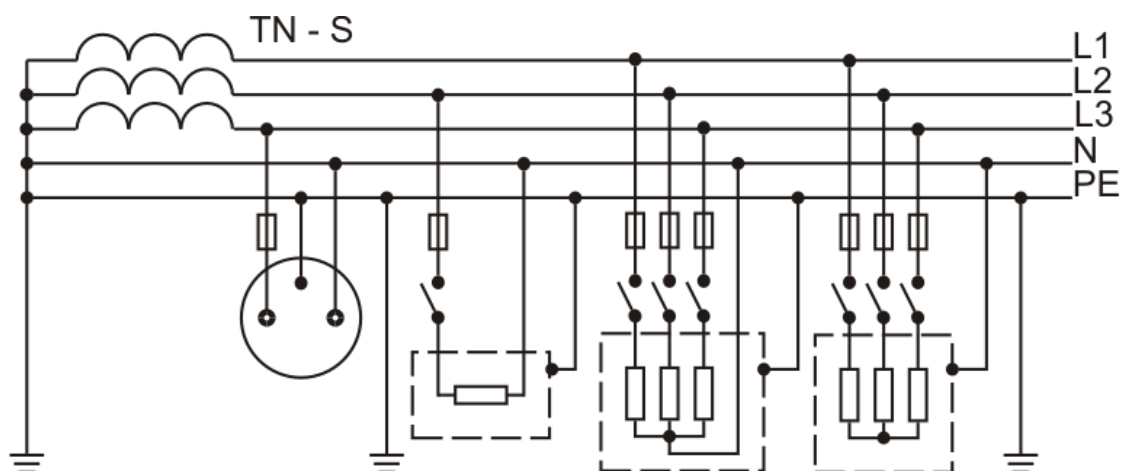
Vodič PEN v síti TN-C nebo vodič PE v síti TN-S se musí uzemnit buď samostatným zemničem nebo spojit s uzemňovací soustavou kromě uzlu zdroje ještě v těchto místech:

- a) ve venkovním rozvodu u vrchního vedení každých 500 m a na jeho konci a u odboček delších než 200 m na jejich konci, u kabelového vedení delšího než 200 m od místa předchozího uzemnění na jeho konci, u přípojkových skříní a dočasných pracovišť,
- b) ve vnitřním rozvodu u objektů s vlastním transformátorem vždy u hlavních rozváděčů, u podružných rozváděčů a na konci odboček delších než 200 m od předchozího uzemnění.

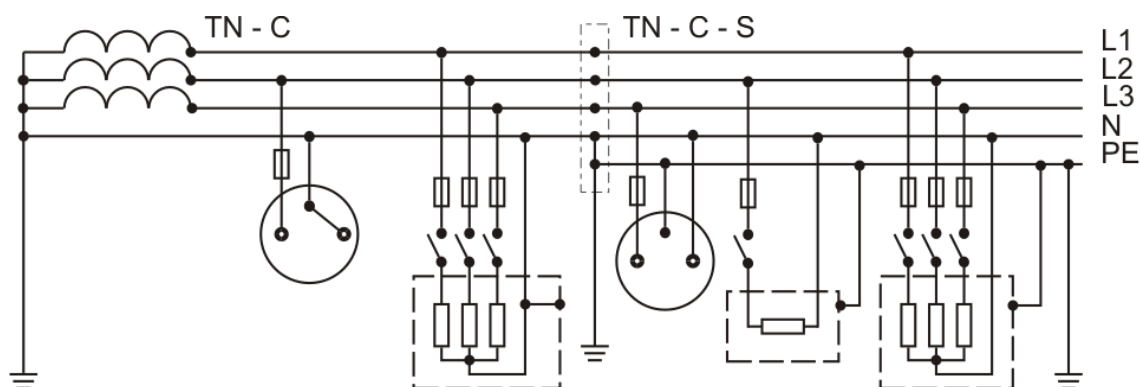
Vodič PEN a PE se dimenzuje podle ČSN 33 2000-5-54 ed. 2. Je-li průřez vodiče PEN menší než průřez krajního vodiče nebo je z jiného materiálu, musí se jeho průřez kontrolovat, aby nebyla při nejvyšším možném zkratovém proudu ve smyčce překročena nejvyšší dovolená teplota jádra vodičů.



Obr. 5a



Obr. 5b



Obr. 5c

Obr. 5 Princip zapojení při ochraně samočinným odpojením od zdroje v síti,

- a) TN-C,
- b) TN-S,
- c) TN-C-S

#### 2.6.1.4 Ochrana odpojením vadné části v sítích TT

Sítě TT v podstatě dožívají. Neživé části jsou spojeny se zemí, poruchový proud se vede zpět zemi k uzlu zdroje, Obr. 6. Všeobecně se v sítích TT musí pro ochranu při poruše používat proudové chrániče nebo i nadproudové ochranné přístroje, pokud je ovšem zajištěna dostatečně nízká hodnota  $Z_S$  (impedance poruchové smyčky v ohmech). Pro zemní odpor ochranného uzemnění u elektrického spotřebiče, podružného rozvaděče apod. musí platit

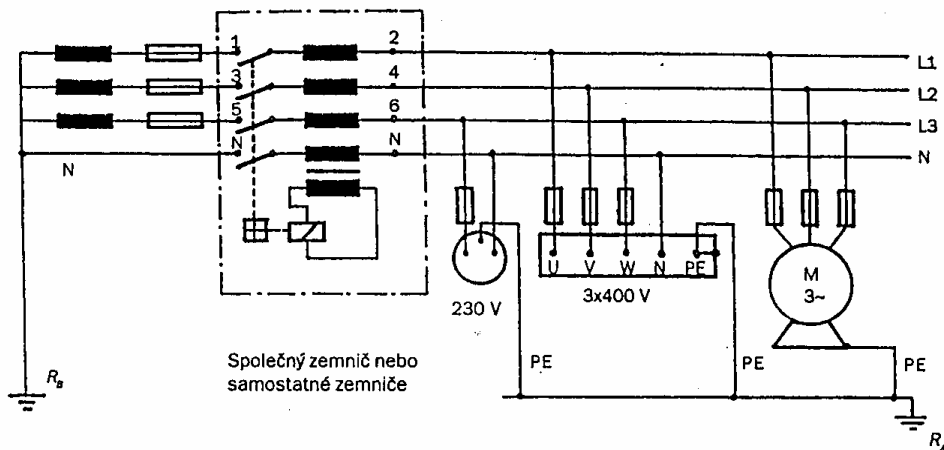
$$R_a \times I_{\Delta n} \leq 50 \text{ V} \quad (\Omega, \text{V}, \text{A}) \quad (2.1)$$

kde  $R_a$  je součet odporů v ohmech zemniče a ochranného vodiče k neživým částem ( $\Omega$ ),

$U_d$  - dovolené dotykové napětí (V),

$I_{\Delta n}$  - je jmenovitý reziduální vybavovací proud proudového chrániče (A)

Tato podmínka je prakticky nesplnitelná pro odběry s proudy  $I_n$  nad 16 A a na delších výběžcích sítě, kde je pak jedinou možností ochrany použití proudových chráničů.



Obr. 6 Ochrana odpojením vadné části proudovým chráničem v síti TT

## 2.6.2 Ochrana odpojením vadné části v sítích IT

Tyto sítě se používají pouze ve velmi omezených a přesně vymezených speciálních případech, např. v nemocničních budovách. Uzel 3-fázové sítě je izolovaný nebo uzemněný přes dostatečně vysokou impedanci. Toto spojení může být provedeno buď v nulovém nebo středním bodě sítě nebo v umělém nulovém bodě.

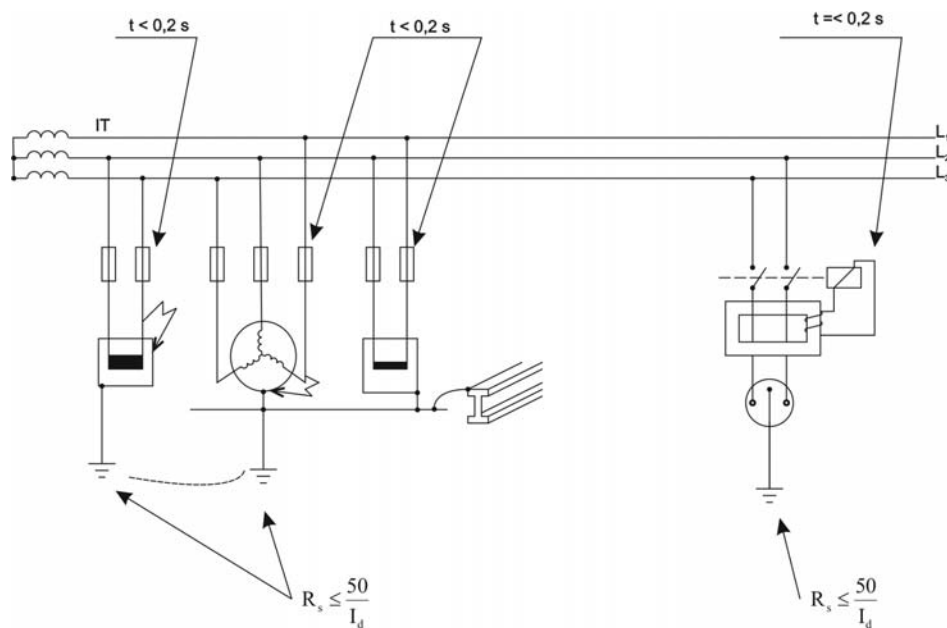
V případě jedné poruchy mezi živou a neživou částí nebo živou částí a zemí je poruchový proud malý a automatické odpojení se za předpokladu, že byla splněna podmínka 1.7.3 nevyžaduje. Musí být však provedena opatření, aby se zabránilo nebezpečí škodlivých patofyziologických účinků na osobu, která se dotýká současně přístupných neživých částí v případě, kdy dojde ke dvěma poruchám současně (tzv. zemní spojení).

Neživé části jsou pro tento případ chráněny před nebezpečným dotykem samostatným uzemněním každého spotřebiče, nebo po skupinách (Obr. 7) a ve střídavých sítích musí být splněny podmínky :

$$\text{- ve střídavých sítích } R_A \times I_D \leq 50 \text{ V} \quad (\Omega; \text{A}, \text{V}) \quad (2.2)$$

$$\text{- ve stejnosměrných sítích } R_A \times I_D \leq 120 \text{ V} \quad (\Omega; \text{A}, \text{V}), \quad (2.3)$$

kde  $R_A$  je součet odporů zemniče a ochranného vodiče k neživým částem ( $\Omega$ ) musí být takový, aby při vzniku druhé poruchy nevzniklo na chráněné části vyšší napětí než 50 V,  $I_D$  - je poruchový proud při první poruše o zanedbatelné impedanci mezi vodičem vedení a neživou částí (A).



Obr. 7 Ochrana odpojením vadné části v síti IT

Při dvoupólovém zemním spojení musí být v případě, že existuje společná uzemňovací soustava a nulový bod u střídavých sítí nebo střední bod u stejnosměrných sítí není vyveden, splněna podmínka:

$$2 \cdot I_a \times Z_S \leq U \quad (\Omega; V, A) \quad (2.4)$$

kde  $U$  je jmenovité střídavé nebo stejnosměrné napětí mezi vodiči (V),  
 $Z_S$  je impedance obsahující vodič vedení a ochranný vodič obvodu ( $\Omega$ ),

$I_a$  - proud, způsobující zapůsobení ochranného přístroje v čase požadovaném pro sítě TN podle Tab.11.

Doby stanovené v Tab.11 pro sítě TN platí pro sítě IT s vyvedeným i nevyvedeným nulovým nebo středním bodem. V síti IT mohou být pro monitorování, hlídání a ochranu použity následující přístroje: hlídače izolačního stavu (IMD), přístroje pro monitorování reziduálního proudu (RCM), systémy pro vyhledávání izolačních poruch, nadproudové ochranné přístroje, proudové chrániče (RCD).

### 2.6.3 Ochranné opatření: dvojitá nebo zesílená izolace

Toto ochranné opatření je určeno k tomu, aby zabránilo výskytu nebezpečného napětí na přístupných částech elektrických zařízení v důsledku poruchy základní izolace,

Dvojitá nebo zesílená izolace je ochranné opatření u něhož:

- základní ochrana* je zajištěna základní izolací a ochrana při poruše je zajištěna přídatnou izolací, nebo
- základní ochrana i ochrana při poruše* jsou zajištěny zesílenou izolací mezi nebezpečnými živými částmi a přístupnými částmi.

Jestliže se toto ochranné opatření má uplatnit jako jediné ochranné opatření (tj. tam, kde celá instalace nebo obvod je určen k tomu, aby obsahoval pouze zařízení s dvojitou nebo zesílenou izolací), musí se ověřit, že obvod nebo část instalace bude během normálního provozu

pod účinnou kontrolou tak, aby nebyla provedena žádná změna, která by mohla narušit účinnost tohoto ochranného opatření. Toto ochranné opatření proto nesmí být uplatněno v žádném obvodu, který obsahuje zásuvku a ve kterém by uživatel mohl bez oprávnění měnit jednotlivé elektrické předměty.

Pokud je ochranné opatření využívající dvojitě nebo zesílené izolace používáno v celé instalaci nebo v části instalace, musí elektrické zařízení splňovat podmínky uvedené v odstavci 2.6.3.1 nebo podmínky uvedené v odstavci 2.6.3.2 a zároveň splňovat podmínky uvedené v kapitole Kryty nebo podmínky uvedené v odstavci 2.6.3.3 a splňovat podmínky uvedené v kapitole Kryty.

### **2.6.3.1 Typové zkoušky a značení spotřebičů pro ochranné opatření dvojitě nebo zesílené izolace**

Elektrické zařízení, které má dvojitou nebo zesílenou izolaci musí být typově zkoušené a označené příslušnou značkou viz obr. 12 dle IEC 60417-5172:zařízení třídy ochrany II

### **2.6.3.2 Přídavná izolace a její vlastnosti**

Elektrické zařízení, které má pouze základní izolaci, musí být doplněno přídavnou izolací v průběhu výstavby (montáže) elektrické instalace. Podmínkou je, že bude zajištěn stupeň bezpečnosti ekvivalentní k bezpečnosti zařízení podle 2.6.3.1 a vyhovuje podmínkám uvedených v kapitole Kryty

### **2.6.3.3 Zesílená izolace a její vlastnosti**

Elektrické zařízení, které má neizolované živé části musí být v průběhu výstavby (montáže) doplněno zesílenou izolací, která zajišťuje stupeň bezpečnosti ekvivalentní k bezpečnosti zařízení podle 2.6.3.1 a vyhovuje podmínkám kapitoly Kryty

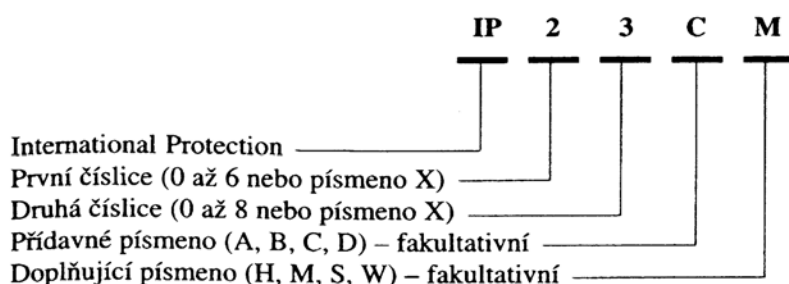
### **2.6.3.4 Kryty**

Dotyku s živými částmi zabraňují přepážky nebo kryty s dostatečnou stabilitou a trvanlivostí. Elektrická zařízení, jejichž vodivé části jsou od živých částí odděleny pouze základní izolací, musí být uzavřena v izolačním krytu zajišťujícím stupeň ochrany alespoň IP XXB nebo IP 2X (zařízení je chráněno před vniknutím prstu).

**Kryty** – (ČSN EN 60 529) jsou uváděny pod značkou IP XY (International Protection). Kód se uvádí na výrobních štítcích elektrických strojů, přístrojů a zařízení, Tab.12. První číslo X značí ochranu před vniknutím cizích předmětů, druhé číslo Y značí ochranu před vniknutím vody. Nepovinná písmena A,B,C,D, značí ochranu před nebezpečným dotykem hřbetem ruky, prstem, nástrojem, drátem, H-přístroj vn, M-pohyb během testu vodou, S-klid během testu vodou, W-vliv počasí.

*Tab.12 Druhy krytí podle ČSN-EN 60 529*

Druhá číslice	0	1	2	3	4	5	6	7	8
První číslice									
0	IP00	IP01							
1	IP10	IP11	<b>IP12</b>	IP13					
2	IP20	<b>IP21</b>	<b>IP22</b>	<b>IP23</b>					
3	IP30	IP31	IP32	IP33	IP34				
4	IP40	IP41	IP42	IP43	<b>IP44</b>				
5	IP50				<b>IP54</b>	<b>IP55</b>	<b>IP56</b>		
6						IP65	IP66	IP67	IP68



### 2.6.3.5 Prostředek základní ochrany (Zábrany a ochrana polohou)

V instalacích, ovládaných osobami znalými nebo poučenými, nebo které jsou pod dohledem těchto osob, je základní ochrana provedena *zábranami a polohou*. Zábrany brání neúmyslnému přiblížení těla k živým částem a nahodilému dotyku živých částí během činnosti pod napětím.

Ochrana polohou (umístěním mimo dosah) je určena pouze k tomu, aby bránila nahodilému dotyku živých částí.

## 2.7 Ochranné opatření elektrickým oddělením

Elektrické oddělení je ochranné opatření, u kterého je :

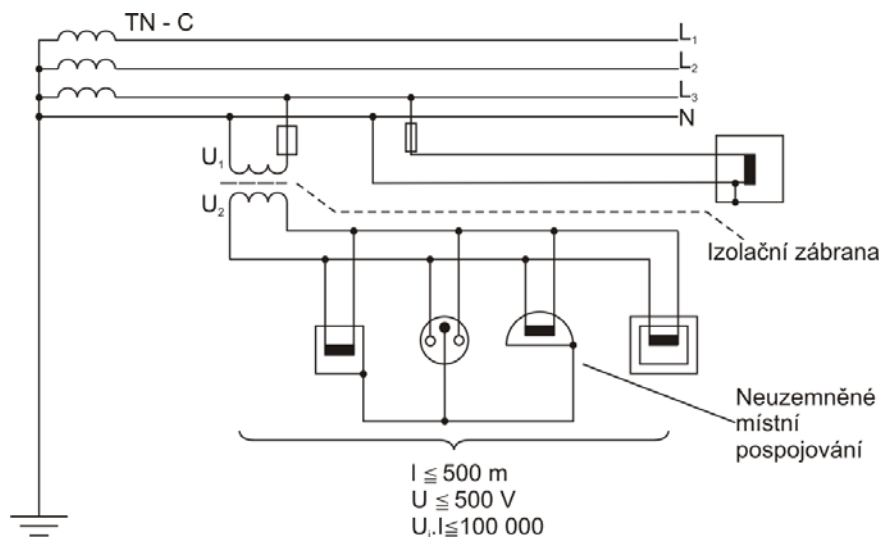
- *základní ochrana* zajištěna základní izolací živých částí nebo přepážkami a kryty,
- *ochrana při poruše* je zajištěna galvanickým oddělením chráněného obvodu od ostatních obvodů a od země.

Obvody chráněné elektrickým oddělením musí být napájeny ze zdroje alespoň s jednoduchým oddělením. Živé části obvodu nesmí být v žádném bodě spojeny s jiným obvodem, se zemí ani s ochranným vodičem.

Základním principem této ochrany je přeměnit soustavu s uzemněným uzlem zdroje na soustavu izolovanou, *Obr. 8*. Oddělený obvod smí pracovat s napětími až 500 V, délka rozvodu nemá být delší než 500 m. Oddělený obvod smí napájet i více spotřebičů, musí však splňovat následující základní podmínky:

- živé části odděleného obvodu se nesmí v žádném bodě spojit s jiným obvodem ani se zemí ani s ochranným vodičem. Od nich má být oddělen izolační bariérou stejné úrovně, jakou má napájecí transformátor mezi vstupním a výstupním vinutím,

- Neživé části oddělených obvodů nesmí být spojeny s ochranným vodičem ani s neživými částmi ostatních obvodů ani se zemí. Neživé části odděleného obvodu včetně ochranných kolíků zásuvek musí být navzájem spojeny izolovanými vodiči neuzemněného pospojování.



Obr. 8 Podmínky ochrany elektrickým oddělením

## 2.8 Ochranné opatření: ochrana malým napětím SELV a PELV

Ochrana malým napětím je ochranné opatření, které používá jednu ze dvou různých sítí malého napětí s označením SELV nebo PELV.

Toto ochranné opatření vyžaduje:

- omezení napětí v síti SELV nebo PELV na AC 50 V a DC 120 V, tak aby se živých a neživých částech takto chráněných obvodů neobjevilo napětí vyšší než bezpečné viz Tab.13,
- ochranné oddělení sítě SELV nebo PELV mají od všech ostatních sítí jiných než SELV a PELV základní izolaci mezi sítí SELV nebo PELV a ostatními sítěmi SELV nebo PELV,
- pouze u sítí SELV základní izolaci mezi sítí SELV a zemí.

Jako zdroje pro sítě SELV a PELV se mohou použít bezpečnostní ochranné transformátory, které odpovídají normě EN 61558-2-6, tzn. že vyhovují přepět'ové zkoušce mezi primárním a sekundárním vinutím transformátoru o velikosti 4,2 kV a tento transformátor je označen grafickou značkou:



Obr. 9 Grafická značka bezpečnostního ochranného transformátoru

Dále je možné použít proudové zdroje - motorgenerátor, elektrochemické zdroje – baterie a mobilní zdroje napájené nízkým napětím.

Obvody SELV a PELV musí mít:

- základní izolaci mezi živými částmi a ostatními obvody SELV a PELV a
- ochranné oddělení od živých částí obvodů, které nejsou SELV nebo PELV, které je zajišťováno dvojitou nebo zesílenou izolací a ochranným stíněním, odpovídajícím nejvyššímu napětí v obvodu

Sítě SELV musí mít mezi živými částmi a zemí základní izolaci, PELV a/nebo neživé části zařízení napájených z obvodů PELV mohou být uzemněny.

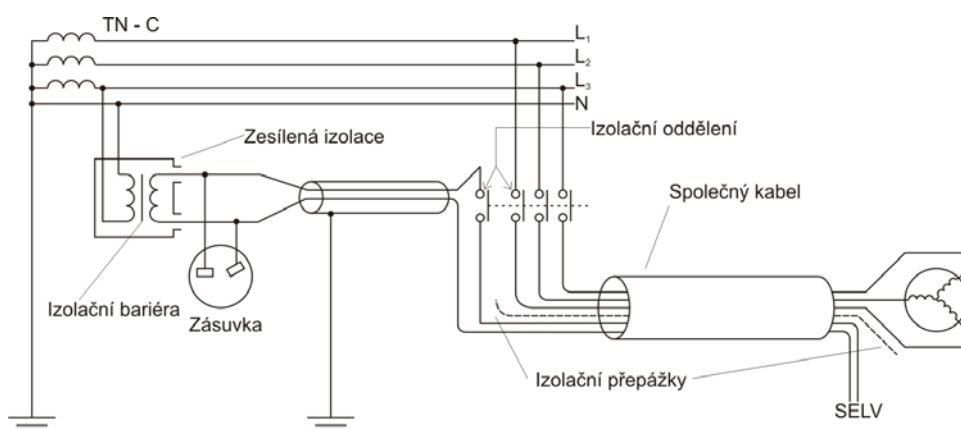
Tyto sítě jsou zvlášť dokonale chráněny před proniknutím cizích napětí, nejčastěji se využívají u zdravotnických přístrojů, kde přicházejí do styku s tělem pacienta (Obr. 10).

Tab.13 Bezpečná jmenovitá napětí s ohledem na členění prostorů a na způsob dotyku

Prostory	Dochází-li při obsluze k dotyku části zařízení	Nejvyšší bezpečná malá napětí živých částí	
		Střídavá (V)	Stejnoseměrná (V)
Normální i nebezpečné	Živých	25	60
	krytů *	50	120
Zvlášť nebezpečné	Živých	-	-
	krytů *	12	25 (30)

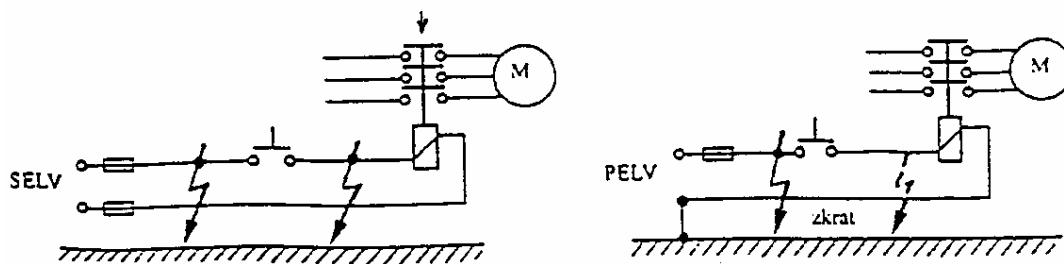
\* rozumí se krytů izolovaných od živých částí

V prostorách zvlášť nebezpečných není již možné použít ochranu živých částí pomocí bezpečného napětí jako základní ochranu. Základní ochrana se nevyžaduje, jestliže jmenovité napětí sítě SELV a PELV nepřesahuje 12 V střídavého nebo 25 V stejnosměrného napětí. Jestliže jmenovité napětí překračuje AC 25 V nebo DC 60 V nebo je zařízení ponořeno musí být základní ochrana zajištěna izolací nebo přepážkami a kryty.



Obr. 10 Elektrické oddělení v síti SELV

Sítě PELV mají stejné provedení jako SELV, ale jsou jednopólově uzemněné z provozních důvodů (ovládací obvody pracovních strojů, Obr. 11). Živé části obvodu smějí být nekruté jen do napětí 6 V střídavých a neživé části musí být pospojovány.



Obr. 11 Užití obvodu PELV

## 2.9 Funkční malé napětí (FELV)

Jestliže se z funkčních důvodů používá napětí, které není vyšší než 50 V střídavých nebo 120 V stejnosměrných a pokud nejsou zapotřebí sítě SELV a PELV, pro zajištění ochrany základní i při poruše se přijme soubor opatření označený jako FELV.

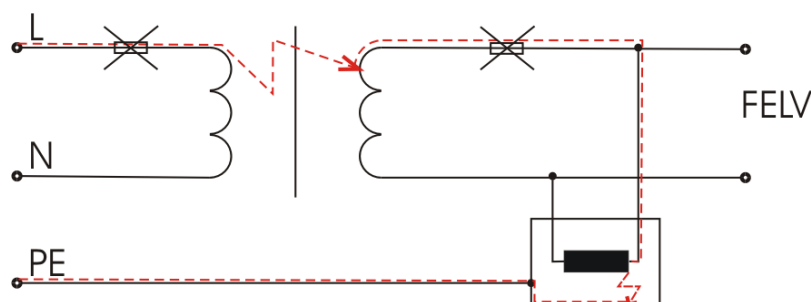
Základní ochrana v obvodu FELV musí být zajištěna buď základní izolací, nebo přepážkami a kryty.

Ochrana při poruše je zajištěna tím způsobem, že neživé části zařízení obvodu FELV musí být spojeny s ochranným vodičem vstupního obvodu zdroje. Při tom se předpokládá, že vstupní obvod je chráněn automatickým odpojením od zdroje. Zdrojem sítě FELV musí být buď transformátor alespoň s jednoduchým oddělením vinutí nebo transformátor vyhovující obvodům SELV a PELV.

Vidlice a zásuvky pro obvody FELV musí vyhovět následujícím požadavkům:

- Vidlice nesmí být možno zasunout do zásuvek sítí o jiných napětích,
- Do zásuvek FELV nesmí být možno zasunout vidlice o jiných napětích,
- Zásuvky napájející obvody FELV musí mít ochranný kontakt.

Typické uspořádání obvodu FELV a princip ochrany při poruše je uveden na Obr. 12



Obr. 12 Typické uspořádání obvodu FELV

## 2.10 Doplnková ochrana

Doplňková ochrana – může být určena jako součást ochranných opatření za určitých podmínek vnějších vlivů a v určitých zvláštních prostorách. Doplnkovou ochranou rozumíme:

- Doplňkovou ochranu proudovými chrániči
- Doplňující ochranné pospojování

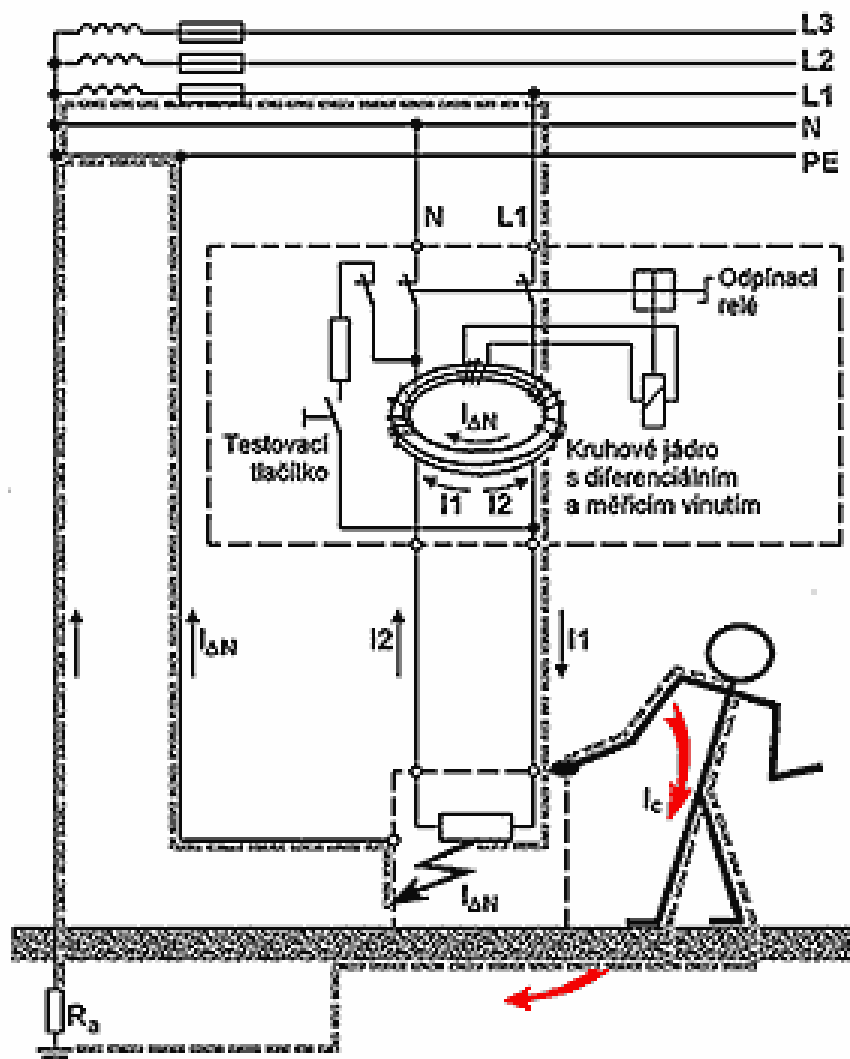
### 2.10.1 Doplňková ochrana proudovými chrániči

Proudový chránič je zařízení, které reaguje na vzniklou změnu ve chráněném obvodu, jeho princip byl prezentován již v roce 1928 a slouží k ochraně živých bytostí. Pokud dojde ke vzniku nadproudu v pracovních vodičích, proudový chránič nevyhodnotí tento poruchový stav jako chybu, a proto proudových chránič v žádném případě nejistí elektrický proud před nadproudy (přetížení, zkrat apod.). Základní princip je založen na definici prvního Kirchhoffova zákona, který říká, že součet proudů od uzlu vstupujících se rovná součtu proudů z uzlu vystupujících. Proudový chránič je elektrický ochranný prvek, který detekuje a vyhodnocuje reziduální (rozdílový) proud v pracovních vodičích obvodu a vypíná obvod při překročení hodnoty reziduálního proudu, pro který je vodič nastaven.

Proudový chránič se skládá ze čtyř základních funkčních prvků, kterými jsou součtový transformátor, velmi citlivé vybavovací relé, spínací mechanismus a testovací tlačítko viz *Obr. 13*.

Za normálních pracovních podmínek bez poruchy je vektorový součet proudů ve všech pracovních vodičích (fázových a středního) roven nule a v sekundárním vinutí součtového transformátoru se neindukuje žádné napětí. Jestliže dojde za chráničem ke vzniku proudu tekoucího z fázového vodiče do země, vznikne mezi porovnávanými proudy rozdíl. Tento rozdíl proudů (reziduální proud) indukuje v sekundárním vinutí transformátoru napětí, které pomocí vybavovacího relé uvede do činnosti spínací mechanismus a dojde k rychlému odpojení chráněného obvodu od sítě.

Důležitou a základní podmínkou pro bezpečnou funkci chrániče je, že jeho obvodem ke spotřebiči musí procházet všechny pracovní vodiče (L1, L2, L3, N). Součástí chrániče je i zkušební (testovací tlačítko), pomocí kterého může obsluha chráněného elektrického zařízení vyzkoušet funkci chrániče bez použití měřicího přístroje. Předřazený odpor, který je zařazen do série před testovací tlačítko, má takovou hodnotu, aby simulovaný rozdílový proud dosáhl hodnoty jmenovitého reziduálního proudu.



Obr. 13 Princip proudového chrániče

Norma ČSN 33 2000-4-41 uvádí, že doplňková ochrana *proudovými chrániči* jejichž jmenovitý vybavovací reziduální proud nepřesahuje 30 mA se používá ve střídavých sítích, pro případ selhání opatření základní ochrany nebo ochrany při poruše nebo při neopatrnosti uživatelů.

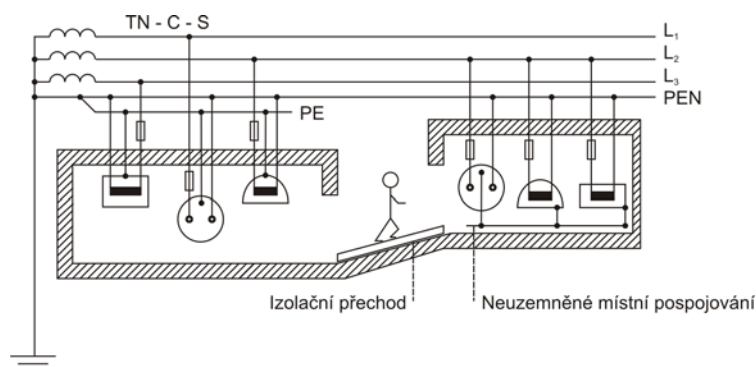
Ve střídavé síti musí být doplňková ochrana proudovými chrániči provedena u všech zásuvek, jejichž jmenovitý proud nepřekračuje 20 A, které jsou užívány laiky (osobami bez elektrotechnické kvalifikace) a jsou určeny pro všeobecné použití. Výjimku mohou tvořit zásuvky určené k použití pod dozorem osoby znalé nebo poučené, např. v některých komerčních nebo průmyslových provozech nebo zvláštní zásuvky určené pro připojení speciálního druhu zařízení, kde by nežádoucí vypnutí mohlo způsobit značné škody jako např. zásuvky kancelářské a výpočetní techniky, nebo zásuvky chladírenské techniky.

Doplňková ochrana proudovými chrániči musí být provedena také u mobilních zařízení určených pro venkovní použití, jejichž jmenovitý proud nepřesahuje 32 A

## 2.10.2 Doplnující ochranné pospojování

Doplňková ochrana *doplňující ochranné pospojování* je založena na propojení všech vodivých neživých částí v objektu. Účelem této ochrany je při poruše vyrovnat pospojováním případné různé potenciály neživých částí i cizích vodivých částí, které jsou přístupné současnému dotyku, na stejnou úroveň. Má využití u speciálních zařízení, která z funkčních důvodů nesmějí být spojena se zemí, nebo v prostorech s nevodivým okolím, *Obr. 14*.

Doplňující ochranné pospojování musí zahrnovat všechny neživé části upevněných zařízení současně přístupné dotyku a cizí vodivé části včetně hlavních kovových armatur železobetonu. Systém ochranného pospojování musí být spojen s ochrannými vodiči všech zařízení včetně zásuvek.



*Obr. 14 Ochrana neuzemněným místním pospojováním*

## 2.11 Použití ochran

Ochrana před úrazem elektrickým proudem v případě poruchy (ochrana před nebezpečným dotykem neživých částí) se nemusí provádět u těchto zařízení:

- konzoly pro upevnění izolátoru venkovního vedení a s nimi spojených kovových částí, pokud jsou mimo dosah ruky,
- ocelí vyztužených betonových sloupů, jejichž ocelová výztuž není přístupná,
- neživé části, které pro své omezené rozměry (přibližně 50 x 50 mm) nebo pro své umístění nemohou být uchopeny, nebo se jich části lidského těla nemohou dotýkat na velké ploše, přičemž spojení těchto částí s ochranným vodičem by bylo buď obtížné nebo nespolehlivé (např. nýty, štítky, kabelové příchytky),
- kovové trubky a ostatní kovové kryty chránící zařízení třídy II nebo chránící zařízení s rovnocennou izolací.

Ochrany před úrazem elektrickým proudem, používané jako základní, mají řadu technických nedokonalostí:

- omezení velikosti příkonu spotřebiče hodnotou zemního odporu  $R$  a impedance vypínací smyčky  $Z$ ,
- při větších hodnotách  $R$  nebo impedance smyčky  $Z$  v místě poruchy se objeví na neživých částech nebezpečné dotykové napětí. Jestliže je poruchový proud nižší než vypínací proud předřazené pojistky, trvá dlouhou dobu, než vypne předřazená pojistka nebo jistič. Po tuto dobu se vyskytuje nebezpečné dotykové napětí na neživých částech,

- pokud dojde neodborným zásahem k záměně pojistek za vyšší jmenovité hodnoty, nemusí dojít k vypnutí poruchy v předepsaném čase.

Při ochraně v sítích TN-C může dojít k zavlečení fázového napětí na neživé části:

- při záměně PEN vodiče s fázovým,
- při náhodném přerušení PEN vodiče.

Ochrany v sítích TN nechrání při přímém dotyku osoby se živou částí elektrického zařízení. Uvedené nedostatky v sítích TT a TN odstraňují proudové chrániče. Proudové chrániče jsou v určitých případech povinně předepisovány, případně doporučovány. Jejich nasazením v širokém měřítku se předpokládá výrazné zvýšení míry bezpečnosti elektrického zařízení.

## 2.12 Terapeutické užití elektrického proudu

### 2.12.1 Terapeutické užití stejnosměrného proudu

Jestliže je organizmus vystaven léčebným účinkům stejnosměrného proudu při galvanoterapii a iontoforéze, je omezujícím faktorem hustota proudu, která by měla být  $\leq 0,3 \text{ mA/cm}^2$ .

Elektrický výboj - krátce trvajícím impulsem se jeví jako by obsahoval i frekvence střídavého proudu. Impuls s nejvyšším terapeuticky používaným proudem se využívá při defibrilaci, kdy se dvě plošné elektrody přikládají na hrud' pacienta tak, aby srdeční sval ležel v oblasti nejvyššího účinku proudu. Elektrody jsou v defibrilačním přístroji napojeny na kondenzátor, který se vybije přes tělo pacienta, dochází k vysokonapěťovému výboji - impulzu v organizmu.

Impulzoterapie je společný název pro defibrilaci a kardioverzi. Defibrilace je zákrok při fibrilaci komor s vitální indikací. Kardioverze je zákrok při jiných poruchách srdečního rytmu, diagnostikovaných pomocí EKG při síňových poruchách a komorové tachykardii (příliš rychlé akci srdečních komor). Základní charakteristikou dávky při impulzoterapii je celková dodaná energie, pohybující se v rozmezí  $50 \div 400 \text{ J}$  (joule). Dodaná energie je úměrná druhé mocnině napětí nabitého kondenzátoru:  $E = 0,5 \cdot C \cdot U^2$ , kde E je energie v joulech, C kapacita kondenzátoru ve faradech, U napětí ve voltech.

Příklad: výboj o energii  $202,5 \text{ J}$  lze získat při napětí na kondenzátoru  $20 \mu\text{F}$  a napětí  $U = 4,5 \text{ kV}$ .

### 2.12.2 Terapeutické využití střídavého proudu

Malé hodnoty střídavého proudu se využívají v diatermii a faradizaci (a při tzv. interferenčních proudech). Nejvyšší dávky střídavého proudu ( $150 \div 500 \text{ mA}$ ) se používají při elektrošokové (elektrokonvulzivní) terapii v psychiatrii. Potenciální škodlivé účinky této terapie jsou zmírňovány anestetiky (potlačení vnímání bolesti), vyloučení záznamu zákroku do paměti a vědomí pacienta, analgetiky (potlačení bolesti) a myorelaxancií (zrušení traumatických účinků křečových svalových stahů).

Omezení lokálního škodlivého účinku elektrického proudu je dosaženo použitím plošných elektrod snižujících riziko lokálního poškození kůže. Výjimkou je elektrokauterizace (elektrické řezání tkáně) vysokofrekvenčním střídavým proudem v chirurgii, kde je tepelná nekrotizace určené tkáně cílem.

Bodové elektrody jsou použity také při cílené elektrické stimulaci, kdy jsou hodnoty proudu několikanásobně nižší než při elektrokauterizaci. Stimulace se používá pro vyvolání svalových reflexů (neurologie, foniatrie), při peroperační stimulaci (neurochirurgie, epileptologie) nebo při aplikaci chronických stimulačních implantátů (pacemakery, kochleární implantáty, hluboké mozkové implantáty při léčbě parkinsonismu a další stimulatory).

## 2.13 První pomoc při úrazu elektrickým proudem

Účinky elektrického proudu na živý organizmus jsou:

1. *tepelné* – projevující se popáleninami různých stupňů,
2. *fyziologické* - doprovázené svalovými křečemi,
3. *elektrochemické* - živý organizmus je elektrolytem, který se rozkládá průtokem elektrického proudu.

*Charakteristické účinky* pro jednotlivé druhy elektrického proudu:

**střídavý proud nn**- svalové křeče, fibrilace srdce, poruchy krevního oběhu a dýchání, bezvědomí,

**střídavý proud vn, vvn** - těžké popáleniny, zpravidla způsobí smrt,

**stejnoseměrný proud** - popáleniny, rozklad tkániva a krve (elektrolýza),

**vysokofrekvenční proud** - těžké, dlouhodobě se hojící popáleniny.

Na velikost úrazu elektrickým proudem má vliv celá řada okolností: velikost napětí, frekvence, druh a velikost proudu (stejnoseměrný, střídavý), doba trvání dotyku, cesta elektrického proudu tělem, fyzický a psychický stav člověka (odpor těla), druh prostředí apod. Proto je třeba při úrazu elektrickým proudem kvalifikovaně a rychle zasáhnout, aby následky mohly být co nejvíce omezeny.

Postup při poskytování první pomoci:

- vyprostit postiženého z dosahu elektrického proudu,
- pokud postižený nedýchá, je třeba okamžitě začít s umělým dýcháním,
- když není hmatný tep, provádět vnější masáž srdce,
- co nejrychleji přivolat lékaře,
- informovat vedoucího pracoviště.
- 

V uvedených případech je možno předpokládat, že celková impedance působící proti průchodu elektrického proudu na dráze živá část → lidské tělo → země je- v prostorách normálních i nebezpečných:

- ve výjimečném případě dotyku neživých částí, které jsou pod napětím při poruše, je celková impedance složena z impedance 1000  $\Omega$  (impedance podlahy a obuvi) a z

impedance lidského těla mezi oběma rukama a oběma nohama  $750 \Omega$ , celkem  $1750 \Omega$ . Za předpokladu proudu  $30 \text{ mA}$  (nemá vážné následky na zdraví), pak vychází velikost dotykového napětí  $52,5 \text{ V}$  a člověku neublíží.

- při úmyslném dotyku živých částí se předpokládá proud  $15 \text{ mA}$  (lze se vymanit z dosahu proudu), impedance lidského těla  $750 \Omega$ , dotykové napětí je pak  $26,25 \text{ V}$ .

V prostorách zvláště nebezpečných se předpokládá impedance lidského těla  $1,2 \text{ k}\Omega$ , lidským tělem protéká proud  $10 \text{ mA}$  a dotykové napětí je  $12 \text{ V}$ .

Takto se podle Ohmova zákona odvodí i velikost stejnosměrných bezpečných napětí.

### 3 Ochranné prostředky elektrických zařízení

#### 3.1 Koordinace elektrického zařízení a ochranných prostředků v elektrické instalaci

Ochrany přenosných elektrických spotřebičů je dosaženo kombinací konstrukčního uspořádání zařízení a přístrojů. Spolu se způsobem instalace zařízení může být zařazeno do několika tříd ochrany, Tab.14, Obr. 16.

##### Zařízení třídy ochrany 0

Má jen základní izolaci na základní ochranu, nemá ochranu při poruše. V ČR se nesmí používat.

##### Zařízení třídy ochrany I

Má základní izolaci jako základní ochranu, při poruše chráněno ochranným pospojováním.

##### Zařízení třídy ochrany II

Zařízení se základní izolací jako základní ochranou a přidavnou izolací jako ochranou při poruše nebo může být ochrana základní i při poruše zajištěna zesílenou izolací.

Zařízení třídy ochrany II musí být opatřeno grafickou značkou umístěnou v blízkosti informace o napájení, např. na štítku se jmenovitými hodnotami. Zařízení třídy ochrany II jsou vyráběna průmyslově a označována symbolem podle Obr. 15.



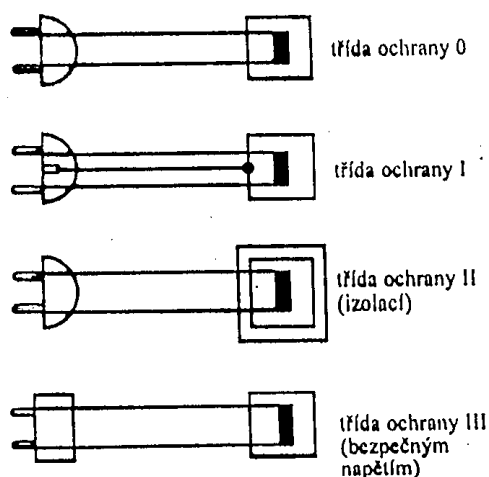
Obr. 15 Symbol pro elektrická zařízení třídy ochrany II

##### Zařízení tř. ochrany III

Prostředkem základní ochrany je omezení napětí na hodnoty ELV, bez ochrany při poruše. Může být připojeno na napětí  $\leq \text{AC } 50 \text{ V}$  nebo  $\text{DC } 120 \text{ V}$  bez zvlnění, tedy pouze k sítím SELV a PELV, Tab.14.

Tab.14 Použití zařízení v nízkonapěťové instalaci

Třída zařízení	Označení zařízení nebo návody	Podmínky pro připojení zařízení k instalaci
Třída ochrany 0	- pouze pro použití v nevodivém okolí, nebo - chráněno elektrickým oddělením	Nevodivé okolí
		Elektrické oddělení zajištěné samostatně pro každé zařízení
Třída ochrany I	Označení ochranné svorky značkou nebo písmeny PE nebo barevnou kombinací zelená-žlutá	Připojení této svorky k ochrannému pospojování instalace
Třída ochrany II	Označení značkou dvojitý čtverec	Nespoléhá se na žádné ochranné prostředky instalace
Třída ochrany III	Označení značkou - římská číslice III v kosočtverci	Připojení pouze k síti SELV nebo PELV



Obr. 16 Třídy ochrany přenosných elektrických spotřebičů

### 3.1.1 Dotykové proudy, proudy ochranným vodičem, unikající proudy

Tento článek se uplatňuje pouze na nízkonapěťové instalace, sítě a zařízení. Přístupné části, pokud se jich někdo dotkne, nesmí být příčinou nebezpečné situace.

V instalacích a zařízeních se musí zabránit, aby nadměrné proudy ochranným vodičem ohrozily bezpečnost nebo normální použití elektrické instalace. Pro proudy všech frekvencí v zařízení musí být zajištěna kompatibilita. Maximální hodnoty střídavých proudů v ochranných vodičích pro elektrická zařízení připojovaná zásuvkovým spojením s jednofázovou nebo vícefázovou vidlicí v zásuvkovém systému na jmenovité hodnoty do 32 A včetně udává Tab.15.

Účinky unikajícího proudu se v této normě neuvažují.

Tab.15 Maximální hodnoty AC proudů v ochranných vodičích v zařízeních s proudem do 32 A

Jmenovitý proud zařízení	Maximální proud ochranným vodičem
$\leq 4$ A	2 mA
$> 4$ A ale $\leq 10$ A	0,5 mA/A
$> 10$ A	5 mA

Hodnoty pro elektrická zařízení určená k trvalému připojení a nepřenosná nebo elektrická zařízení připojovaná pomocí jedno nebo víceřázkové vidlice pro zásuvkový systém na jmenovité hodnoty vyšší než 32 A udává Tab.16.

Tab.16 Maximální hodnoty AC proudů v ochranných vodičích v zařízeních s proudem nad 32 A

Jmenovitý proud zařízení	Maximální proud ochranným vodičem
$\leq 7$ A	3,5 mA
$> 7$ A ale $\leq 20$ A	0,5 mA/A
$> 20$ A	10 mA

Při normálním použití nesmějí zařízení na střídavý proud v ochranném vodiči generovat proud se stejnosměrnou složkou, která by mohla ovlivnit správnou funkci proudového chrániče nebo jiných spotřebičů.

### 3.1.2 Bezpečné a mezní vzdálenosti a výstražné nápisy pro vysokonapěťové instalace

Instalace musí být navržena tak, aby přístup do zón nebezpečí byl omezen. Pro znalé a poučené osoby musí být umožněn přístup pro práci a údržbu. Pokud není možno dodržet bezpečné vzdálenosti, musí být instalováno trvalé ochranné příslušenství s přesně stanovenými hodnotami:

- vzdálenosti přepážek,
- vzdálenosti zábran,
- vnějšího oplocení a přístupových dveří,
- nejmenší výšky a vzdálenosti od přístupových prostorů,
- vzdálenosti od budov.

Na všech přístupových dveřích, oploceních, přepážkách a stožárech venkovního vedení atd. musí být viditelně umístěny výstražné tabulky.

### 3.2 Zvláštní podmínky provozu a údržby

Přístroje pro odpojování musí účinně odpojit příslušný obvod ode všech živých napájecích vodičů. Poloha kontaktů v odpojené poloze musí být vně přístroje viditelná nebo musí být jasně a spolehlivě indikována.

### 3.2.1 Přístroje pro odpojování nízkého napětí

Účinně odpojují příslušný obvod ode všech živých napájecích vodičů včetně nulových. Při ovládání přístrojů nebo při vyměňování součástí laiky musí být zachována ochrana před jakýmkoli dotykem nebezpečných živých částí. Ochrana před nahodilým dotykem nebezpečných živých částí musí být zajištěna tam, kde nejsou žádné přepážky nebo kryty nebo přepážky jsou určeny k tomu, aby je pro dosažení přístupu k přístrojům vyžadujícím ruční ovládání nebo k součástkám vyžadujícím ruční výměnu odejmuly osoby znalé nebo poučené. Zařízení musí být vhodně namontováno, musí k němu být volná přístupová cesta a prostor potřebný pro jeho ovládání. Pokud není přístupový prostor dostatečný, musí být použity zábrany na ochranu před neúmyslným dotykem. Po odpojení trvá určitou dobu u některých živých částí zbytkový náboj (kondenzátory).

V sítích TN-S se nulový vodič odpojovat nemusí. Přístroje vhodné pro odpojování musí vydržet mezi svorkami napájecího a napájeného napětí impulsní výdržné napětí a dodržet hodnoty unikajících proudů.

### 3.2.2 Přístroje pro odpojování vysokého napětí

Všechny části odpojené od hlavního obvodu musí být uzemněné a splňovat i zvláštní požadavky, např. na umístění. Musí se uvážit i doplňující namáhání při zkratu, atmosférická a spínací přepětí i vnější vlivy a zabránit změně polohy ze „zapnuto“ na „vypnuto“. Izolační hladiny jmenovitého impulsního výdržného napětí na odpojovací vzdálenost musí být vyšší než pro izolaci vodič-vodič nebo vodič-země.

## 4 Obsluha a práce na elektrických zařízeních

### 4.1 Rozsah platnosti

Obsluhou a prací na elektrických zařízeních se zabývá ČSN EN 50 110-1 ed.2 Obsluha a práce na elektrickém zařízení (2005). Tato norma platí pro obsluhu a práci na elektrických zařízeních, s elektrickými zařízeními nebo v jejich blízkosti, s napětím od malých po vysoká.

ČSN EN 50110-1 ed.2:2005 (nahrazuje zrušenou ČSN 34 3100) neobsahuje ve svých člancích konkrétní postupy a způsob zajištění bezpečnostních opatření pro práci na elektrických zařízeních nebo v blízkosti živých částí. Stanovuje základní požadavky, které musí být dodrženy, aby práce na elektrických zařízeních u všech napěťových hladin a za všech okolností, které se při ní mohou vyskytnout, byla bezpečná.

Elektrická zařízení jsou určena pro výrobu, přenos, přeměnu, rozvod a užití elektrické energie. Některá jsou stálá a pevná, některá dočasná, jiná mobilní nebo schopná převozu. Bud' jsou pod napětím nebo bez napětí a bez náboje.

Tato norma stanovuje požadavky na bezpečnou obsluhu elektrických zařízení a práci na nich nebo v jejich blízkosti. Požadavky normy se týkají obsluhy, práce a údržby. Platí pro veškerou neelektrickou pracovní činnost i pracovní činnost na elektrických zařízeních tam, kde existuje elektrické riziko.

Norma neplatí pro laiky, používající instalace a zařízení za předpokladu, že tyto instalace a zařízení odpovídají příslušným normám a jsou k používání laiky navrženy a instalovány.

V členských státech Evropské unie může „národní legislativa“ obsahovat přísnější požadavky, než jsou minimální požadavky ČSN EN 50110-1. V ČR se jedná např. o tyto technické předpisy:

- Nařízení vlády č.101/2005 Sb. - podrobnější požadavky na pracoviště a pracovní prostředí,
- Nařízení vlády č. 17/2003 Sb. - technické požadavky na elektrická zařízení nízkého napětí,
- Nařízení vlády č.24/2003 Sb. - technické požadavky na strojní zařízení,
- Vyhláška č. 48/1982 Sb. Českého úřadu bezpečnosti práce - základní požadavky k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení,
- Vyhláška č.50/1978 Sb. ČÚ Bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o odborné způsobilosti v elektrotechnice.

#### 4.1.1 Definice

Vzhledem k velkému množství jsou zde uvedeny pouze některé definice z ČSN EN 50110-1 ed.2. Pro nedefinované termíny platí mezinárodní elektrotechnické slovníky. Nejpoužívanější všeobecné termíny:

- *elektrické zařízení* - zařízení určená pro výrobu, přenos, přeměnu, rozvod a užití elektrické energie (zahrnuje i baterie, kondenzátory a další zdroje akumulované energie),
- *obsluha a práce* -zahrnuje všechny pracovní činnosti nutné k uvedení elektrického zařízení do chodu (spínání, ovládání, monitorování, údržba, práce),
- *práce na elektrickém zařízení* - výstavba, montáž, revize a údržba elektrického zařízení,
- *práce podle pokynů* - práce, pro kterou jsou dány jen nejnutnější pokyny. Za dodržování bezpečnostních předpisů odpovídají pracující osoby samy,
- *práce s dohledem* - provádí se podle podrobnějších pokynů. Osoba provádějící dohled se před zahájením práce přesvědčí, zda jsou provedena nutná bezpečnostní opatření, během práce pak bezpečnostní předpisy. Za dodržování bezpečnostních předpisů odpovídají osoby samy,
- *práce pod dozorem* - provádí se za trvalé přítomnosti osoby, pověřené dozorem, která je odpovědná za dodržování bezpečnostních předpisů,
- *elektrické riziko* - zdroj možného zranění nebo poškození zdraví působením elektrické energie z elektrického zařízení,
- *elektrické nebezpečí* - riziko zranění od elektrického zařízení,
- *vedoucí práce* - pověřená osoba s konečnou zodpovědností za pracovní činnosti,
- *osoba odpovědná za elektrické zařízení* - pověřená osoba s konečnou zodpovědností za stav a provoz elektrického zařízení. Některé odpovědnosti mohou být přeneseny i na jiné osoby.
- *osoba znalá* osoba s odpovídajícím vzděláním, znalostmi a zkušenostmi, umožňující jí vyvarovat se nebezpečí a vyhodnotit rizika, způsobená elektřinou. O tom, jaké činnosti může osoba znalá vykonávat, rozhodne osoba odpovědná za elektrické zařízení na základě odborné způsobilosti (kvalifikace) této osoby podle vyhlášky ČÚBP č. 50/1978 Sb.,
- *osoba poučená* osoba prokazatelně poučená osobami znalými jak se vyvarovat nebezpečí, které může vytvořit elektřina,
- *osoba seznámená* -osoba, která není ani znalá ani poučená,
- *pracoviště* prostor vymezený pro práci,
- *ochranný prostor* - prostor okolo živých částí, ve kterém není při zasahování nebo vstupování do něho bez ochranných opatření zajištěna izolační hladina k odvrácení elektrického nebezpečí,
- *zóna přiblížení* - vymezený prostor vně ochranného prostoru,

- *pracovní činnost* - každá práce na elektrickém zařízení nebo neelektrická práce, při které se může vyskytnout elektrické riziko,
- *práce na elektrickém zařízení* - práce na elektrickém zařízení nebo v jeho blízkosti (zkoušení a měření, oprava, výměna, údržba, úprava, montáž a revize),
- *práce pod napětím* - práce, při které se osoba vědomě dostává do styku s živými částmi nebo zasahuje do ochranného prostoru částmi těla, náradím, vybavením,
- *práce v blízkosti živých částí* - pracovní činnost, při níž zasahuje osoba částmi svého těla, náradím a jinými předměty do zóny přiblížení, aniž by zasahovala do ochranného prostoru,
- *malé napětí (ELV extra-low voltage)* - do AC 50 V nebo DC 120 V u nezvlněného stejnosměrného proudu mezi vodiči nebo mezi vodiči a zemí, zahrnuje sítě SELV, PELV a FELV.

## 4.2 Základní principy

### 4.2.1 Bezpečná obsluha a práce

Před zahájením jakékoli práce na elektrickém zařízení nebo jeho obsluhy, musí být provedeno hodnocení elektrického rizika. Podle něj musí být stanoveno, jakým způsobem musí být vykonávána práce nebo obsluha a jaká opatření musejí být pro zajištění bezpečnosti provedena.

### 4.2.2 Osoby

Odpovědnost za bezpečnost osob zapojených do pracovní činnosti musí být v souladu s národní legislativou. Osoby, vykonávající práci na elektrickém zařízení, s ním nebo v jeho blízkosti, musí být školeny z bezpečnostních předpisů a místních pracovních předpisů týkajících se jejich práce.

Osoby musí nosit oděv vhodný pro místo a podmínky, kde pracují, včetně používání osobních ochranných prostředků (OOP).

Vedoucí práce musí poučit všechny osoby zapojené do pracovní činnosti o nebezpečí, které není okamžitě zřejmé.

Národní legislativa může stanovit minimální věk a kritéria pro kvalifikaci osob. Kritéria pro vyhodnocení kvalifikace, která musí být dodržena:

- elektrotechnické vzdělání,
- zkušenosti s prací na elektrických zařízeních,
- znalost zařízení na kterém se pracuje a praktické zkušenosti s takovou prací,
- znalost o náhodných poruchách, které se mohou vyskytnout v průběhu práce,
- schopnost posouzení situace, zda je možné bezpečně pokračovat v práci.

### 4.2.3 Organizace

Pro každé elektrické zařízení musí být určena osoba odpovědná za elektrické zařízení. Osobám seznámeným musí být omezen přístup ke všem místům, kde se vyskytuje elektrické riziko.

Za každou prováděnou činnost zodpovídá vedoucí práce. Aby bylo možné na zařízení pracovat, musí se vedoucí práce a osoba odpovědná za elektrické zařízení dohodnout jak na uspořádání elektrického zařízení, tak i na popisu pracovní činnosti předtím, než se provedou

jakékoli změny nebo než se na elektrickém zařízení zahájí práce. Pracovní postup musí být k dispozici na pracovišti.

Osoba znalá může stanovit postup, jak musí být práce prováděna bezpečně. Z osob určených k práci na elektrickém zařízení, s ním nebo v jeho blízkosti, musí být dostatečný počet osob vyškolen tak, aby byly schopné poskytnout první pomoc při zranění způsobeném elektrickým proudem a/nebo popáleninách. Doporučuje se, aby byl postup na poskytování první pomoci umístěn přímo na pracovišti na plakátech, panelech nebo letácích, případně v bezpečnostních předpisech vydaných podle potřeby.

Pracoviště musí být jednoznačně určeno a označeno, zajištěn přiměřený pracovní prostor, způsob přístupu a osvětlení.

Ke každému elektrickému zařízení musí být k dispozici dokumentace podle skutečného provedení a záznamy o tomto elektrickém zařízení.

#### **4.2.4 Dorozumívání**

Zahrnuje všechny způsoby, kterými jsou informace mezi osobami předávány nebo vyměňovány ústně (osobní styk), písemně (záznam, fax) a vizuálně (světlo, signalizační panel).

Před zahájením každé pracovní činnosti musí být osoba odpovědná za elektrické zařízení informována o plánované práci.

Pokud jsou pro přenos informací použity další prostředky (radiové signály), mohou být tyto prostředky použity jen pokud jsou učiněna příslušná opatření a umístěny tak, aby informační cesta byla spolehlivá a nemohlo dojít k nedorozumění nebo vydání falešných signálů.

Všechna hlášení musí obsahovat jméno a příjmení, v případě nutnosti i funkci osoby předávající informace.

Aby při ústním předávání informace nedošlo k omylům, musí příjemce opakovat informaci zpět vysílajícímu, který musí potvrdit, že byla správně přijata a pochopena.

#### **4.2.5 Pracoviště**

Pracoviště musí být jednoznačně určeno a označeno. U všech částí elektrického zařízení, kde je prováděna pracovní činnost, musí být zajištěn přiměřený pracovní prostor, způsob přístupu a osvětlení. V případě nutnosti musí být bezpečný přístup k pracovišti zřetelně označen. Předměty zabraňující v přístupu nebo hořlavé materiály nesmí být umístěny u vchodu, na přístupových cestách, u elektrických spínacích přístrojů a ovládacích částí, v prostoru obsluhy zařízení.

Hořlavé materiály v blízkosti elektrického zařízení musí být umístěny tak, aby nemohlo dojít k jejich vznícení.

#### **4.2.6 Nářadí, výstroj a přístroje**

Musí vždy vyhovovat požadavkům příslušných evropských, národních nebo mezinárodních norem. Nářadí, výstroj a přístroje musejí být používány v souladu s instrukcemi a návodem výrobce v jazyku země, kde se používají. Pro bezpečnou obsluhu nebo práci na

elektrickém zařízení nebo v jeho blízkosti musí být pro takové použití vhodné, udržované ve stavu vhodném pro toto použití a správně používané.

#### **4.2.7 Dokumentace a záznamy, značení**

Ke každému elektrickému zařízení musí být k dispozici dokumentace podle skutečného provedení a záznamy o tomto elektrickém zařízení.

Způsob značení v dokumentaci i na elektrickém zařízení musí odpovídat příslušným evropským, mezinárodním nebo národním normám.

### **4.3 Běžné provozní postupy**

Při provozní činnosti a kontrole funkčního stavu musí být používáno přiměřené a vhodné nářadí a výstroj, zabraňující ohrožení osob elektrickým nebezpečím. Tyto činnosti musí být schválené osobou odpovědnou za elektrické zařízení, která musí být seznámena s ukončením činnosti na elektrickém zařízení.

*Provozní činnosti* - mění elektrický stav elektrického zařízení (manipulace) a odpojení nebo připojení zařízení po práci na něm.

*Kontroly funkčního stavu* - sem patří měření, zkoušení a revize. Měření jsou činnosti, při kterých jsou měřeny fyzikální veličiny v elektrickém zařízení osobami znalými nebo poučenými.

*Zkoušení* - zahrnuje všechny činnosti určené k ověření elektrického, mechanického či tepelného stavu elektrického zařízení. Vykonává je osoba znalá nebo poučená pod dozorem osoby znalé.

*Revize* - ověřuje, zda elektrické zařízení je v souladu s bezpečnostními předpisy a technickými požadavky norem, může zahrnovat i ověření provozního stavu zařízení. Provádí se ve stanovených časových intervalech osobami znalými s příslušnými zkušenostmi, výsledek revize musí být zaznamenán.

### **4.4 Pracovní postupy**

Před zahájením práce musí být stanoven pracovní postup. Osoba odpovědná za elektrické zařízení nebo vedoucí práce zajistí, aby osoby vykonávající práci byly seznámeny s průběhem práce před jejím zahájením a s jejím ukončením. Povolení k provádění práce může dát pouze osoba odpovědná za elektrické zařízení, to musí být dodrženo i v případě přerušování a ukončení práce.

Pracovní postupy jsou založené na používání ochranných opatření proti úrazu elektrickým proudem nebo účinkům zkratu a elektrického oblouku. Dělí se na tři různé postupy:

- práce bez napětí,
- práce pod napětím,
- práce v blízkosti živých částí.

Izolační hladina musí být při práci zajištěna např. vložení pevného izolačního materiálu nebo pomocí vzdušné vzdálenosti.

Při pracovních postupech je nutné znát odbornou terminologii:

*Indukce* - ovlivňování vodičů nebo vodivých živých částí v blízkosti vodičů pod napětím. Ochranná opatření: uzemnění tak, aby potenciál mezi vodiči a zemí byl omezen na bezpečnou hodnotu nebo ekvipotenciální spojení na pracovišti.

*Atmosférické podmínky* - Při nepříznivých atmosférických podmínkách (bouře, silný vítr, déšť, mlha) musejí být přijata příslušná omezení u zahajovaných nebo prováděných pracích, zastaveny práce při mlze, bouřce a pod.

*Práce bez napětí* - pracoviště má být po celou dobu práce odpojeno od napětí a oddělena od jiných živých částí pod napětím kryty nebo zábranami, chránicemi před neúmyslným dotykem. Práce provádí osoba znalá nebo poučená pod dozorem osoby znalé.

*Úplné odpojení* - odpojení ze všech stran možného napájení. Všechny spínací přístroje k odpojení elektrického zařízení pro práci na něm musí být zajištěny proti opětovnému sepnutí, nejlépe uzamknutím vybavujícího mechanismu.

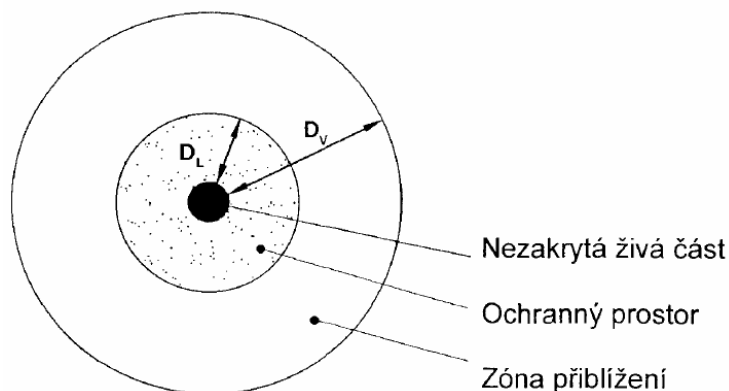
*Ověření beznapěťového stavu zařízení* - musí být ověřeno na všech pólech elektrického zařízení na pracovišti nebo co nejbližší pracoviště.

*Uzemnění a zkratování* - všechny části vysokonapěťových a některých nízkonapěťových zařízení musejí být uzemněny a zkratovány, to je spojeny s uzemňovací soustavou co nejbližší k pracovišti. Nemusí být provedeno u zařízení malého a nízkého napětí.

Na zařízeních vysokého napětí musí být uzemnění a zkratování provedeno na pracovišti ze všech stran možného napájení, zkratovací zařízení musí být umístěno na dohled z pracoviště.

*Ochrana v blízkosti živých částí* - části elektrického zařízení, které nemohou být vypnuty, musí být chráněny zvláštními dodatečnými opatřeními, kap. 2.3.1.

*Práce pod napětím* - musí být vykonávána pouze v souladu s národní legislativou a pracovními postupy. Během práce pod napětím se osoby dostávají do styku s nezakrytými živými částmi nebo zasahují do ochranného prostoru některou částí těla nebo náradím se kterým pracují. Doporučené hodnoty vzdáleností  $D_L$  a  $D_V$  pro napětí používaná v České republice jsou uvedeny v Tab.17.



$D_L$ : Vzdálenost definující vnější hranici ochranného prostoru

$D_V$ : Vzdálenost definující vnější hranici zóny přiblížení

Obr. 17 Vzdušné vzdálenosti a zóny pro pracovní postupy

Práce pod napětím musí být v místech s nebezpečím požáru nebo výbuchu prováděny až po vyloučení nebezpečí požáru a výbuchu. Při práci musí mít pracující osoba stabilní postavení, s oběma rukama volnými, vhodné oblečení, osobní ochranné prostředky a pomůcky, nesmí mít na sobě kovové předměty. Osoby znalé a poučené musí být pro tyto práce speciálně vyškolené.

*Školení a kvalifikace* - speciální výukový program nutný pro zvyšování a udržování odbornosti a dovednosti osob znalých a poučených pro práci pod napětím. Výukový program je založený na teoretických znalostech a praktických cvičeních. Po úspěšném absolvování školení musí být vydáno osvědčení o způsobilosti osob provádět práci pod napětím, pro kterou byli vyškoleni.

Platnost osvědčení musí být podle potřeby ověřována v souladu s úrovní schopností dotyčné osoby.

Tab.17 Stanovené vzdálenosti  $D_L$  a  $D_V$

Jmenovité napětí soustavy $U_N$ (kV) Efektivní hodnota (r.m.s)	Nejvyšší napětí pro zařízení. Hodnota $U_{m\ ef}$ (kV)	Minim. přípustná vzdušná vzdálenost určující vnější hranici ochran. prostoru $D_L$ (mm)	Minim. přípustná vzdušná vzdálenost určující vnější hranici zóny přiblížení $D_V$ (mm)
< 1	1	bez dotyku	300
1 < 10	12	120	1150
22	25	260	1260
35	38,5	370	1370
110	123	1000	2000
220	245	1600	3000
400	420	2600	4600

*Pracovní metody* - závisí na pozici osoby vzhledem k živým částem a prostředkům zabraňujícím zranění elektrickým proudem a zkratem. Jsou používány 3 pracovní metody:

- práce na bezpečnou vzdálenost,
- práce v dotyku - práce s izolačními rukavicemi,
- práce na potenciálu - práce v přímém dotyku s živými částmi, které mají potenciál těla a vhodnou izolaci proti okolí.

*Pracovní postupy* - podle složitosti práce pracovní postupy berou do úvahy přípravu a používání speciálního nářadí. Parametry nářadí, výstroje a přístrojů obsahuje „technický průkaz“.

*Okolní prostředí* - při práci ve vnějším prostředí musí být zohledněny klimatické podmínky, ve vnitřním prostředí nemusí být brán zřetel na venkovní klimatické podmínky, pokud nemohou vzniknout přepětí z připojených venkovních sítí a viditelnost na pracovišti je vyhovující.

*Organizace práce* - zahrnuje přípravu práce, činnost osoby odpovědné za elektrické zařízení, vedoucího práce, uvádí specifické požadavky na zařízení malého, nízkého a vysokého napětí.

## 4.5 Údržba

Účelem údržby je udržet elektrické zařízení v provozuschopném a bezpečném stavu. Údržba je preventivní nebo opravná, provádí ji osoby kvalifikované nebo vyškolené za dodržení nutných bezpečnostních opatření.

Opravy zahrnují lokalizaci poruchy, odstranění poruchy a/nebo výměnu součástí a opětovné zprovoznění opravené části zařízení.

Výměna pojistek a světelných zdrojů musí být provedena za vypnutého stavu, u zařízení nízkého napětí osobou seznámenou.

## **4.6 Dodatečné informace pro bezpečnou práci**

### **4.6.1 Ochrana před požárem - hašení**

Vznik požáru nemůže být během provozu elektrických zařízení vyloučen. Při požáru musí být nebezpečné nebo ohrožené části elektrického zařízení vypnuty kromě případů, kdy by vypnutí mohlo způsobit další nebezpečí.

Pro hašení elektrických zařízení musí být přístupné a udržované v pohotovosti hasicí přístroje pro třídu ohně, přízpusobené typu a velikosti zařízení.

Obsluhovat a používat hasicí přístroje mohou vyškolené vhodné osoby. Osoby si musí uvědomovat, že z horkých a hořících materiálů mohou unikat toxické látky. Zvláštní opatření je nutné věnovat pracovištím s nebezpečím výbuchu.

### **4.6.2 Pracoviště s nebezpečím výbuchu**

Jestliže jsou elektrické práce prováděny tam, kde hrozí nebezpečí výbuchu, mají být přijata následující opatření:

- buď zakázat nebo zastavit všechny pracovní činnosti, dokud nebudou přijata opatření ke snížení rizika výbuchu (vyloučením emisí hořlavých plynů, větráním),
- nebo přijmout v souladu s druhem rizika výbuchu opatření, aby riziko výbuchu bylo kontrolováno, např.
  - stálé monitorování ovzduší a zákaz zdrojů energie, které by mohly hořlavou směs vznítit,
  - stálé větrání a monitorování ovzduší,
  - omezení pracovních činností a použití jiskrově bezpečného elektrického zařízení.

## **5 Elektrické rozvody v místnostech pro lékařské účely**

Pravidla, podmínky a doporučení pro elektrický rozvod v místnostech pro lékařské účely upravuje ČSN 33 2140 Elektrický rozvod v místnostech pro lékařské účely (1986).

Tato norma platí pro navrhování, provoz a údržbu elektrických rozvodů v místnostech pro lékařské účely, které se nacházejí ve zdravotnických zařízeních. Protože byla vydána už v roce 1986, nové aktuální informace pro uživatele v souladu s celkovou koncepcí „ČSN 33 2000 Elektrické instalace nízkého napětí“ doplňují technické normalizační informace, TNI 33 2140 z prosince 2007. TNI 33 2140 doplňují nové informace pro uživatele z oblasti elektrických rozvodů v místnostech pro lékařské účely a obsahují řešení odpovídající poznání v oboru po roku 2000.

### **5.1 Oblast použití**

Podle této normy se navrhuje a provozují elektrické instalace ve zdravotnických prostorech tak, aby byla zajištěna bezpečnost pacientů a zdravotnického personálu. Požadavky normy platí pro:

- nemocnice, kliniky a polikliniky (i mobilní),
- sanatoria, domovy pro seniory, pečovatelské ústavy,
- ordinace praktických lékařů a stomatologů,
- jiná ambulantní zařízení (pracovní a sportovní lékařství),

*Poznámka: může být použito ve veterinární medicíně.*

### **5.1.1 Základní podmínky**

Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím musí ve všech místnostech zdravotnických zařízení vyhovovat ČSN 33 2000-4-41.

V místnostech pro lékařské účely musí být použity rozvodné soustavy TN-S, TT nebo IT. Zásuvkové vývody musí být umístěny tak, aby bylo možné připojit zdravotnické přístroje bez prodlužovacích šňůr a rozboček. Rozváděč zdravotnického oddělení je posledním bodem, ve kterém může dojít ke změně rozvodné soustavy TN-C na TN-S, nesmí být ale umístěn v místnosti pro lékařské účely.

Pro zdravotnické prostory musí být napájení elektrickou energií bezpečné, spolehlivé a kvalitní i v mezních situacích.

Vodič PEN v rozvodné soustavě TN-C musí mít průřez minimálně 10 mm<sup>2</sup>.

## **5.2 Definice**

*Zdravotnický prostor* - prostor určený ke stanovení diagnózy, pro léčení (i kosmetické), sledování a péči o pacienty. K zajištění ochrany pacientů před možnými elektrickými nebezpečími musí být v lékařských prostorech použita doplňující ochranná opatření v závislosti na poskytované péči (podle terapie nebo diagnózy). Podle způsobu používání zdravotnických prostor jsou prostory rozděleny do skupin 0, 1 nebo 2 pro jednotlivé zdravotnické postupy.

*Pacient* - živá bytost (osoba nebo zvíře) podstupující zdravotnické nebo dentální vyšetření nebo léčbu.

*Elektrický zdravotnický přístroj* - určený výrobcem pro diagnostiku, léčení nebo monitorování pacienta nebo detekuje přenos energie do pacienta nebo z něj, má jedno připojení k napájecí síti.

*Příložná část* - část zdravotnického elektrického přístroje, která při normálním použití přichází nezbytně do fyzického dotyku s pacientem, aby zdravotnický přístroj mohl plnit svoji funkci.

*Skupina 0* - nejsou použity žádné příložné části, zkrat zdroje nemůže způsobit ohrožení života.

*Skupina 1* - prostor, kde při závadě je možné připustit přerušení funkce zdravotnických elektrických přístrojů, aniž by došlo k ohrožení pacienta. Vyšetření nebo ošetření lze opakovat. Příložné části se přikládají zevně nebo uvnitř těla, ale ne na srdci.

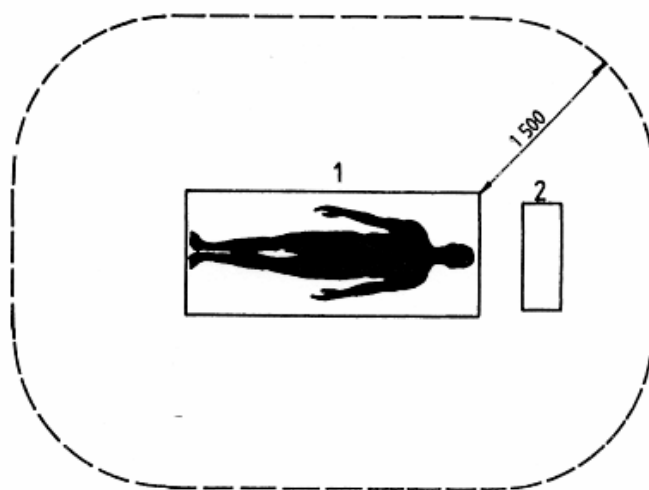
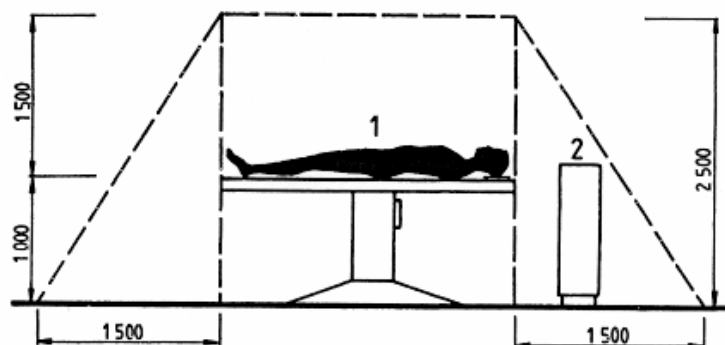
*Skupina 2* - zdravotnický prostor, kde se předpokládá:

- intrakardiální použití příložných částí (operační sál, JIP),
- přerušení napájení může ohrozit život pacientů nebo jejich vyšetření,
- ošetření není možné opakovat.

Klasifikace zdravotnického prostoru musí být provedena ve spolupráci se zodpovědnými pracovníky zdravotnických zařízení, kteří budou elektroinstalaci používat, na základě toho, jaké zdravotnické procedury se budou v prostorech vykonávat a jaké přístroje používat.

*Zdravotnický elektrický systém* - sestava zdravotnických přístrojů.

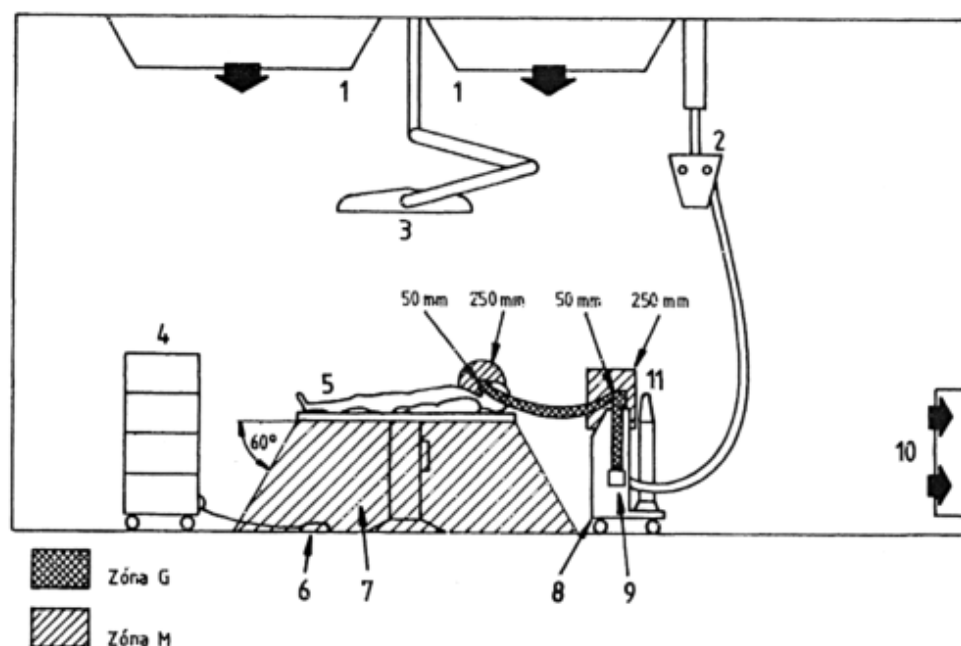
*Pacientské prostředí* - prostor, ve kterém může nastat úmyslný nebo neúmyslný kontakt mezi pacientem a elektrickým zdravotnickým přístrojem nebo mezi pacientem a osobami dotýkajícími se částí zdravotnického elektrického přístroje, *Obr. 18*, *Obr. 19*.



1. Operační stůl, 2. Zdravotnický přístroj

*Obr. 18 Okolí pacienta*

### NEBEZPEČNÉ PÁSMO NA OPERAČNÍM SÁLE



1. Přívod vzduchu do místnosti
2. Stropní závěs s vývody medicinálních plynů s elektrickými zásuvkami
3. Operační svítidlo
4. Elektrický přístroj zdravotnický
5. Operační stůl
6. Nožní spínač
7. Další zóna M, vznikající následkem porušení těsnosti uzavřeného systému lékařského plynu a při použití hořlavých kapalin, určených pro desinfekci a odmašťování
8. Narkotizační přístroj
9. Odsávání narkotizačních plynů
10. Odsávání vzduchu z místnosti
11. Nechráněné části nebo části, které se mohou poškodit

Obr. 19 Nebezpečné pásmo na operačním sále

*Hlavní rozváděč budovy* - vstupní rozváděč zajišťující distribuci elektrické energie v budově, monitoruje pokles nebo ztrátu napětí a přepíná odběr na záložní přívod nebo bezpečnostní zdroj. Minimální krytí rozváděče pro zdravotnické prostory je IP 31.

*Zdravotnická IT síť* - izolovaná síť splňující specifické požadavky pro napájení přístrojů ve zdravotnických prostorech.

*Základní zdroj* - zdroj elektrické energie napájející elektrické rozvody v běžném, bezporuchovém stavu (distribuční síť).

*Bezpečnostní zdroj* - zdroj elektrické energie zásobující důležité obvody při závadě základního zdroje (spalovací motor s generátorem).

*Doplňující bezpečnostní zdroj* - zásobuje obvody vyžadující kratší dobu přerušení napájení než je doba obnovení dodávky elektrické energie z bezpečnostního zdroje.

*Hlavní přívod* - napájí rozváděč v bezporuchovém stavu elektrických rozvodů.

### 5.2.1 Ochranné uzemnění

Požadavky uvedené v této části jsou doplňující k požadavkům ČSN 33 2000 pro provedení a kladení vodičů ochranného uzemnění u všech ochran - ochrana samočinným odpojením, zemnáním, chrániči, zdravotnická izolovaná soustava, viz kap. 2.

Uzemnění může sloužit současně jako ochranné i jako pracovní nebo může být každé samostatné. Provedení uzemnění pro účely ochrany má přednost. Každý elektrický obvod musí mít vlastní ochranný vodič, který nesmí být přerušen žádným spínacím přístrojem, ale může mít spoje, rozpojitelné pomocí nástroje pro zkoušení.

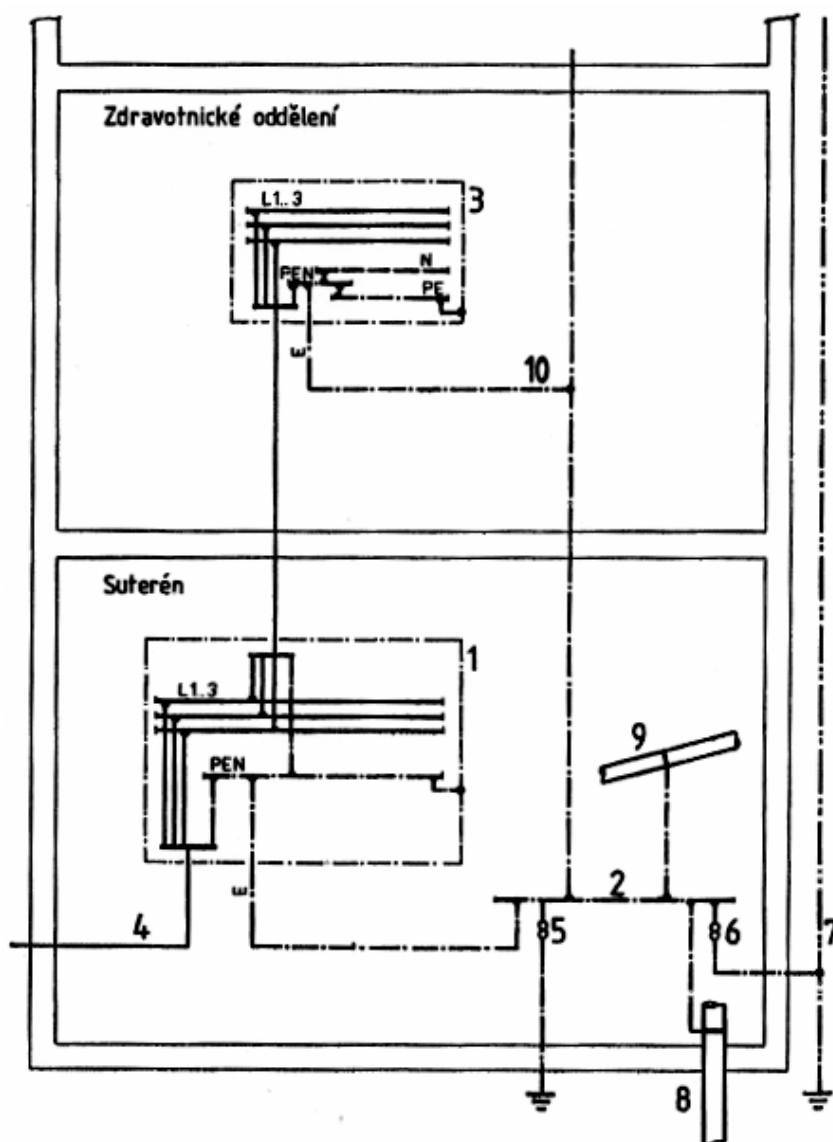
Dotykové napětí po neurčitou dobu v případě poruchy nesmí překročit AC 24 V.

Vodiče ochranného uzemnění musí mít v místnostech pro lékařské účely izolaci v barvě zelená/žlutá.

Každá budova s místnostmi pro lékařské účely musí mít hlavní ochrannou přípojnicí, umístěnou v blízkosti rozváděče budovy, *Obr. 19*.

S hlavní ochrannou přípojnicí se musí spojit:

- přípojnice ochranných vodičů rozvodné soustavy (PE nebo PEN),
- vodiče přizemňující bod rozdělení při změně rozvodné soustavy z TN-C na TN-S,
- systém ústředního vytápění,
- vodivé vodovodní potrubí,
- vodivé části odpadního potrubí (kanalizace),
- vodivé části rozvodu plynů,
- vodivé části konstrukce budovy, přístupné dotyku,
- vodivé části vzduchotechniky,
- zemnič.



1. Hlavní rozváděč budovy
2. Hlavní ochranná přípojnice
3. Rozváděč zdravotnického oddělení
4. Hlavní přívod do budovy
5. Zkušební svorka
6. Zkušební svorka
7. Bleskosvod
8. Vodivé kanalizační potrubí
9. Vodivé potrubí vody, ústředního vytápění, medicinálních plynů, vzduchotechniky apod.

*Obr. 20 Hlavní ochranná přípojnice*

## 5.2.2 TN síť

V budovách zdravotnických zařízení, pokud jsou v nich umístěny zdroje elektrické energie, musí TN-S síť začínat již od zdrojů elektrické energie, v budovách bez zdroje elektrické energie začíná TN-S síť od hlavního rozváděče budovy.

Ve zdravotnických prostorách skupiny 1 musí být pro koncové obvody použity proudové chrániče s reziduálním proudem  $I_{\Delta N} \leq 30$  mA pro zásuvky se jmenovitým proudem do 32 A a pro všeobecné osvětlení.

Ve zdravotnických prostorách skupiny 2 může být ochrana automatickým odpojením od zdroje použita pouze u speciálních obvodů.

*Poznámka: ve zdravotnických prostorech skupiny 2 nejsou sítě TT dovolené.*

## 5.3 Ochranné pospojování

Požadavky uvedené v této kapitole jsou doplňující k požadavkům ČSN 33 2000 pro ochranné pospojování a platí v místnostech pro lékařské účely.

V napájecím rozváděči nebo v místnosti pro lékařské účely musí být přípojnice vodičů místního ochranného pospojování (PA) umístěny v blízkosti přípojnice ochranného uzemnění (PE). Přípojnice pospojování a ochranného uzemnění musí být vzájemně spojeny měděným vodičem o minimálním průřezu  $16 \text{ mm}^2$ .

S přípojnicí pospojování musí být spojeny:

- všechny trvale instalované okolní vodivé části (vodovodní a plynové potrubí, ústřední topení atd),
- přípojovací body (svorky), jejichž počet odpovídá počtu zásuvkových vývodů,
- části pro ochranu před rušivými účinky elektromagnetických polí,
- části pro ochranu před nebezpečnými účinky elektrostatického pole.

V místnostech, kde je poloha pacienta předem určená jsou do systému pospojování zahrnuty vodivé části v okolí pacienta.

V operačních sálech, místnostech intenzivní péče, určených k přímým zásahům na srdci a určených pro záznam bioelektrických potenciálů musí být každá okolní vodivá část spojena s přípojnicí pospojování samostatným vodičem. Všechny vodiče ochranného pospojování uvnitř místnosti musí mít izolaci v barvě zelená/žlutá, konce ochranných vodičů připojené k přípojnici musí být označeny shodně s výkresovou dokumentací.

V každém zdravotnickém prostoru skupiny 1 a 2 musí být provedeno doplňující pospojování pro vyrovnání potenciálů mezi částmi, umístěnými v patientském prostředí.

## 5.4 Omezení dotykového napětí v místnostech určených k přímým zásahům na srdci

Napětí mezi přípojnicí pospojování a kteroukoli okolní vodivou částí (v okolí pacienta) nesmí při odporu  $1 \text{ k}\Omega$  mezi nimi vyvolat proud větší než  $10 \text{ mA}$ .

Okolní vodivé části se připojí k přípojnici pospojování měděným vodičem s minimálním průřezem  $10 \text{ mm}^2$  a umístí se v krytech chráničích před nahodilým dotykem. Na vstupu i výstupu

z místnosti se opatří izolačními vložkami s izolačním odporem minimálně 5 MΩ. Neživé části pevně připojených elektrických přístrojů se izolují od okolních vodivých částí.

## 5.5 Proudové chrániče

Proudové chrániče zajišťují zvýšenou ochranu. Primární vinutí oddělovacího transformátoru (vytváří zdravotnickou izolovanou soustavu) a vývody zdravotnické izolované soustavy nesmí být chráněny proudovými chrániči. Nemusí být chráněno např. celkové osvětlení, instalované výše než 2,5 m nad podlahou.

Proudové chrániče musí mít citlivost do 30 mA včetně. V případech, kdy jmenovitý proud jednotlivých chráněných spotřebičů je větší než jmenovitý proud chrániče s citlivostí do 30 mA, lze užít chrániče s citlivostí do 300 mA.

Počet obvodů chráněných jedním proudovým chráničem má být co nejmenší.

## 5.6 Zdravotnická izolovaná soustava (IT soustava)

Ze zdravotnické izolované soustavy (IT) musí být napájeny elektrické zdravotnické přístroje, jejichž vyřazení z provozu (přerušení vyšetření nebo ošetření) by mohlo ohrozit zdraví nebo život pacientů. Z této sítě jsou také napájeny obvody pro operační svítidla se jmenovitým napětím vyšším než AC 25 V nebo DC 60 V. Rozsah IT soustavy musí být omezen na místnost nebo skupinu místností pro lékařské účely. V každé místnosti musí být minimálně 2 samostatně jištěné zásuvkové obvody zdravotnické izolované soustavy s trvalým a jednotným značením podle *Tab.18*

*Tab.18 Značení zásuvkových vývodů v místnostech pro lékařské účely*

Druh zásuvkového vývodu	Požadavek	Značení	
		barevné	písmenové
Méně důležité obvody	-	libovolná barva kromě zelené, žluté, oranžové a červené	-
Důležité obvody	GE	zelená	DO
Zdravotnická Izolovaná soustava	P5	Žlutá	ZIS
Velmi důležité obvody	E1	oranžová	VDO

*Poznámka: Barevné označení se přednostně použije pro značení jednofázových zásuvkových vývodů. U zásuvek pro rentgenová zařízení jedno- i třífázová musí být na zásuvce nebo v její blízkosti štítek s označením „RTG“.*

Pro vytvoření zdravotnické izolované soustavy musí být použit ochranný oddělovací transformátor se stíněním mezi primárním a sekundárním vinutím a ochranou proti přetížení a zkratu. Pokud v obvodu zdravotnické IT soustavy dojde ke zkratu, musí jističí prvky vadnou část odpojit.

Elektrické zdravotnické přístroje s příkonem nad 5 kV.A a všechna rentgenová zařízení nemusí být napájeny ze zdravotnické izolované soustavy, ale musí být chráněny proudovými chrániči.

Živé části zdravotnické izolované soustavy musí být prostorově odděleny od živých částí jiných obvodů.

Zdravotnická izolovaná soustava musí mít trvale připojen hlídač izolačního stavu (vybaven zkušebním tlačítkem a optickou a akustickou signalizací snížení izolačního odporu < 50 kΩ).

Zelená optická signalizace indikuje normální provozní stav, žlutá signalizuje snížení izolačního stavu. Po signalizaci snížení izolačního stavu musí být provoz zdravotnické izolované soustavy IT omezen časově na dobu nezbytnou např. do dokončení operace.

Tato soustava IT v místnostech pro lékařské účely zvyšuje spolehlivost napájení v případech, kdy přerušení napájení může pro pacienty znamenat nebezpečí tím, že dovoluje provoz elektrických zdravotnických přístrojů i v případě spojení jednoho krajního vodiče s neživou částí. Při této závadě nevznikne zkrat, nezvýší se dotykové napětí, které by vzniklo průchodem zkratového proudu ochranným vodičem. K zajištění spolehlivosti je třeba udržovat co největší impedanci zdravotnické izolované soustavy vzhledem k zemi:

- omezením výkonu ochranného oddělovacího transformátoru,
- omezením délky vodičů zdravotnické izolované soustavy,
- omezením počtu napájených zdravotnických přístrojů,
- vysokou vnitřní impedancí hlídače izolačního stavu.

## 5.7 Ochrana oddělením obvodů

Uvedené požadavky jsou doplňující k ochraně oddělením. Napětí na sekundární straně ochranného oddělovacího transformátoru nesmí být větší než 250 V, 50 Hz. Živé části sekundárního obvodu se nesmějí spojit s živými částmi jiných obvodů ani se zemí nebo ochrannou uzemňovací soustavou a musí být prostorově odděleny od živých částí jiných obvodů.

Pohyblivé přívody musí být viditelné po celé své délce a chráněny proti mechanickému poškození.

## 5.8 Ochrana bezpečným napětím

Bezpečné jmenovité napětí živých částí nesmí být větší než 24 V pro střídavé napětí a 60 V pro stejnosměrné napětí.

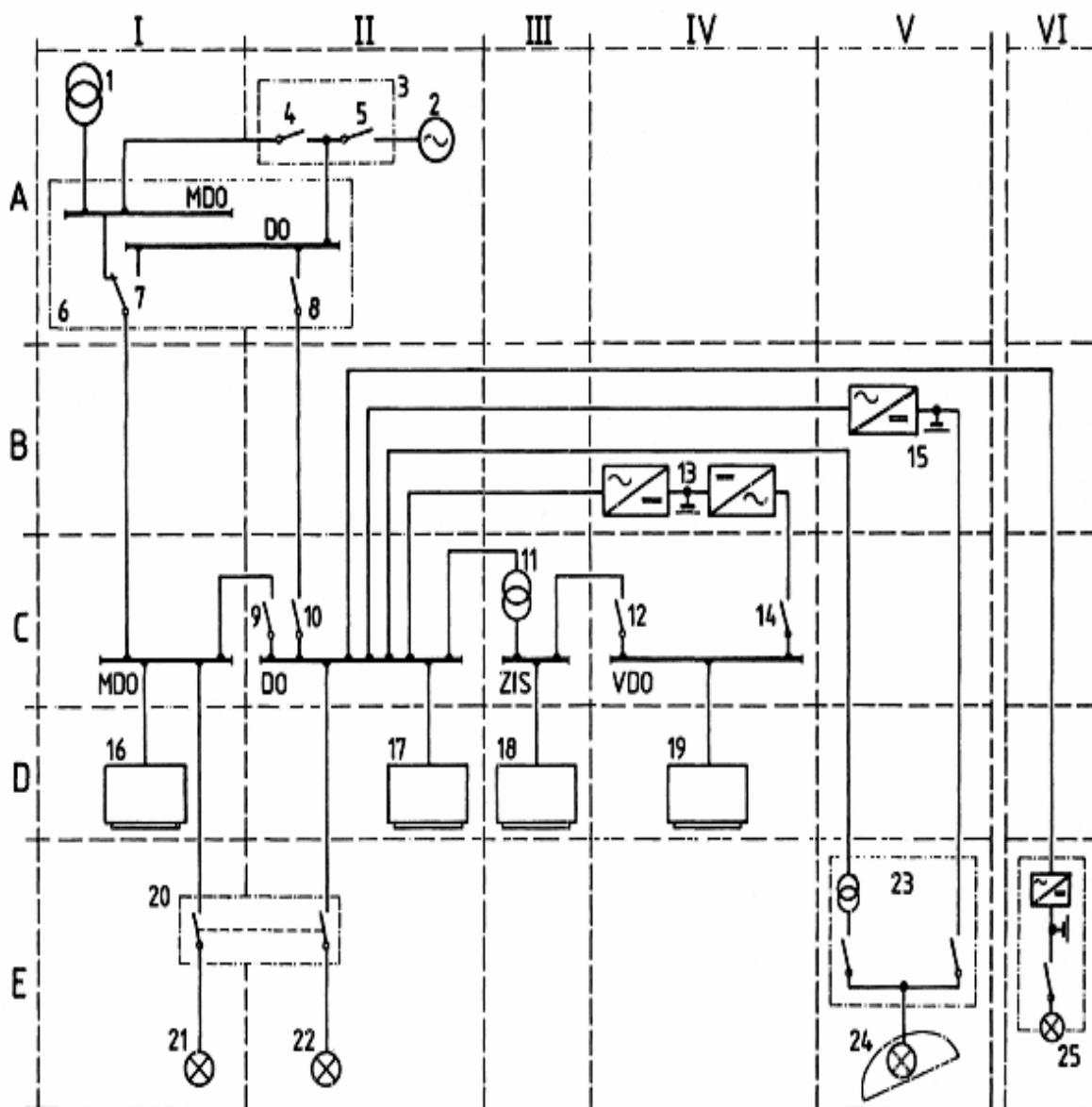
Živé části bezpečného napětí nesmějí být spojeny s živými částmi jiných obvodů, ani se zemí nebo uzemňovací soustavou a musí být prostorově odděleny od živých částí jiných obvodů.

Neživé části nesmějí být spojeny se zemí, vodiči ochranného uzemnění nebo neživými částmi ostatních systémů. V místnostech pro lékařské účely, kde je požadováno ochranné pospojování, se ale musí spojit s přípojnici pospojování.

## 5.9 Hlavní nouzový zdroj elektrické energie

Hlavní nouzový zdroj elektrické energie musí zajistit napájení důležitých obvodů do 120 s po výpadku základního zdroje. Energií musí dodávat po celou dobu přerušení dodávky ze základního zdroje.

Rozváděč, napájející důležité obvody, musí mít nainstalován kromě hlavního i záložní přívod, napájený ze základního i z hlavního nouzového zdroje. Obr. 21.



I. méně důležité obvody (MDO)

II. důležité obvody (DO)

III. zdravotnická izolovaná soustava (ZIS)

IV. velmi důležité obvody (VDO)

V. obvody operačního svítidla

VI. obvody nouzového orientačního osvětlení

B. zdroje, které mohou být umístěny mimo budovu s místnostmi pro lékařské účely

C. zdroje, které musí být umístěny v blízkosti místností pro lékařské účely

D. rozváděč zdravotnického oddělení

E. spotřebiče nebo zásuvkové vývody

- |   |  |
|---|--|
| F. osvětlení  | 13. zdroj typu E1 (nabíječka, akumulátorová baterie, měnič)                            |
| 1. základní zdroj elektrické energie  | 14. Spínač zdroje typu E1  |
| 2. hlavní nouzový zdroj elektrické energie (HNZ)  | 15. zdroj typu E2 ((nabíječka, akumulátorová baterie)                                  |
| 3. rozváděč hlavního nouzového zdroje   | 16. spotřebič napájený z méně důležitých obvodů (MDO)                                  |
| 4. spínač sítě  | 17. spotřebič napájený z důležitých obvodů (DO)  |
| 5. spínač generátoru  | 18. elektrický přístroj zdravotnický napájený ze zdravotnické izolované soustavy (ZIS) |
| 6. hlavní rozvodna mn   | 19. elektrický přístroj zdravotnický napájený z velmi důležitých obvodů (VDO)          |
| 7. přepínač hlavního přívodu rozváděče zdravotnického oddělení                              | 20. instalační spínač řazení 2   |
| 8. vypínač záložního přívodu rozváděče zdravotnického oddělení                              | 21. svítidlo celkového osvětlení   |
| 9. vypínač přípojnice méně důležitých obvodů (MDO) a důležitých obvodů (DO)                 | 22. svítidlo nouzového náhradního osvětlení (NNO)                                      |
| 10. spínač záložního přívodu  | 23. spínací skříňka operačního svítidla  |
| 11. ochranný oddělovací transformátor   | 24. operační svítidlo  |
| 12. spínač přípojnice zdravotnické izolované soustavy (ZIS) a velmi důležitých obvodů (VDO) | 25. svítidlo nouzového orientačního osvětlení(NOO)                                     |

*Obr. 21 Zdroje elektrické energie*

Na důležité obvody jsou připojeny zdravotnické a další přístroje, důležité pro

- život pacientů,
- zajištění bezpečnosti provozu,
- zamezení nenahraditelných ztrát.

Při ztrátě napětí na hlavním přívodu musí být napájení automaticky přepnuto na záložní přívod co nejbližší místa spotřeby s optickou signalizací na zdravotnickém oddělení. Při obnovení dodávky ze základního zdroje musí být opět napájení automaticky převedeno na hlavní přívod.

Všechny části důležitých obvodů (spínací a rozvodná zařízení) včetně zásuvkových musí být trvale označeny jednotným způsobem podle *Tab. 18*.

Při provozu hlavního nouzového zdroje nesmí být snížena úroveň ochrany před nebezpečným dotykovým napětím.

## **5.10 Speciální nouzové zdroje elektrické energie**

### **5.10.1 Požadavky na speciální nouzový zdroj elektrické energie typu E1**

Speciální nouzový zdroj typu E1 musí zajistit napájení velmi důležitých obvodů do 15 s po výpadku základního nebo hlavního nouzového zdroje.

Na velmi důležité obvody jsou připojeny elektrické zdravotnické přístroje, které

- podporují, udržují nebo nahrazují základní životní funkce,
- mohou mít přerušeno napájení, ale doba obnovení dodávky elektrické energie z hlavního nouzového zdroje je pro ně příliš dlouhá,
- mají pouze síťové napájení.

Zdroje typu E1 v době provozu zásobují elektrickou energií část obvodů nebo při dostatečném dimenzování všechny obvody napájené ze zdravotnické izolované soustavy. Při provozu E1 nesmí být snížena úroveň ochrany před nebezpečným dotykovým napětím, zásuvkové vývody musí být trvale a jednotně označeny.

Speciální nouzový zdroj E1 může při malém rozsahu zdravotnického zařízení nahradit hlavní nouzový zdroj typu GE. Pak se ze zdroje typu E1 napájí kromě zdravotnické izolované soustavy také další elektrické přístroje.

### **5.10.2 Požadavky na speciální nouzový zdroj elektrické energie typu E2**

Speciální nouzový zdroj elektrické energie typu E2 musí zajistit napájení operačního svítidla do 0,5 s po výpadku základního nebo hlavního nouzového zdroje.

V každém operačním sále nebo místnosti pro lékařské účely musí být aspoň jedno operační svítidlo připojeno na zdroj typu E2. Při jeho provozu nesmí být snížena úroveň ochrany před nebezpečným dotykovým napětím.

### **5.10.3 Společné požadavky na speciální nouzové zdroje elektrické energie typu E1 a E2**

Speciální nouzové zdroje musí být dimenzovány tak, aby mohly dodávat elektrickou energii po dobu 3 hodin. Musí automaticky převzít napájení při ztrátě napětí v libovolné části napájecích obvodů a opět automaticky předat napájení při obnovení provozu základního nebo nouzového zdroje. Napájení elektrických zdravotnických přístrojů z těchto zdrojů musí být opticky signalizováno. Doporučuje se vybavit všechny místnosti ampérmetry s vyznačenou hodnotou maximálního zatížení.

Nabíječky a zdroje proudu (akumulátorová baterie) musí být umístěny mimo místnosti pro lékařské účely, ale mají být v blízkosti rozváděčů.

Všechny živé části E1 a E2 musí být prostorově odděleny od živých částí jiných obvodů, napájecí vedení musí být chráněna proti mechanickému poškození.

Optimální nabití akumulátorových baterií musí být zajišťováno automaticky z důležitých obvodů. Nabíječky musí být navrženy tak, aby po 3 hodinovém kontinuálním vybíjení a následujícím nabíjením po dobu 6-ti hodin bylo možné speciální nouzové zdroje opět použít.

Všechny části velmi důležitých obvodů a obvodů pro napájení operačních svítidel (spínací a rozvodná zařízení) musí být označeny jednotným způsobem.

## 5.11 Ochrana proti výbuchu, požáru a nebezpečným účinkům statické elektřiny

### 5.11.1 Ochrana proti výbuchu

Pokud jsou v místnostech pro lékařské účely používána anestetika, dezinfekční a odmašťovací látky, které se vzduchem, kyslíkem nebo kysličíkem dusným mohou tvořit výbušné směsi, musí být použita ochranná opatření pro zabránění vzniku výbuchu (Obr. 22). K těmto opatřením patří zejména použití elektrostaticky vodivých podlah a účinná vzduchotechnika, snižující koncentraci výbušných směsí v okolí pacienta, na pracovišti anesteziologa a v okolí operačního stolu, popř. zjišťování úniku hořlavých plynů a par čidly a hlásiči. Elektrická zařízení (zásuvkové vývody) musí být instalovány ve vzdálenosti nejméně 0,2 m horizontálně od všech vývodů medicínálních plynů, aby se minimalizovalo nebezpečí vznícení hořlavých plynů.

Zóna M nevznikne, pokud se vzduch v místnosti vymění více než 15krát za hodinu a žádný vzduch necirkuluje, nebo se vzduch vymění více než 60krát za hodinu a cirkuluje méně než 80 % vzduchu.

Směs	Obsah anestetik ve směsi [%]										Zápalná teplota [°C]	Min. zápalná energie [kJ]	Bod vzplámutí [°C]					
	1	15	2	3	4	6	8	10	15	20				30	40	60	80	100
Etylétér	Vzduch															170	190	← -20 1)
	O <sub>2</sub>															110	1,25	← -20 1)
	N <sub>2</sub> O															107	1,25	← -20 1)
Cyklopropan	Vzduch															495	170	2)
	O <sub>2</sub>															3)	1,20	2)
	N <sub>2</sub> O															3)	1,20	2)
Fluotan	Vzduch															635		2)
	O <sub>2</sub>															620		3)
Halotan	Vzduch															660		3)
	N <sub>2</sub> O															660		3)
Pentran	Vzduch															460		3)
	O <sub>2</sub>															3)		3)
	O <sub>2</sub> + N <sub>2</sub> O															3)		3)
	N <sub>2</sub> O															3)		3)
Etylchlorid	Vzduch														510		3)	
Etylalkohol	Vzduch														425		3)	
Etran	O <sub>2</sub> + N <sub>2</sub> O														3)		3)	

Obvyklá koncentrace při použití  
 Rozsah hořlavých koncentrací

1) Běžně se používá při teplotách nižších než -20 °C  
 2) Nerelevantní  
 3) Hodnoty nejsou známy

Obr. 22 Anestetika, dezinfekční a čisticí prostředky a jejich zápalný poměr ve směsi se vzduchem, kyslíkem nebo kysličíkem dusným.

Pozn: zóna M je rozměrově vymezená část prostoru okolo hranice zóny G do vzdálenosti 20 cm a prostor pod operačním stolem, kde se může vytvořit výbušná směs následkem porušení těsnosti

uzavřeného systému lékařského plynu a při použití hořlavých kapalin určených pro dezinfekci a odmašťování.

V zóně G nesmí být umístěny žádné části elektrických rozvodů.

*Poznámka: zóna G je rozměrově vymezená část prostoru okolo zařízení s uzavřeným systémem lékařského plynu a to ve vzdálenosti 5 cm od systému, kde se může vytvořit výbušná směs následkem porušení těsnosti uzavřeného systému lékařského plynu.*

Ani v zóně M nesmí být umístěny žádné části elektrických rozvodů, které mohou způsobit výbuch (zásuvkové spoje, spínače, jističe apod.). Svorkovnice pro vodiče ochranného pospojování musí být zajištěné proti samovolnému uvolnění (pájením, pérovými podložkami a pod.).

Pokud v místnostech pro lékařské účely existují jiná prostředí než zóny G a M, platí pro ně ČSN 33 2310.

Z hlediska úniku plynů z tlakových lahví je nutné znát množství výbušných plynů. K tomuto účelu se v analyzátoch (detektorech) používají principy, které umožňují převod hledaných vlastností a parametrů na elektrický signál. Podle těchto principů se analyzátory plynů dělí na analyzátory pracující na:

- fyzikálním principu - měří některou fyzikální veličinu s definovaným vztahem a její hodnota je úměrná složení analyzovaného plynu,
- fyzikálně chemickém principu - založené na chemické reakci, které se zúčastní přímo určovaný plyn nebo ji výrazně ovlivňuje.

Ve zdravotnictví se aplikují zejména elektrochemické (na principu palivového článku) a polovodičové senzory.

*Elektrochemické senzory se dělí na*

- ampérometrické - jsou založeny na měření proudu procházejícího mezi dvěma elektrodami ponořenými do roztoku elektrolytu,
- galvanometrické - využívají principu galvanického článku.

*Polovodičové senzory (oxidační) jsou určeny pro detekci oxidačních nebo redukčních plynů. Dělí se na:*

- senzory s povrchovou detekcí, kdy k chemické reakci dochází na povrchu citlivé plochy,
- senzory s objemovou detekcí - k chemické reakci dochází v objemu citlivé plochy.

### **5.11.2 Ochrana proti požáru**

Uzavřené prostory instalačních komplexů s elektrickými rozvody a rozvody plynů pro zdravotnické účely musí splňovat požadavky 181 a 187 ČSN 38 6473. Pro elektrické rozvody, kde součin zkratového proudu a napětí naprázdno je větší než 10 V.A a rozvod plynu je určen pro plyny kategorie A platí další požadavky ČSN 38 6473, viz také kap. 3.6.

Kabely nebo vodiče musí mít zvýšenou izolaci nebo musí být plynotěsně odděleny od prostorů s rozvody plynů.

Svorkovnice musí být zajištěny proti samovolnému uvolnění nebo musí být plynotěsně odděleny od prostorů s rozvody plynů. Plynotěsné oddělení musí být elektricky vodivé a připojeno k přípojnicí ochranného uzemnění.

Zásuvkové vývody, které mohou v obvyklém i neobvyklém provozním stavu dát popud ke vzniku požáru, musí být umístěny aspoň 20 cm od výstupu plynů.

### **5.11.3 Ochrana proti nebezpečným účinkům statické elektřiny**

Nebezpečné náboje v místnostech pro lékařské účely mohou vznikat:

- oddělováním a třením elektrizovatelných látek (pokryvek, potahů, prostěradel),
- manipulací s neuzemněnými přístroji,
- manipulací s přístroji z elektrizovatelných hmot,
- použitím elektrických indukčních zařízení.

Projevy těchto nábojů mohou zapálit výbušnou směs, nevhodně fyziologicky působit na pacienta nebo zdravotnické pracovníky, rušit provoz citlivých elektrických přístrojů.

Ve všech místnostech, kde mohou vznikat nebezpečné náboje, musí být podlaha elektrostaticky vodivá a

- svodová síť podlahy musí být spojena s přípojnicí pospojování,
- při použití podlah se svodovým odporem  $\leq 50 \text{ k}\Omega$  je nutné omezit účinky unikajících proudů.

Zdravotničtí pracovníci musí mít elektrostaticky vodivou obuv, oblek a prádlo bavlněné nebo s antistatickou úpravou, obnovovanou po každém praní.

K transportu pacientů do místností, kde mohou vznikat nebezpečné náboje, se může použít pouze uzemnitelných pojízdných křesel, lehátek a pod. s elektrostatickými vodivými obručemi.

Potahy na operačních stolech, pojízdných vozících pro pacienty apod. musí být z antistatického materiálu.

Pryžové šátky, matrace a podušky nebo čalounění sedadel musí být z elektrostaticky vodivého materiálu nebo musí být takovým materiálem povlečeno.

Tlakové nádoby s plyny musí být při provozu elektrostaticky uzemněné nebo musí stát na elektrostaticky vodivé podlaze.

## **5.12 Ochrana před rušivými účinky elektromagnetického pole**

V místnostech, kde se provádí měření bioelektrických potenciálů (EKG, EEG) a v jejich bezprostředním okolí musí být provedena ochrana před rušivými účinky elektromagnetických polí, pokud důsledkem rušení může být zkreslení nebo znehodnocení měření.

Odstranění rušivých účinků nízkofrekvenčního elektrického pole se zabezpečí takto:

- elektrické rozvody na vnitřní i vnější straně zdí, podlah a stropů se uloží do kovových instalačních trubek nebo se použijí stíněné kabely. Kovové stínění se připojí k přípojnicí pospojování pouze v jednom bodě. Pokud není opatření dostatečně účinné, doporučuje se

stěny, podlahu a strop odstínit. Stínění se musí uložit izolovaně a spojit s přípojnici pospojování,

- kovové kryty přístrojů třídy II nebo III, které mohou být zdrojem rušení, se spojí s přípojnici pospojování,

Za dostatečně nízkou magnetickou indukci  $B$  v místě pacienta, která již nepůsobí rušení se považují hodnoty:

$$B = 1 \cdot 10^{-7} \text{ T} \quad \text{pro zápis signálu EMG,}$$

$$B = 4 \cdot 10^{-7} \text{ T} \quad \text{pro zápis signálu EKG}$$

$$B = 2 \cdot 10^{-7} \text{ T} \quad \text{pro zápis signálu EEG.}$$

Způsob měření magnetické indukce uvádí příloha 8 ČSN 33 2140.

Dovolená magnetická indukce nebude překročena, když přístroje pro měření biopotenciálů a zdroje magnetického rušení budou vzájemně prostorově oddáleny.

*Poznámka: zvýšenou pozornost vyžaduje instalace zařízení s větším rozptylovým magnetickým polem (elektromotory, distribuční a ochranné oddělovací transformátory). Zdrojem rušení mohou být silová vedení s proudy většími než 50 A, procházející místnostmi pro měření biopotenciálů.*

*Tlumivky zářivkových a výbojových svítidel vytvářejí střídavá magnetická pole. Pokud se nacházejí pod místnostmi pro měření potenciálů, jsou nejčastějšími zdroji rušení, proto se někdy tlumivky ze svítidel umísťují do dostatečné vzdálenosti.*

Doporučené nejmenší vzdálenosti mezi přístroji citlivými na rušení a zdroji rušení uvádí Tab.19, ČSN 33 2140.

*Tab.19 Vzdálenost mezi přístroji a zdroji rušení*

<b>Zdroj rušení</b>	<b>Nejmenší vzdálenost</b>
Distribuční transformátory	10 m
Ochranné oddělovací transformátory	3 m
Elektromotory nad 3 kV.A	6 m
Vícežilové kabely nebo vodiče v instalačních trubkách z plastů	
50 až 200 A	3 m
200 až 400 A	6 m
více než 400 A	9 m
Tlumivky do zářivkových svítidel	
do 3 tlumivek	3 m
více než 3 tlumivky	6 m

Zdrojem vysokofrekvenčního rušení, přenášeného po vedeních, jsou:

- přístroje, při jejichž provozu vzniká jiskření (startéry zářivek, spínače),
- polovodičové prvky (tyristorové a triakové spínače).

Ochranou proti tomuto rušení jsou síťové filtry. Filtry musí být v blízkosti zdrojů rušení, aby napájecí rozvody netvořily anténu pro vyzařování vysokofrekvenční energie. Jako filtry slouží také ochranné oddělovací transformátory (vytvářejí zdravotnickou izolovanou soustavu) s uzemněným stíněním mezi primárním a sekundárním vinutím.

Zdrojem vysokofrekvenčního rušení, přenášeného zářením, jsou:

- vysílací antény telekomunikačních zařízení záchranných vozů,
- krátkovlnná diatermie.

Ochranou proti tomuto rušení je umístění zařízení způsobujícího rušení do větší vzdálenosti od místa, kde se provádí měření s citlivými přístroji. Pokud to nejde, instaluje se citlivé zařízení ve vysokofrekvenčně odstíněné místnosti. Dostatečné stínění má útlum 40 dB v kmitočtovém rozsahu 150 kHz až 30 MHz.

Opatření pro potlačení nízkofrekvenčního elektrického a magnetického pole při použití elektrického podlahového vytápění jsou:

- vytápění napájet stejnosměrným proudem,
- vodiče položit bifilárně,
- topení na obou stranách odstínit kovovou fólií nebo jemným sítem, které se spojí s přípojnici pospojování.

### **5.13 Určení typu místností a aplikace požadavků v místnostech pro lékařské účely**

V jednotlivých místnostech pro lékařské účely musí být realizované všechny požadavky jako závazné (ČSN 33 2140, tab. 3 , str.17) pro daný typ místnosti a požadavky určené podle konkrétního vyšetření / ošetření pacientů.

Každá místnost musí být zařazena do některého z typů místnosti, stanoveny pro ni závazné požadavky a kontroly při pravidelných revizích. Z písemného dokladu musí vyplývat, kdo typ a závaznost určil. Při změně charakteru místnosti je nutno nově určit typ místnosti a překontrolovat, zda stávající požadavky vyhovují změněným podmínkám. Typ místnosti pro lékařské účely se označí ve výkresové dokumentaci slovně nebo číselně (ČSN 33 2140, příloha 11, str. 33).

### **5.14 Dodávka, provoz a zkoušení elektrických rozvodů**

Před uvedením elektrických rozvodů do provozu musí být na zařízení provedena výchozí revize a k zařízení musí být dodána dokumentace podle ČSN 33 2000. Revizní zpráva musí obsahovat výsledky měření všech realizovaných požadavků této normy.

Při změně charakteru užívání místnosti pro lékařské účely musí být provedena revize včetně zprávy, která ověří, zda místnost bude vyhovovat novému účelu. U elektrických rozvodů v provozu se provádějí zkoušky v rozsahu a termínech podle Tab.20.

Tab.20 Provozní zkoušky elektrických rozvodů

Požadavek	Zkouška	Termín
P0	Podle požadavků ČSN 34 1010 při periodické revizi	2 roky
P1	Měření impedance vodičů ochranného uzemnění podle čl. 15.3.1	1 rok
P2	Měření impedance vodičů ochranného pospojování podle čl. 15.3.1	1 rok
P3	Měření dotykového napětí v místnostech určených k přímým zásahům na srdci podle čl. 15.3.2	1 rok
P4	Kontrola funkce proudových chráničů	3 měsíce
P5	Kontrola funkce hlídačů izolačního stavu  Impedance mezi krajními vodiči zdravotnické izol. soustavy a vodiči ochranného uzemnění, čl. 15.3.3 Zkouška reakce hlídače na snížení izolačního odporu soustav, čl. 15.3.4	každý pracovní den 3 měsíce 6 měsíců
P6	Podle požadavků ČSN 34 1010 při periodické revizi	2 roky
P7	Podle požadavků ČSN 34 1010 při periodické revizi	2 roky
GE	Funkční zkouška bez zatížení, čl. 15.3.5 Funkční zkouška se zatížením, čl. 15.3.5	2 týdny 2 týdny
E1, E2 A	Funkční zkouška podle čl. 15.3.6 Měření svodu elektrostatických vodivých podlah, čl. 34 ČSN 34 1382	1 měsíc
I	Měření nízkofrekvenčního magnetického pole podle přílohy 8	při rušení záznamu

Při funkčních zkouškách hlavních nouzových zdrojů se provádí zkoušky se zatížením a bez zatížení, interval mezi nimi je 1 týden. Při zkouškách bez zatížení se kontroluje schopnost startu a provozní parametry soustrojí. Doba chodu zdroje nesmí být delší než 10 minut (karbonizace spalovacího motoru).

Funkční zkoušky se zatížením po vypnutí základního zdroje se provádí po dobu 20 minut při zatížení 75 % jmenovitého výkonu. Při zkoušce se kontrolují parametry vlastního zdroje, automatické přepínání hlavních a záložních přívodů v rozváděčích zdravotnických oddělení, funkce signalizace, druh pevně připojených spotřebičů a označení zásuvkových vývodů.

Celková periodická revize elektrických rozvodů se provádí každé 2 roky kromě prostor s jednotlivými zdroji nebezpečí s revizními lhůtami nadřazenými objektům a musí být prováděny nejpozději 1x za rok.

O všech měřeních, kontrolách, zkouškách a závadách se vede písemný záznam (výchozí, dílčí a periodická revize, zápis do knihy zkoušek nebo provozních deníků zdrojů). Záznam o závadě musí být doplněn zápisem o jejím odstranění.

## 6 ČSN EN 62353 Zdravotnické elektrické přístroje

### 6.1 Zkoušky elektrických zdravotnických přístrojů

Opakovanými zkouškami a zkouškami po opravách zdravotnických elektrických přístrojů se zabývá evropská norma ČSN EN 62353 Zdravotnické elektrické přístroje - Opakované zkoušky a zkoušky po opravách zdravotnických elektrických přístrojů.

Tato norma platí pro zkoušení zdravotnických elektrických přístrojů a zdravotnických elektrických systémů (dále uváděny jako ME - *medical electrical* - *zdravotnický elektrický*) přístroje a systémy nebo části těchto přístrojů a systémů před uvedením do provozu, při údržbě, kontrolách, servisu a po opravách, nebo v případě opakovaných zkoušek pro posouzení bezpečnosti těchto ME přístrojů nebo systémů.

Norma ČSN EN 62353 obsahuje:

- „všeobecné požadavky“, které obsahují kapitoly a články obecného významu a
- „zvláštní požadavky“, doplňující kapitoly a články pro speciální typy ME přístrojů nebo ME systémů, platné společně se „všeobecnými požadavky“ (v současnosti žádné zvláštní požadavky nejsou).

Oblast lékařské techniky zahrnující zdravotnické elektrické přístroje představuje specifickou část elektrotechniky. Existuje celá řada parametrů, pro které platí mnohem přísnější předpisy. Tolerance, v nichž se tyto parametry mohou pohybovat, nejsou tak volné, jako v jiných oborech elektrotechniky. Přímé propojení člověka a elektrického a elektronického zařízení, které je při některých lékařských procedurách nutné, vnáší do technické praxe nové dimenze. Mezi ně patří i výrazná bezpečnostní rizika, kdy je nutné potlačovat nežádoucí projevy elektrického proudu na lidský organismus. Ovšem existují i opačné případy, kdy se požaduje velmi přesná kontrola záměrného působení elektrického proudu na člověka.

### 6.2 Unikající proudy

V současné době odpovídají požadavky na zdravotnické elektrické přístroje evropským i českým technickým normám a to:

- **ČSN EN 60601-1 Zdravotnické elektrické přístroje - Část 1: Všeobecné požadavky na bezpečnost** (IEC 60601-1:1988, 36 4800), včetně všech změn,
- **ČSN EN 60601-1-1 ed.2 Zdravotnické elektrické přístroje - Část 1-1: Všeobecné požadavky na bezpečnost - Skupinová norma: Požadavky na bezpečnost elektrických systémů** (IEC 60601-1-1:2000, 36 4800),
- **ČSN EN 60601-1-ed.2 Zdravotnické elektrické přístroje - Část 1: Všeobecné požadavky na bezpečnost a nezbytnou funkčnost** - 2007, (36 4801).

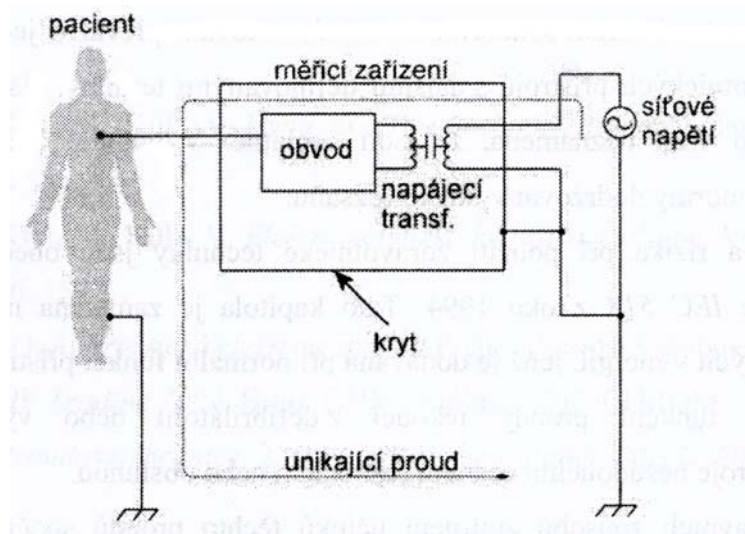
Další části norem souboru EN 60601 se zabývají jednotlivými druhy elektrických zdravotnických přístrojů s definovanými termíny. Všechny normy jsou nezávazné, to však neznamená, že neplatí. V moderní lékařské technice je samozřejmostí dodržovat tyto normy v plném rozsahu.

Nebezpečí a rizika při použití zdravotnické techniky jsou obecně shrnuta např. v technické zprávě IEC 513 z roku 1994. Jedním z nebezpečí spojených s energií, dodávanou při normální funkci přístroje, jsou unikající proudy, funkční proudy tekoucí z defibrilátoru nebo

vysokofrekvenčního chirurgického přístroje nežádoucími cestami pacientem nebo obsluhou. Příkladem může být snímání EKG signálu elektrodami, které jsou přivedeny pomocí katetru přímo k pacientovu srdci. Elektronické přístroje obvykle využívají k napájení rozvodnou síť s frekvencí 50 Hz, kde vzniká nebezpečí unikajících proudů.

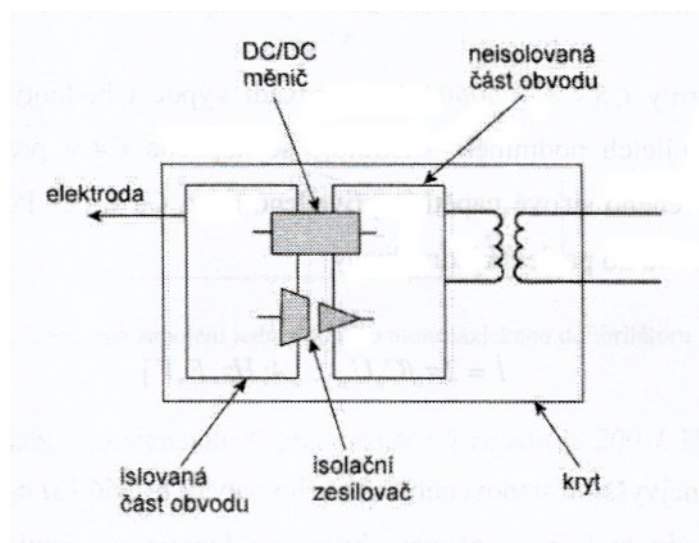
**Unikající proudy** jsou parazitní proudy, tekoucí mezi vzájemně izolovanými částmi přístroje (mezi síťovou a přístupnou částí) většinou přes parazitní kapacitní vazby mezi těmito částmi. Protože impedance přechodu mezi povrchem srdce a elektrodou je velmi nízká, jen desítky ohmů, může i relativně malý proud v mikroampérech  $\mu\text{A}$  způsobit člověku těžkou újmu na zdraví.

Zmírnění účinků těchto proudů spočívá v galvanickém oddělení signálů procházejících zdravotnickým elektrickým přístrojem pomocí speciálních elektrických součástek - isolačních zesilovačů, optronů, isolačních DC/DC měničů pro galvanické oddělení napájecího napětí. Tyto součástky snižují unikající proudy svou malou isolační kapacitou a vysokou izolační bariérou. Obr. 23 ukazuje cestu unikajícího proudu, který vtéká do uzemněného pacienta přes snímací elektrodu. Zdrojem unikajícího proudu je síťový rozvod. Tento proud prochází přes parazitní kapacitu mezi primárním a sekundárním vinutím napájecího transformátoru. Hlavní snahou je tedy co nejvíce snížit hodnotu parazitních kapacit. Toho lze dosáhnout zapojením isolačních součástek, které rozdělí daný obvod na izolovanou a neizolovanou část. Součástky mají velmi nízkou izolační kapacitu, mnohem nižší než jsou hodnoty parazitních kapacit. Při sériovém zapojení tedy dochází ke značné redukci parazitních kapacit.



Obr. 23 Znáznornění cesty unikajících proudů

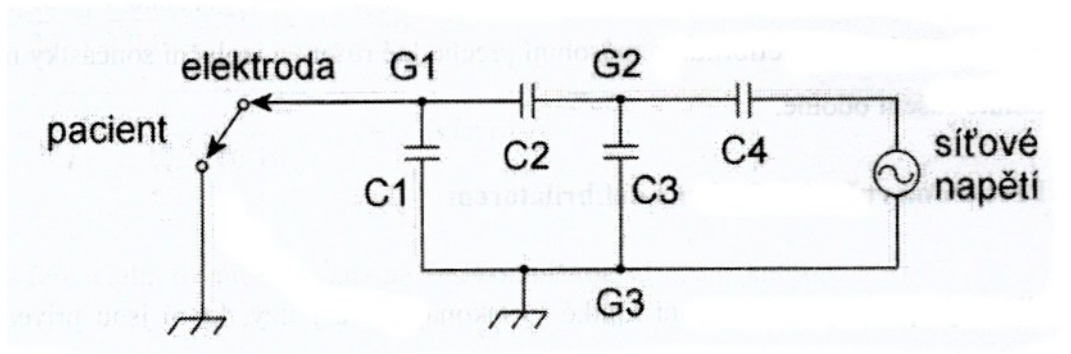
Na Obr. 24 je použit k napájení izolované části DC/DC měnič Z hlediska rušení a izolační kapacity se jeví jako vhodnější k napájení daného přístroje bateriový zdroj. Ovšem baterie není vždy vhodná, takže měniče DC/DC mají své opodstatnění (vysoké požadavky na proudový odběr).



Obr. 24 Rozdělení obvodu na izolovanou a neizolovanou část

## 6.2.1 Výpočet unikajícího proudu pacientem

Podle Obr. 23 a Obr. 24 je odvozeno náhradní schéma zapojení na Obr. 25 pro výpočet unikajících proudů, kde je:



Obr. 25 Náhradní schéma zapojení obvodu z Obr. 24 pro výpočet unikajících proudů

- G1 - izolovaná země,
- G2 - neizolovaná země,
- G3 - ochranná země spojená s krytem,
- C1 - kapacita mezi izolovanou částí a krytem,
- C2 - kapacita izolačních součástí (DC/DC měniče, optronu, izolačního zesilovače),
- C3 - kapacita mezi neizolovanou částí a krytem,
- C4 - kapacita mezi neizolovanou částí a síťovým napětím (napájecí transformátor).

Podle ČSN EN 60601-1 se provádí výpočet hodnoty unikajícího proudu za předpokladu, že se zkratuje kapacita C4 a 110 % nejvyššího síťového napětí je přivedeno mezi G2 a G3. Pak je výpočet proudu tekoucího elektrodou do pacienta jednoduchý:

$$I = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_2 \cdot U_{st} \quad [\text{A}; \text{Hz}, \text{F}, \text{V}], \quad (6.1)$$

kde  $U_{st}$  je 110 % nejvyššího stanoveného síťového napětí, t.j. 266 V s frekvencí 50 Hz.

V obvodě s izolačním zesilovačem a DC/DC měničem s izolační kapacitou 2 pF je hodnota proudu unikajícího pacientem:

$$I = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 4 \cdot 10^{-12} \cdot 266 = 0,33 \mu\text{A} \quad (6.2)$$

Tato hodnota je hluboko pod mezní hodnotou 10  $\mu\text{A}$ .

Kromě uvedeného jednoduchého případu je častým případem, že na pacienta jsou připojeny další přístroje napájené ze síťového zdroje (např. ESU - vysokofrekvenční chirurgická jednotka). Výpočet je pak složitější. Navíc mohou nastat různé poruchové stavy a proud může protékat nejen přes pacienta, ale i obsluhu. Kromě proudů však ESU a defibrilátor způsobují přechodné rušení a izolační součástky musí být vůči tomuto rušení odolné.

Defibrilátor produkuje krátké vysokonapěťové pulsy, přiváděné na pacientovu hrud' v případě srdeční fibrilace. Při testování izolačních součástek je defibrilátor připojen mezi jejich izolovanou a neizolovanou zemí. Proto musí být součástky konstruovány tak, aby přestály vysokonapěťové pulsy bez poškození. Lékařské elektrické přístroje odolné vůči výboji defibrilátoru včetně izolačních součástek musí být schopny odolat plnému napětí nezátíženého defibrilátoru, t.j. 5 kV (podle ČSN EN 60601-2-25, 26, 27).

Vysokofrekvenční chirurgické jednotky ESU jsou elektrické lékařské přístroje využívané při chirurgických zákrocích. Pracují ve dvou režimech, v koagulačním a řezacím. V koagulačním režimu je využíváno teplotních účinků vysokofrekvenčních pulsů k zastavení krvácení z malých žilních ruptur. Amplituda těchto pulsů bývá až několik kV a frekvence až 1 MHz. V řezacím módu je frekvence i amplituda nižší, vysokofrekvenční řez minimalizuje krvácení a poškození okolní tkáň.

Problematika unikajících proudů a rušení je velmi obsáhlá. V současné době je vypracováván návrh normy IEC, kde budou popsány metody zkoušení odolnosti zdravotnických elektrických zařízení proti rušení.

### 6.3 Základní bezpečnostní předpisy pro zdravotnické elektrické přístroje

Konstrukce zdravotnických elektrických přístrojů rovněž podléhají normám platným v ČR i EU. Bezpečnost přístrojů i systémů je důsledně vyžadována za normálních podmínek při stavu jedné závady.

Za stav jedné závady se u všech přístrojů považuje:

- přerušení ochranného vodiče,
- přerušení jednoho napájecího vodiče,
- objevení se vnějšího napětí na příložené části typu F,
- objevení se vnějšího napětí na části vstupu nebo výstupu signálu,
- porucha elektrické součástky, která může způsobit ohrožení bezpečnosti,
- porucha mechanické části, která může způsobit ohrožení bezpečnosti.

### 6.3.1 Klasifikace

Klasifikace přístrojů a jejich příložných částí pro přístroje napájené z vnějšího zdroje elektrické energie mají třídu ochrany před úrazem elektrickým proudem:

- *třída ochrany I* - přístroj, kde ochrana před úrazem elektrickým proudem zahrnuje doplňující bezpečnostní opatření připojením přístroje k ochrannému uzemňovacímu vodiči v pevném rozvodu instalace tak, že se kovové přístupné části nemohou stát živými v případě poškození základní izolace (viz též kap. 3),
- *třída ochrany II* - přístroj, kde ochrana před úrazem elektrickým proudem zahrnuje doplňující bezpečnostní opatření jako je dvojitá nebo zesílená izolace; neobsahuje prostředky pro ochranné uzemnění a nespolehá se na podmínky instalace (viz též kap. 3).

*Stupeň ochrany před úrazem elektrickým proudem* u příložných částí za normálního použití:

- nezbytně přichází do fyzického styku s pacientem, aby přístroj plnil svoji funkci nebo
- mohou být do styku s pacientem přivedena nebo
- vyžaduje, aby se jich pacient dotýkal.

Příložnými částmi jsou např. elektrody snímající biopotenciály člověka (EKG, EEG). Jestliže je příložná část oddělena od ostatních částí přístroje tak, že v případě nechtěného přivedení napětí z vnějšího zdroje k pacientovi neprotéká proud vyšší než unikající proud pacientem přípustný za stavu jedné závady, jedná se o příložnou část typu F.

Rozdělení příložných částí z hlediska ochrany před úrazem elektrickým proudem:

- *příložná část typu B* - poskytuje nejnižší stupeň ochrany a není vhodná pro přímé použití na srdci,
- *příložná část typu BF* - poskytuje vyšší stupeň ochrany než typ F, také není vhodná pro přímé použití na srdci,
- *příložná část typu BF* - poskytuje nejvyšší stupeň ochrany, kterého je dosaženo zvýšeným oddělením od uzemněných částí a ostatních přístupných částí přístroje (izolačními součástkami), čímž se omezuje velikost možného průtoku proudu pacientem. Jsou vhodné pro přímé použití na srdci.

Příložné části se liší velikostí povolených unikajících proudů. Zvláštním případem provedení uvedených částí všech tří typů jsou příložné části odolné defibrilaci, které mají ochranu proti účinku výboje srdečního defibrilátoru do pacienta.

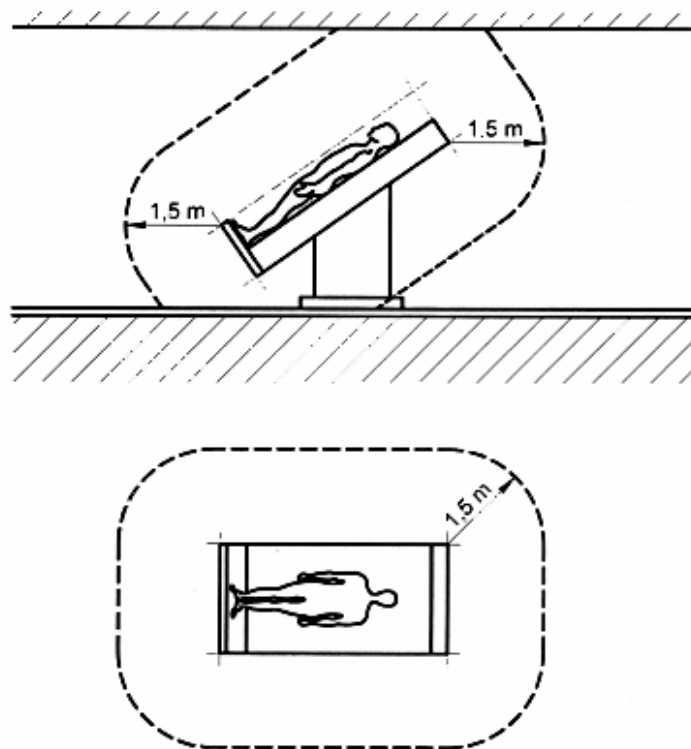
### 6.4 Termíny a definice

Opět jsou uváděny pouze nepoužívanější výrazy, ostatní neuvedené lze najít ve zmíněné normě ČSN EN 62353:



- *přístupná vodivá část* - část ME přístroje přístupná pacientovi nebo obsluze dotýkající se pacienta, nebo která může být uvedena do styku s pacientem ,
- *příslušenství* - přídavná část, určená pro použití s přístrojem za účelem přizpůsobení pro zvláštní použití, usnadnění nebo dosažení určitého použití, rozšíření vlastností, propojení jeho funkcí s funkcemi jiných přístrojů.


- *průvodní dokumentace* - dokumentace dodávaná s ME přístrojem a obsahující informace pro odpovědnou organizaci nebo obsluhu, zvláště s ohledem na základní bezpečnost a nezbytnou funkčnost,
- *příložná část* - část ME přístroje, která při normálním použití přichází nezbytně do fyzického dotyku s pacientem, aby ME přístroj mohl plnit svou funkci,
- *třída ochrany I* - elektrický přístroj, u kterého ochrana před úrazem elektrickým proudem nespočívá pouze na základní izolaci, ale kovové přístupné části nebo kovové vnitřní části jsou ochranně uzemněny (kap. 3),
- *třída ochrany II* - elektrický přístroj, u kterého je ochrana před úrazem elektrickým proudem provedena dvojitou nebo zesílenou izolací a který nemá prostředky pro ochranné uzemnění (ME přístroj může být vybaven svorkou pracovního uzemnění nebo vodičem pracovního uzemnění) (kap. 3),
- *odpojitelný síťový přívod* - pohyblivý přívod určený pro účely síťového napájení k připojení elektrického přístroje vhodným přívodovým spojením,
- *unikající zemní proud* - proud tekoucí ze síťové části izolací nebo po jejím povrchu do vodiče ochranného uzemnění,
- *elektrická bezpečnost* - ochrana poskytovaná přístrojem, která omezuje působení elektrického proudu na pacienta nebo jiné osoby,
- *pracovní spojení* - spojení elektrické nebo jiné určené pro přenos signálů, dat, energie nebo látek,
- *síťová část* - elektrický obvod určený k připojení k napájecí síti,
- *síťové napětí* - napětí napájecí sítě mezi dvěma pracovními vodiči vícefázového systému nebo napětí mezi pracovním a středním vodičem jednofázového systému,
- *údržba* - součinnost všech technických a administrativních prostředků pro udržení nebo obnovení provozního stavu jednotky,
- *zdravotnický elektrický přístroj* - ME přístroj (medical electrical equipment), elektrický přístroj s příložnou částí nebo přenášející energii do pacienta nebo z něj nebo detekující takový přenos energie, který je:
  - a) vybaven nejvíce jedním připojením k určité napájecí síti a
  - b) určený jeho výrobcem k použití při diagnostice, léčbě nebo monitorování pacienta nebo kompenzaci nebo zmírňování nemoci, poranění nebo zdravotního postižení,
- *zdravotnický elektrický systém (medical electrical systém)* – sestava jednotlivých přístrojů, z nichž alespoň jeden je ME přístroj určený výrobcem k vzájemnému propojení pracovním spojením nebo použitím rozbočovací zásuvky
- *modifikace* - změna konstrukčních nebo funkčních znaků ME přístroje, které nejsou popsány v jeho průvodní dokumentaci,
- *normální stav* - všechny prostředky poskytované k ochraně před nebezpečím jsou neporušené,
- *pacientské prostředí (Obr. 26)* - je prostor, kde může dojít k záměrnému nebo neúmyslnému dotyku pacienta s částmi ME přístroje nebo ME nebo k dotyku pacienta s jinými osobami, dotýkající se částí ME přístroje nebo ME systému,
- *proud unikající pacientem* - je proud: - tekoucí z patientských připojení přes pacienta do země, nebo vznikající z neúmyslné přítomnosti napětí z vnějšího zdroje na pacientovi a tekoucí z tohoto pacienta patientskými připojeními příložné části typu F do země,
- *pomocný proud pacientem* – proud mezi částmi příložné části, tekoucí do pacienta za normálního použití, není určený k vyvolání fyziologického účinku

Kromě těchto unikajících proudů pacientem jsou definovány ještě unikající proudy *do země a krytem*.



Obr. 26 Pacientské prostředí

- *odpor ochranného uzemnění* - odpor mezi kteroukoli přístupnou vodivou částí, která musí být z důvodu bezpečnosti spojena se svorkou ochranného uzemnění a ochranným kolíkem síťové vidlice nebo ochranným kolíkem přívodky nebo ochranným vodičem trvale spojeným s napájecí sítí,
- *vedení do provozu* - první použití ME přístroje nebo ME systému poté, co byl připraven k provozu v odpovědné organizaci,
- *referenční hodnota* - hodnota, dokumentovaná pro posouzení následných měření,
- *odpovědná organizace* - subjekt odpovědný za používání a údržbu ME přístroje nebo ME systému,
- *servis* - součinnost všech prostředků pro udržení ME přístroje ve stavu podle požadavků výrobce,
- *dotykový proud* - unikající proud, tekoucí vnější cestou jinou než vodičem ochranného uzemnění z krytu nebo jeho částí, s výjimkou patientských připojení přístupných při normálním použití obsluze nebo pacientovi, do země nebo jiné části krytu,
- *příložná část typu B* - splňuje požadavky IEC 60601-1 pro poskytnutí ochrany před úrazem elektrickým proudem, týkající se zejména dovoleného proudu unikajícího pacientem a pomocného proudu pacientem, část typu B je označena značkou 
- *příložná část typu BF* - splňuje požadavky IEC 60601-1 pro poskytnutí vyššího stupně ochrany před úrazem elektrickým proudem, než poskytují příložné části typu B, je označena značkou 

- *příložná část typu CF* - splňuje požadavky IEC 60601-1 pro poskytnutí vyššího stupně ochrany před úrazem elektrickým proudem než poskytují příložné části typu BF je označena značkou .

## 6.5 Požadavky

Všeobecné požadavky platí pro:

- zkoušky před uvedením do provozu,
- opakované zkoušky a
- zkoušky po opravách.

Zkoušky jsou východiskem pro nastavení rozsahu zkoušení ME přístrojů a ME systémů. Provádí je kvalifikovaný personál, vyškolený k danému tématu, znalost, zkušenost a obeznámenost s příslušnými technologiemi, normami a místními předpisy. Všechny zkoušky musí být provedeny takovým způsobem, aby pro zkušební personál, personál nebo ostatní osoby nevzniklo nebezpečí.

Všechny hodnoty napětí a proudů jsou efektivní hodnoty střídavého, stejnosměrného nebo složeného napětí nebo proudu.

*Zkoušení před uvedením do provozu, po modifikacích a po opravách*, v případě nového nebo modifikovaného, dosud nezkoušeného a opraveného ME přístroje nebo systému. Výsledky těchto měření jsou „referenční hodnoty“ a musí být dokumentovány spolu s měřicími metodami jako referenční pro budoucí měření.

*Opakovaná zkouška* - hodnoty zjištěné při těchto zkouškách musí být spolu s měřicími metodami dokumentovány a posouzeny. Naměřené hodnoty nesmí překročit přijatelnou mez podle *Tab.8* nebo *Tab. E-1* v příloze E ČSN EN 62353: 1988. Jsou-li naměřené hodnoty mezi 90 % až 100 % přijatelné meze, berou se pro posouzení elektrické bezpečnosti ME přístroje nebo systému v úvahu předchozí naměřené hodnoty (referenční).

U ME systémů musí být vizuálně kontrolováno, zda je jejich uspořádání stejné jako při minulé kontrole nebo zda nebyly jednotky ME systému vyměněny, doplněny nebo odejmuty. Takové změny musí být dokumentovány, výsledky měření po změně jsou referenčními hodnotami.

## 6.6 Ochrana před nebezpečím

Ochrana pacienta před nebezpečím spočívá v maximálním potlačení průchodu proudu jeho tělem. V *Tab.21* jsou uvedeny povolené hodnoty unikajících proudů, které mohou přes pacienta procházet a jsou měřitelné speciálními přístroji pro tyto účely. Jakost elektrické izolace musí být taková, aby proudy, které jí protékají byly omezeny na stanovené hodnoty podle *Tab.21*.

Hodnoty v tabulce jsou maximální pro všechny kombinace:

- při provozní teplotě a po počáteční klimatizaci ve vlhku,
- za normálních podmínek i při stanovených stavech jedné závady.

Tab.21 Maximální povolené hodnoty unikajících proudů

Proud (mA)	Typ B		Typ BF		Typ CF	
	NP	JZ	NP	JZ	NP	JZ
Unik.proud pacientem DC	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05
AC	0,10	0,50	0,10	0,50	0,01	0,05
Unikající proud pacientem při síťovém napětí na části vstupu nebo výstupu signálu	-	5,00	-	-	-	-
Unikající proud pacientem při $U_{sít}$ na příložné části	-	-	-	5,00	-	0,05
Pomoc.proud pacientem DC	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05
AC <sup>x</sup>	0,10	0,50	0,10	0,50	0,01	0,05

NP - normální podmínky

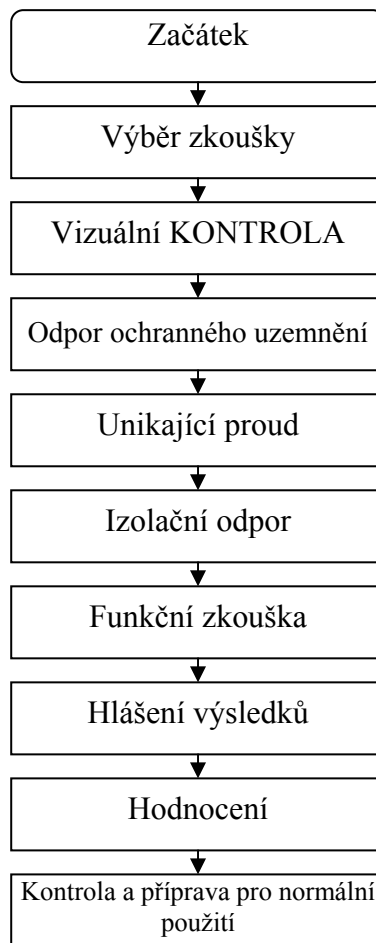
JZ - jedna závada

<sup>x</sup> - týká se pouze střídavé složky příslušného proudu.

## 6.7 Zkoušky

Před zkoušením se v průvodní dokumentaci zjistí doporučení výrobce k údržbě včetně zvláštních podmínek a výstrah. Zkoušky se smí provádět při okolní teplotě, vlhkosti a atmosférickém tlaku zkušebního místa. Doporučené pořadí zkoušek, které mají být provedeny, je na *Obr. 27*.

Jestliže průvodní dokumentace neobsahuje informace o intervalech mezi periodickými kontrolami (např. u starších přístrojů), musí být stanoveny individuálně oprávněnou osobou. Při stanovení míry rizika musí být vzaty v úvahu: četnost používání přístroje a výskytu poruch přístroje, provozní prostředí, způsob provozu - nepřenosný, mobilní, pohotovostní a pod. a doporučení výrobce. Odpovídající intervaly mezi zkouškami musí být nastaveny v rozsahu od 6 do 36 měsíců.



Obr. 27 Pořadí zkoušek

### 6.7.1 Vizualní kontrola

Víka a kryty se otevírají pouze pokud je to požadováno v průvodní dokumentaci, této normě nebo existuje náznak nedostatečné bezpečnosti.

Zvláštní pozornost musí být věnována následujícím:

- všechny pojistky přístupné z vnějšku vyhovují údajům výrobce (proud, charakteristika),
- značení související s bezpečností, štítky a popisy jsou čitelné a úplné,
- neporušenost mechanických částí,
- poškození nebo kontaminace,
- posuzuje se příslušenství (síťový přívod, patientské vodiče, hadice),
- dokumentace je předložena a obsahuje údaje o revizi ME přístroje nebo systému.

### 6.7.2 Měření

Požadavky na měřicí zařízení jsou v příloze C ČSN EN 62353.

Je-li to možné, musí být ME přístroj nebo ME systém odpojen od napájecí sítě. Pokud to není možné, je nutno pro personál provádějící měření provést zvláštní opatření na ochranu před nebezpečím.












Tab.22 Důvody pro volby různých měřicích metod

Měřicí metoda	Důvody pro	Důvody proti
<b>Přímá metoda</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Možnosti měření jak střídavého, tak unikajícího proudu</li> <li>- Ve srovnání s jinými metodami nejvyšší přesnost při měření nízkých unikajících proudů</li> <li>- Není ovlivněna druhem spínače napájecí sítě</li> <li>- Měří skutečný únik, jako při typickém použití zdravotnického přístroje</li> <li>- Umožňuje přímé srovnání s přejímacími/typovými měřeními, provedenými podle IEC 60601-1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Potřeba odpojení svorky ochranného uzemnění (PE) při měření <ul style="list-style-type: none"> <li>• připojením rezistoru 1 k<math>\Omega</math> (M<math>\Omega</math>) do PE vodiče při měření, což může zvýšit nebezpečí pro osoby provádějící měření</li> <li>• u přístrojů s vysokým unikajícím proudem (z důvodu poruchy zkoušeného přístroje [DUT])</li> <li>• odpojením měřicího přípravku</li> <li>• je-li použit ve spojení s jinými měřicími přístroji</li> </ul> </li> <li>- DUT musí být při měření elektricky odpojen od země což není možné např. <ul style="list-style-type: none"> <li>• u většiny pevně instalovaných zobrazovacích přístrojů</li> <li>• u většiny pevně instalovaných stomatologických křesel</li> <li>• u přístrojů připojených k napájení vodou nebo plynem</li> </ul> </li> <li>- Měření musí být provedeno při každé polaritě napájecí sítě</li> </ul>
<b>Diferenciální metoda</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Není ovlivněna druhem spínače</li> <li>- DUT nemusí být při měření odpojen</li> <li>- Měří se celkový unikající proud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Méně vhodné pro měření nízkých unikajících proudů</li> <li>- Ovlivněno vnějšími magnetickými poli, kmitočtem a spotřebou proudu DUT</li> <li>- Měření musí být provedeno při každé polaritě napájecí sítě</li> <li>- Ve srovnání s jinými měřicími metodami mohou být přesnost a kmitočtový rozsah omezeny</li> </ul>
<b>Alternativní metoda</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nevyžaduje systém TN</li> <li>- Stačí jedno měření (polarita napájecí sítě nemá vliv)</li> <li>- Nejvyšší bezpečnost pro zkoušející osoby (protože DUT je odpojen od napájecí sítě)</li> <li>- DUT nemusí být při měření odpojen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elektronické spínače v napájecím zdroji přístroje musí být při zkoušce zkratovány (obtížné u elektronických spínačů)</li> <li>- Nelze přímo srovnávat s jinými metodami (měřené hodnoty jsou součtem unikajících proudů při obou polaritách měřených přímou metodou nebo diferenciální metodou. Proto jsou dovolené hodnoty dvojnásobkem hodnot pro ostatní metody.)</li> <li>- Nemusí zjistit některé stavy unikajícího proudu (např. vyšší unikající proud topných prvků.)</li> </ul>

Norma uvádí podmínky měření a schémata zapojení pro měření odporu ochranného uzemnění, měření unikajícího proudu přístroje a unikajícího proudu příložené části různými metodami, Tab.22. Velmi důležité je měření izolačního odporu mezi různými částmi zapojeného elektrického obvodu, které se provádí stejnosměrným napětím 500 V.

Tab.23 udává značky, které se vyskytují v technické dokumentaci ME přístrojů nebo ME systémů.

Tab.23 Vysvětlení značek

	NAPÁJECÍ SÍŤ		Ochranná zem (uzemnění)
<b>L, N</b>	Svorky NAPÁJECÍ SÍŤE	<b>PE</b>	Svorka ochranného uzemnění
	SÍŤOVÁ ČÁST		PŘÍLOŽNÁ ČÁST
	PŘÍLOŽNÁ ČÁST TYPU F	<b>AP1, AP2</b>	PŘÍLOŽNÉ ČÁSTI pro různé funkce
	Měřicí přípravek (viz obrázek C.1)		Měřič reziduálního proudu s kmitočtovou charakteristikou jako MD
	Měřič odporu		Měřič izolačního odporu
<b>NC</b>	NORMÁLNÍ STAV	<b>SFC</b>	STAV PŘI JEDNE PORUŠE
	Část krytu, která není ochránně uzemněná		Spojení s PŘÍSTUPNÝMI VODIVÝMI ČÁSTMI
	Volitelné spojení		

## 6.8 Výsledky zkoušky a hodnocení

### 6.8.1 Zprávy o výsledcích

Provedené zkoušky musí být obsažně dokumentovány. Dokumentace musí obsahovat následující údaje:

- identifikace zkušebního orgánu (společnost a oddělení),
- jména osob, které provedly zkoušky a vyhodnocení,
- identifikace přístroje/systému (typ, výrobní a inventární číslo) a zkoušeného příslušenství,
- zkoušky a měření,
- datum, typ a závěr/výsledky:
  - vizuálních kontrol,
  - měření,
  - funkčních zkoušek souvisejících s bezpečností přístroje,
- závěrečné hodnocení,
- datum a potvrzení osobami, které hodnocení provedly,
- identifikace zkoušeného přístroje/systému (podle rozhodnutí odpovědné organizace).

Příklad dokladu o zkoušce je na *Obr. 28*.

Organizace provádějící zkoušku:	Zkouška před uvedením do provozu (referenční hodnota): <input type="checkbox"/>
Jméno zkoušející osoby:	Opakovaná zkouška <input type="checkbox"/>
	Zkouška po opravě <input type="checkbox"/>
<b>Odpovědná organizace:</b>	
Přístroj:	Identifikační číslo:
Typ:	Výrobní číslo/číslo série:
Výrobce:	Třída ochrany: I II Baterie
Příločná část typu: 0 B BF CF	Připojení k síti: <sup>1)</sup> P/E NPS DPS
PŘEKLÁDÁNÍ	
Zkouška: Měřicí zařízení:	Vyhovuje: Ano Ne
Vizuální kontrola:	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Měření	Naměřená hodnota
Odpor ochranného uzemnění:	_____ Ω
Unikající proud přístroje (podle obrázku _____)	_____ mA
Proud unikající pacientem (podle obrázku _____)	_____ mA
Izolační odpor (podle obrázku _____)	_____ MΩ
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Funkční zkouška (zkoušené parametry):	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Obr. 28 Příklad dokladu o zkoušce

## 6.8.2 Hodnocení

Hodnocení bezpečnosti ME přístroje/systému musí provést kvalifikované osoby, dostatečně zaškolené pro práci se zkoušenými přístroji.

Není-li zaručena bezpečnost ME přístroje/systému, musí být ME přístroj/systém příslušně označen a riziko musí být písemnou formou sděleno odpovědné organizaci.

## Literatura

- [1] ČSN EN 62353 Zdravotnické elektrické přístroje - Opakované zkoušky a zkoušky po opravách zdravotnických elektrických přístrojů, ČNI, Praha 2008
- [2] ČSN EN 50110-1, ed.2 Obsluha a práce na elektrických zařízeních, ČNI Praha 2005
- [3] ČSN 33 2000-4-41, ed.2 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem, ČNI, Praha 2007
- [4] ČSN 33 2140 Elektrický rozvod v místnostech pro lékařské účely, ČNI, Praha 1987
- [5] TNI 34 3100 Obsluha a práce na elektrických zařízeních - Komentář k ČSN EN 50110-1 ed.2:2005, ČNI, Praha 2005
- [6] TNI 33 2140 Elektrický rozvod v místnostech pro lékařské účely - Komentář k ČSN 33 2140, ČNI, Praha 2007
- [7] ČSN 61140, ed.2 Ochrana před úrazem elektrickým proudem - Společná hlediska pro instalaci a zařízení, ČNI, Praha 2003
- [8] Sluka, J.: Základní změny v ČSN 33 2000-4-41 ed.2, Elektro 8-9/2008
- [9] Smékal,R.: Bezpečná elektroinstalace ve zdravotnictví, Elektro 11/2009
- [10] Czirik,V.: Přípravované elektrotechnické normy v oblasti pravidel pro elektrotechniku a TNI, Elektrotechnický magazín 11-12/2010
- [11] Hozman,J.,Chaloupka,J., Maršálek,P.: Praktika z biomedicíncké a klinické techniky 3, Simulátory fyziologických funkcí a bezpečnost pacienta, nakladatelství ČVUT-FBI Praha, 2008, ISBN 978-80-01-04031-7,
- [12] Vejrosta, V.: Konstrukce zdravotnických elektrických přístrojů - Aplikace požadavků mezinárodních a evropských norem, Česká společnost pro zdravotnickou techniku, Praha 2001, ISBN 80-02-01460-X,
- [13] Fabian V. Dobiáš M.: Použití technických norem ve zdravotnictví, učební text ČVUT FBMI, Praha 2007

Další související normy:

- ČSN 33 0100 Elektrická zařízení - Rozdělení a pojmy
- ČSN 33 0300 Druhy prostředí pro elektrická zařízení
- ČSN 33 200 Základní ustanovení pro elektrická zařízení
- ČSN 33 2030 Ochrana před nebezpečnými účinky statické elektřiny
- ČSN 34 0165 Předpisy pro značení holých a izolovaných vodičů barvami nebo číslicemi
- ČSN 35 1330 Oddělovací ochranné a bezpečnostní ochranné transformátory
- ČSN 33 0160 Značení vodičů a svorek elektrických předmětů a zařízení
- ČSN 33 0170 Barvy světelných návěstí a ovládacích tlačítek

ČSN 33 2050 Uzemnění elektrických zařízení  
ČSN 34 3100 Bezpečnostní předpisy pro obsluhu a práci na elektrických zařízeních  
ČSN 34 3500 První pomoc při úrazech elektřinou  
ČSN 34 3510 Bezpečnostní tabulky a nápisy pro elektrická zařízení  
ČSN 36 0082 Umělé osvětlování ve zdravotnických zařízeních  
ČSN 36 4800 Elektrické přístroje zdravotnické

## Přílohy

### Příloha A Lékařské přístroje a metody

Tab A.1 Nejběžnější lékařské přístroje a léčebné metody

<b>Obor medicíny</b>	<b>Užívané přístroje a metody</b>
<b>Interní medicína</b>	fonendoskop, EKG, defibrilátor , echokardiografie Dopplerovská echokardiografie, kardiostimulátor
<b>Chirurgie</b>	rentgenová diagnostika, mamografie, endoskopie k provádění chirurgických výkonů
<b>Gynekologie a porodnictví</b>	ultrazvuk
<b>Neurologie</b>	CT, magnetická rezonance (MRI), EMG, EEG mamografie
<b>Ortopedie</b>	CT, magnetická rezonance - MRI, rentgen monografie, scintigrafie
<b>Ušní, nosní a krční lék.</b>	otoskop, endoskopická technika, laryngoskop CT, MRI
<b>Oční lékařství</b>	laser, brýlová skla, sonografie
<b>Neurochirurgie</b>	CT, MRI, sonografie
<b>Radioterapie</b>	Gama zářiče, Lekselův gama nůž urychlovač částic - betatron
<b>Radiologie</b>	CT, skiaskopie, skiografie, magnetická rezonance MRI mamografie, ultrazvuk
<b>Plicní lékařství</b>	CT, MRI
<b>Kožní lékařství</b>	laser, fototerapie - IC, UV záření
<b>Onkologie</b>	radiační terapie, CT, MRI, ultrazvukové vyšetření
<b>Nukleární medicína</b>	scintilační kamera, tomografie, počítačová tomografie PET, SPECT)
<b>Rehabilitační medicína</b>	magnetoterapie, laseroterapie, ultrazvuková terapie fototerapie, elektroléčba

## Příloha B Ultrazvuková diagnostika

**Ultrazvuk** je akustické vlnění s frekvenčním spektrem mezi 20 kHz a 1 GHz, tedy s frekvencí nad hranicí slyšitelnosti. K lékařským účelům je vhodné frekvenční pásmo 2 až 30 MHz. Ultrazvukové zobrazovací metody nemají vedlejší nežádoucí účinky (např. radiační zátěž apod.). Drobným nedostatkem je však nižší kvalita získaného obrazového záznamu.

### Historie ultrazvuku

Ultrazvuku se začalo využívat již v minulém století. Důležitým impulsem k jeho výzkumu byla druhá světová válka, kdy lokalizace ponorek pomocí **sonaru** výrazně přispěla k vítězství spojeneckých velmocí.

Odráživá diagnostická metoda byla zavedena do medicíny roku 1949, kdy byly získány odrazy od cizích těles a žlučových kamenů v těle. Začátkem šedesátých let se ve Velké Británii a Japonsku objevily první ultrazvukové lékařské přístroje pro dvojrozměrné zobrazení. Od padesátých let se začaly objevovat ultrazvukové metody založené na Dopplerově principu, které umožňují zjišťovat směr a rychlost pohybu struktur odrážejících ultrazvuk. První aplikace sloužily k detekci pohybu srdečního svalu.

### Konstrukce přístroje pro ultrazvukovou diagnostiku

Moderní ultrazvukové přístroje jsou technologicky velmi vyvinuté diagnostické systémy, které umožňují změření a zobrazení až třiceti diagnostických snímků za sekundu. Nejdůležitější částí každého ultrazvukového přístroje je **sonda**. Podle tvaru se rozlišují ultrazvukové sondy na lineární a sondy se sektorovou geometrií.

**Lineární sonda** je tvořena řadou lineárně uspořádaných piezoelektrických krystalů, které jsou po skupinách elektronicky vybuzeny. Výsledný ultrazvukový snímek má obdélníkový tvar. Výhodou obdélníkové geometrie řezu je zviditelnění oblasti blízké sondě, její nevýhodou je však omezené zorné pole ve větších hloubkách lidského těla. Tuto nevýhodu potlačuje **lineární zakřivená sonda**, jejíž zorné pole je v hloubce lidského těla podstatně širší než zorné pole sondy lineární.

Z potřeby zobrazení oblastí hluboko (15-20 cm) položených v lidském těle byly vyvinuty **sondy se sektorovým tvarem diagnostického řezu**.

Nejmodernější ultrazvukové diagnostické systémy pracují s technologicky velmi náročnou **elektronickou sondou**. Diagnostické snímky pořízené pomocí této sondy jsou vysoce kvalitní a umožňují pořizovat trojrozměrné snímky.

Vysílání ultrazvukového signálu z diagnostické sondy do těla pacienta má za následek šíření podélné tlakové vlny. Při každé interakci vlny s tkáněmi jednotlivých orgánů je část signálu tkání pohlcena, část rozptýlena, a část odrazena. Takto zeslabený signál lze po výstupu z pacientova těla změřit a získat tak celkovou informaci o akustických vlastnostech vyšetřovaných tkání. Tato **metoda** se nazývá **transmisní**.

Další metodou, kterou lze k získání informace užít, je **metoda reflexní**, při níž je měřena a zpracovávána ta část ultrazvukového signálu, která je v průběhu interakce s prozářenými tkáněmi odrazena zpět k místu svého vzniku, tedy k ultrazvukové sondě.

Ultrazvukovou vlnu lze generovat různými způsoby, které mohou užívat *mechanického, elektromechanického, optického, termického či piezoelektrického* principu přeměny energie. Piezoelektrická metoda generace ultrazvukového vlnění je nejdůležitější, její princip je užít při konstrukci všech sond užívaných v lékařské diagnostice. Piezoelektrický jev je založen na přeměně mechanické deformační energie v energii elektrickou a naopak. Deformuje-li se piezoelektrický krystal, vznikne mezi jeho protilehlými elektrodami elektrické napětí, když se přivede na elektrody krystalu elektrické napětí, krystal se deformuje. Přivedením střídavého

napětí se piezoelektrický krystal rozkmitá, tím vyvolá na protilehlých elektrodách měřitelné střídavé napětí o vlastní frekvenci a amplitudě a krystal se tak stane detektorem dopadajícího ultrazvukového vlnění.

Ultrazvuková vlna se v tkáních různých měkkých orgánů lidského těla šíří rychlostí mezi 1450 m.s<sup>-1</sup> (např. tuk) a 1560 m.s<sup>-1</sup> (játra, ledviny) a v kostech rychlostí 3800 m.s<sup>-1</sup>. Pro srovnání: ve vzduchu se ultrazvuková vlna šíří rychlostí zhruba 330 m.s<sup>-1</sup>.

Při zjišťování výsledné hodnoty intenzity ultrazvukového záření se provádí převod z gramů na watty (g → W).

Pro vyzářený akustický výkon platí:

$$P = c \cdot F / 2 \cdot \cos^2 \alpha,$$

kde  $c$  - je rychlost šíření ultrazvuku v příslušné kapalině,

$\alpha$  - úhel mezi směrem šíření ultrazvukové vlny a normálou k odrazné ploše kužele.

Předpokladem je ideální odraz vlnění od kuželové plochy (tenká vrstva dutého kužele).

Síla  $F$  se změří vážením odrazového kužele pro případ, že je ultrazvuk zapnut a vypnut.

Jestliže ultrazvuková vlna nedopadá na hranici mezi dvěma orgány s tkáněmi o různé impedanci kolmo ale pod úhlem  $\alpha$ , dochází k jejímu lomu. Lom nepřispívá k diagnosticky využitelné informaci, způsobuje nežádoucí deformaci a vede ke vzniku rušivých obrazových artefaktů.

## Příloha C Zobrazovací metody v lékařské diagnostice

Moderní éra zobrazovací diagnostiky začala zhruba před 110 lety, roku 1895, objevením neznámých (X) paprsků **W.C.Röntgenem**. Při průchodu těchto paprsků různými vnitřními orgány dochází k jejich rozdílné absorpci, což umožnilo dobře odlišit tvrdé tkáně (kosti) od měkkých.

Snímek z rentgenového přístroje vyžaduje ke své interpretaci zkušeného radiologa. Standardní metodou není možné získat tomografický, „anatomický“ řez lidským tělem a nedostatkem jsou vedlejší účinky rentgenového záření, které pacienta ohrožují. První problém vyřešila **počítačová tomografie (CT)**, zvýšila rozlišení co do hustoty tkání, a umožnila rekonstruovat příčné řezy tělem člověka. Omezení i vymizení nežádoucích vedlejších účinků ve smyslu radiační zátěže bylo dosaženo metodami magnetické rezonance (MRI) a ultrazvukové diagnostiky.

### C.1 Rentgenová diagnostika

**Rentgenové záření** je elektromagnetické záření s vlnovými délkami od  $10^{-8}$  až  $10^{-12}$  m. Vzniká při přeměně energie rychle se pohybujících elektronů, dopadajících na povrch kovové elektrody, na energii elektromagnetického záření. Čím je energie dopadajících elektronů větší, tím kratší je vlnová délka rentgenového záření.

Vlnová délka rentgenového záření určuje jeho základní vlastnosti, na kterých je založeno praktické využití rentgenového záření.

Mezi nejdůležitější vlastnosti patří:

- **schopnost pronikat látkami,**
- **působení na fotografickou emulzi,**
- **ionizace látky, kterou záření prochází,**
- **specifický způsob pohlcování v látkách.**

Čím kratší je vlnová délka rentgenového záření, tím lépe záření proniká látkami a má větší ionizační účinky. Rentgenové záření o kratších vlnových délkách, tedy s větší energií, je označováno jako „tvrdé“ rentgenové záření. To je využíváno, na rozdíl od „měkkého“ rentgenového záření, které slouží k zobrazování, k léčbě nádorů ozařováním (klinický obor radioterapie). V lidském těle se rentgenové záření pohlcuje 150x více v kostech, které jsou složeny především z fosforečnanu vápenatého, než ve tkáních, složených především z vody. Proto se na rentgenovém snímku jeví kosti světleji než tkáně. Snímek je zhotoven za několik milisekund a expozice je jen 2 % dřívější radiační zátěže. Snímky lze digitalizovat a přímo ukládat v PC

Jinou možností, jak generovat rtg záření je užití **synchrotronu**. Synchrotron je zařízení na urychlování nabitých částic (elektrony, pozitrony), a to až na rychlosti srovnatelné s rychlostí světla. Záření produkované na synchrotronech je mnohonásobně intenzivnější než záření běžných RTG lamp, nevýhodou je vysoká pořizovací cena a náklady na jeho provoz.

V Evropě je pouze jediné zařízení tohoto typu.

## **C.2 Počítačová tomografie (Computer Tomography - CT)**

Počítačová tomografie v podstatě kombinuje klasické rentgenové vyšetření s počítačovým systémem, který zpracovává informace do trojrozměrného obrazu orgánů. Výpočetní tomograf pořizuje a zpracovává řádově tisíce až desetitisíce rentgenových obrazů získaných z projekcí tělem pacienta. Pacient je zasunut a posouván na vyšetřovacím stole do vyšetřovacího tunelu, kde jej po kruhové dráze obíhá zařízení složené z rentgenky a soustavy detektorů. Anatomický řez tělem pacienta je ze snímaných dat rekonstruován a zobrazen na monitoru. Rentgenové paprsky jsou tlumeny jednotlivými tkáněmi různě, proto umožňuje takto získaný obraz rozlišit jednu tkáň od druhé. Nevýhodou je, že pacient je vystaven rentgenovému záření.

## **C.3 Magnetická rezonance (MRI)**

Magnetická rezonance je lékařská diagnostická metoda, která nemá na rozdíl od CT žádné nežádoucí účinky. K získání obrazu tkání orgánů pacienta využívá účinku magnetického pole a elektromagnetického záření v oblasti frekvencí radiových vln.

Zařízení pro MRI je opět tunel, který ale obsahuje řídicí výkonný počítač, silný magnet na vytvoření homogenního magnetického pole (s magnety permanentními, supravodivými nebo odporovými) a radiofrekvenční cívky, které slouží jako antény vysílající elektromagnetický signál a jako modifikátory magnetického pole.

V lidském těle je velké procento vody. Magnetická rezonance je schopna měřit vychýlení os protonů v atomech vodíku v molekulách vody. Proto je metoda vhodná ke snímkování tkání i měkkých částí kloubů, není ale vhodná pro snímkování kostí. Výstupem ze snímkování je pouze shluk teček, zpracováváný výkonnými počítači ze speciálními programy, které vytvoří reálný obraz na základě změřené hustoty protonů v příslušné tkáni.

Během vyšetření je nutné dodržovat určitá pravidla. V okolí MRI systému se nachází velmi silné magnetické pole (u permanentního magnetu neustále, u supravodivého a odporového po dobu vyšetření). Každý kovový předmět je v magnetickém poli vystaven silám, úměrným intenzitě tohoto pole. Pacient nesmí mít v těle žádné kovové předměty, malé předměty vedou ke znehodnocení diagnostického snímku větší mohou být z těla pacienta působením magnetického pole i vytrženy.

## **C.4 Ultrazvuková diagnostika**

Ultrazvukové diagnostické metody mají velmi malou rizikovitost, jen nižší kvalitu získaného obrazového záznamu oproti jiným metodám (viz Přílohu 2).

## **C.5 Echokardiografie**

Praktické využití poznatků o průniku ultrazvukových vln prostředím se odrazilo i v diagnostice srdečních onemocnění. Echokardiografie je založena na principu snímání zpětně odražených ultrazvukových vln. Echokardiografické přístroje dokáží zobrazit srdce z různých stran, lze tak získat poměrně přesnou představu o pohybech srdce a funkci chlopní.

## C.6 Dopplerovská echokardiografie

Dopplerovská echokardiografie je součástí ultrazvukového vyšetření srdce. Metoda je založena na **Dopplerově jevu**. Ultrazvukové přístroje, založené na Dopplerově principu, dokáží měřit rychlost proudění krve, a tím i zúžení vyšetřované cévy. V tomto případě jsou pohybující se tkáně krevní elementy (červené krvinky, bílé krvinky a destičky), které jsou unášeny v krevním řečišti. Pohybem krevních částic dochází k frekvenčnímu posunu a odražené ultrazvukové vlny mají frekvenci změněnou v závislosti na směru a rychlosti jejich pohybu. Tak lze měřit rychlost proudění krve přes srdeční chlopně. Tato metoda je nebolestivá a diagnosticky cenná.

## C.7 Lekselův gama nůž

Gama nůž je přístroj, který při své činnosti využívá úzké svazky gama záření.  $\gamma$ -záření je radioaktivní elektromagnetické záření s vlnovými délkami kratšími než 300 pm. Lze jej zeslabit silnou vrstvou materiálu obsahující jádra těžkých prvků (olova). Záření  $\gamma$  se neodchyluje v elektrickém ani magnetickém poli. Je to v podstatě chirurgický nástroj, kterým lze ničit patologické struktury v hloubce mozku. Jako zdroj záření se používá  $^{60}\text{Co}$ , účinek zpřesňují zobrazení CT a MRI.

Základními částmi přístroje je *radiační jednotka* (obsahuje 201 zdrojů  $^{60}\text{Co}$ , tvořených sloupcem 11-13 kobaltových disků), *kolimátorová helmice* (kovová helmice s 201 otvory umístěnými pravidelně po celé její ploše) a *stereotaktický koordinační rám společně s počítačovým systémem*

Rám slouží k přesnému zacílení paprsků do konkrétního místa. K radiační jednotce je připojen operační stůl s pohyblivým lůžkem, na kterém leží pacient s hlavou umístěnou v kolimátorové helmici. Celý gama nůž je ovládán z kontrolního panelu v přilehlé místnosti.

## C.8 Laser

Využití laserového záření k léčení kožních a očních onemocnění se datuje od r-1961. Energie optického záření je v laseru koncentrována na malé ploše a využívána k řezání tkání v laserové chirurgii. Výhodou je bezdotykový ostře ohraničený řez tkání i odstranění malých struktur bez poškození okolí nebo zanesení infekce do rány.

Lasery se využívají v onkologii, neurochirurgii, stomatologii atd. Nejdříve používaný laser rubínový byl nahrazen laserem argonovým, na některé typy operací se využívá vysokovýkonný pulsní laser, pro úpravu očních vad laser excimerový. S rozvojem vláknové optiky a možnosti přenášení laserového záření optickými vlákny se lasery uplatňují i v tzv. angioplastice, kde se pomocí záření provádí zprůchodňování uzavřených cév. Další velkou oblastí je použití fotochemoterapeutických metod založených na možnosti ničení rakovinových buněk optickým zářením (fotodynamická terapie).

Lasery se uplatňují i v diagnostice, kde je záření malého výkonu využíváno k vyšetření oka nebo tkání vnitřních orgánů ke včasné diagnostice rakovinových nádorů.

## **Příloha D Lékařské přístroje využívané k vyšetření a úpravě činnosti srdce**

### **D.1 Elektrokardiografie - EKG**

Elektrokardiografické vyšetření je základním vyšetřením pro hodnocení srdeční funkce. Kvalitní záznam vypovídá velmi přesně o srdečním rytmu, odhalí různé typy arytmii a dává řadu dalších informací.

*Elektrokardiograf* je v podstatě velmi citlivý galvanometr, jehož cívku nacházející se v magnetickém poli vychylují elektrické (srdeční) proudy. Principem je to, že při činnosti srdečního svalu se šíří elektrické proudy od srdce do celého těla. Tělo obsahuje až 60 % vody, v níž se vyskytují nabitě částice (ionty draslíku, vápníku, hořčíku atd.) a je velmi dobrým vodičem proudu. To umožňuje registrovat elektrické aktivity srdce pomocí elektrod, připevněných pacientovi na kůži hrudi a končetin na standardních místech kvůli porovnávání EKG. Elektrické změny registrované těmito elektrodami jsou v elektrokardiografu zaznamenávány ve formě křivek - elektrokardiogramů na papír nebo monitor.

### **D.2 Kardiostimulátor**

Kardiostimulátor je zařízení, vysílající nepatrné elektrické impulsy do srdečního svalu. Ve zdravém srdci vznikají samovolně akční potenciály - elektrické výboje, které jsou impulsem pro jednotlivé srdeční stahy. U celé řady srdečních chorob se tyto impulsy vytvářejí nepravidelně, proto je třeba dát srdci jiný zdroj, kterým je kardiostimulátor.

Elektronickou část kardiostimulátoru tvoří tři části:

- generátor srdečních impulsů (baterie a obvody ke snímání aktivity srdce),
- stimulační elektrody s vodiči,
- programátor (slouží k přenosu dat).

Napájení zdroje je možné provádět vysokofrekvenčně z vnějšího zdroje nebo pomocí baterie v pouzdře. Dnešní stimulátory užívají Li-I články s životností až 15 let, svorkové napětí 2,8 V. Elektronický zdroj impulsů je umístěn v krabičce, která je nemocnému implantována do podkoží.

### **D.3 Defibrilátor**

Nejčastější příčinou zástavy srdce je velmi rychlé a nepravidelné mihání srdečních komor, tzv. komorová fibrilace. Tato nebezpečná porucha - arytmie - vede ke zhroucení oběhu krve a ztrátě vědomí. Lze ji během okamžiku zrušit silným elektrickým impulsem z defibrilátoru, který chaotickou elektrickou aktivitu srdce zastaví a srdce se může rozběhnout svým přirozeným rytmem.

Defibrilátor je obvykle přenosný, skládá se ze:

- zdroje elektrického napětí,
- obrazovky na sledování srdečního rytmu,

- dvou oválných elektrod s izolovanými držadly, které se potírají gelem a přikládají na hrudník. Těmito elektrodami se snímá z povrchu těla EKG signál k určení druhu arytmie, současně mezi nimi proběhne po aktivaci defibrilátoru výboj.

#### **D.4 Elektroencefalografie (EEG)**

EEG je vyšetřovací metoda, sloužící ke sledování činnosti mozku. Užívá se v situacích, kdy se předpokládá jiná než normální činnost mozku, především po mozkové příhodě, otřesu a úrazech mozku atd.

*Elektroencefalograf* je přístroj, skládající se ze snímacích elektrod a procesoru. Na rozdíl od CT vyšetření je aktuální mozková činnost zapisována na papír. Přístroj snímá elektrické potenciály vznikající při mozkové činnosti pomocí elektrod připevněných na povrch hlavy. Informace jsou po zesílení zpracovány a zapsány na papír nebo obrazovku, obvykle i s křivkou EKG. EEG-křivky mají charakteristický vzhled. Aktivita mozku v bdělém stavu a ve spánku má určitou frekvenci vln. Při změnách v mozkové tkáni dochází i k charakteristickým změnám obrazu křivky. Na základě změn v určitých oblastech dané polohou elektrod má lékař možnost lokalizovat místo onemocnění. Vyšetření patří k nenáročným a velmi významným testům činnosti mozku.

#### **D.5 Elektromyografie (EMG)**

Elektromyografie je vyšetřovací technika na hodnocení stavu pohybového systému. *Elektromyograf* je přístroj s elektrodami, zesilovačem, procesorem a obrazovkou. Při EMG vyšetření se měří rychlost vedení vzruchu ve stimulovaném nervu a velikost elektrických impulsů na stimulace ve svalu. Přístroj zjišťuje, jak rychle vedou nervy vzruch do svalu, výsledkem je EMG křivka stanovená konduktivní nebo jehlovou technikou.

#### **D.6 Metody nukleární medicíny**

Nukleární medicína se zabývá použitím radiofarmak (látek, jejichž součástí jsou radionuklidy) pro diagnostické a terapeutické účely. Radiofarmaka mají krátký poločas rozpadu a jejich aktivita rychle poklesne na zanedbatelnou úroveň. Radionuklidy jsou vycytány orgány těla a emitují gama záření, detekované gama kamerou.

Gama kamera se skládá ze scintilačního detektoru, vyhodnocovacího zařízení a záznamového zařízení. K moderním scintilačním kamerám se připojuje počítač, který řídí sběr dat, jejich uchování, zpracování a zobrazování. Zdrojem ionizujícího záření mimo těla pacienta je lineární urychlovač nebo radionuklidové ozařovače (kobaltová bomba).

#### **D.7 Pozitronová emisní tomografie (Positron Emission Tomography - PET)**

PET umožňuje pořizování dat z řezů orgánů těla a jejich rekonstrukci podobně jako CT, PET ale dává specifická data vypovídající o funkci orgánů. Metoda pracuje s izotopy, při jejichž přeměně dochází k vytvoření pozitronů. Při srážce elektronu a pozitronu dojde k jejich zániku a uvolnění dvou fotonů gama záření. Záření  $\gamma$  je vyzařováno z těla pacienta a průběžně je detekována a počítačově vyhodnocována poloha zdroje gama záření. Z této informace pak počítač vyhodnocuje snímky řezů nebo obrazy vyšetřovaných orgánů. Touto metodou lze např.

lokalizovat místa spotřeby glukózy v těle pacienta. Toho se využívá při průkazu nádorů a jejich metastáz, protože v těchto tkáních je velmi intenzivní kumulace glukózy.

PET kamery i radiofarmaka jsou velmi drahá, proto metoda není v ČR příliš rozšířena.

## **D.8 Jednofotonová emisní tomografie (Single Photon Emission Tomography - SPECT)**

Metoda se provádí pomocí zářičů gama běžně používaných pro zobrazování pomocí scintilační kamery. Registruje se záření gama emitované radioaktivní látkou v těle pacienta, tím se SPECT odlišuje od CZ. Systém detektorů registruje rentgenové záření z rentgenky po jeho průchodu tělem.

Přístroje pro SPECT vyšetření využívají dva nebo tři detektory otáčející se kolem těla pacienta, získané obrazy se ukládají do PC. Z velkého počtu obrazů se pak rekonstruuje trojrozměrný obraz distribuce radioaktivní látky ve vyšetřované oblasti. Metoda SPECT je levnější a dostupná ve všech větších nemocnicích.

## **D.9 Terapeutické aplikace v nukleární medicíně**

Terapeutické aplikace využívají radionuklidy, které emitují záření  $\beta$  - elektrony. Střední dolet částic tohoto záření v měkkých tkáních je asi 0,5 mm. Intenzita ozáření tkání mimo cílový orgán je velmi nízká. Terapie se používá u pacientů se zvýšenou funkcí štítné žlázy, dalšími indikacemi je terapie bolesti při metastázách skeletu a terapie některých kloubních postižení.

## **D.10 Endoskopie**

Endoskopie umožňuje lékařům přímé prohlédnutí vnitřních dutin a dutých orgánů pomocí *endoskopu*. Jako zdroje světla se používají halogenové nebo xenonové zdroje o výkonu 150 W. Endoskopem se provádí vyšetření žaludku - gastrokopie, tlustého střeva - kolonoskopie, břišní dutiny - laparoskopie atd. Předpokládá se výrazný rozvoj endoskopie, provádění operací a robotizace endoskopických výkonů.

## **D.11 Rehabilitační a fyzikální medicína**

Je to obor, který se snaží vrátit člověku co nejvíce tělesných a duševních funkcí. Rehabilitační léčba formou tělesné výchovy je doplňována fyzikální terapií.

## **D.12 Magnetoterapie**

Je to přirozená a pro organismus šetrná forma fyzikální terapie. Působením pulzního magnetického pole dochází k ovlivňování tkání lidského těla na buněčné úrovni, což může vést k potlačení, případně vymizení některých zdravotních potíží.

Magnetoterapie je nejstarší formou fyzikální terapie. Pulzní magnetická pole indukují slabé elektrické proudy ve tkáni. Magnetické pole prostupuje tkání rovnoměrně, tzn. každou buňkou. Ionty obsažené v buňkách jsou magneticky ovlivnitelné a způsobují aktivizaci každé

buňky. Při různých onemocněních se mění povrchové potenciály buněk v organismu oproti normálním hodnotám. Dochází tak ke zvyšování propustnosti mezibuněčných membrán a tím ke zvýšení prokrvování, okysličování a lepšímu odvádění zplodin v exponované tkáni.

Použití magnetoterapie je z lékařského hlediska velmi rozsáhlé, např. ve sportovní a interní medicíně, urologii, gynekologii, ortopedii, pediatrii, chirurgii, neurologii a v řadě dalších lékařských oborů.

### **D.13 Elektroléčba**

Základ elektroléčby položil Luigi Galvani, princip byl využíván k léčbě částečně ochrnutých končetin již ve starém Egyptě.

K elektroléčbě se používají proudy stejnosměrné i střídavé o různých frekvencích. Velikost proudu se nastavuje tak, aby pacientovi nepůsobila nepříjemné pocity.