

Bezpečnost práce na elektrických zařízeních

Ing. Jiří Kubín, Ph.D.
doplnil: Ing Martin Černík, Ph.D.
Aktualizace: 2023



Bezpečnost práce na elektrickém zařízení - legislativa

- Bezpečná práce na el. zařízení je možná při důsledném dodržování příslušné legislativy
 - Zákony ČR
 - Nařízení vlády
 - Technické normy
- znalosti místních předpisů (řád laboratoře)
- dostatečné prostudování návodu a další dokumentace k el. zařízení.

Zákony a nařízení vlády

- **Zákon č. 262/2006 Sb.** Zákoník práce
- **Zákon č. 250/2021 Sb.** Zákon o bezpečnosti práce v souvislosti s provozem vyhrazených technických zařízení a o změně souvisejících zákonů
 - kromě elektro zařízení další vyhrazená z.: plynová, tlaková...
- **Nařízení vlády č. 194/2022 Sb.** Nařízení vlády o požadavcích na odbornou způsobilost k výkonu činnosti na elektrických zařízeních a na odbornou způsobilost v elektrotechnice

Základní pojmy - 250/2021

- **Vyhrazeným technickým zařízením VZT (250/2021)** je tlakové, zdvihací, elektrické nebo plynové zařízení, které při provozu svým charakterem nebo akumulovanou energií, v důsledku nesprávného použití, výskytem provozních rizik vyvolávajících nebezpečné situace nebo nedodržením podmínek bezpečného provozu představuje závažné riziko ohrožení života, zdraví a bezpečnosti fyzických osob.
- VZT – musí mít u sebe po celou dobu, kdy je provozováno
 - **Průvodní dokumentace** – poskytuje - dodavatel, výrobce, je v podstatě návod od výrobce, který obsahuje detailní pokyny pro jeho montáž, zacházení, manipulaci, údržbu, opravy, výměnu součástí, prohlášení shody ES, ale také informace o výchozích a pravidelných revizích a kontrolách.
 - **Provozní dokumentace**- soubor dokumentů obsahující záznamy o kontrolách, zkouškách a revizích, místní provozní řád, provozní deník, doklady o kvalifikaci obsluhy, záznamy o opravách a údržbě, harmonogramy, záznamy o činnostech prováděných na provozovaném vyhrazeném technickém zařízení a jiné specifické dokumenty, vznikající při provozu daného vyhrazeného technického zařízení v rozsahu požadovaném právními a ostatními předpisy k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci
- Organizace: **Technická inspekce České republiky - TIČR**



Základní pojmy - 194/2022

- Harmonizováno se směrnicí EU – 2009/104/ES o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví pro používání pracovního zařízení zaměstnanci při práci
- Odborná kvalifikace – obor 26 Elektrotechnika nebo oboru, který obsahově splňuje požadavky na elektrotechnické vzdělání
- Činnost na elektrickém zařízení – pokud hrozí riziko úrazu
- Samostatná činnost na el. zařízení – bez dozoru nebo dohledu jiné osoby
- Elektrické zařízení – pro svou činnost využívá nebo řeší elektrické jevy
- Odpovědná osoba – zajišťuje bezpečný provoz
- Nízké napětí - stejnosměrné (DC) do 1500 V, střídavé (AC) do 1000 V
- Obsluha zařízení malého a nízkého napětí – nevyžaduje odbornou způsobilost
- Požadavky na provozovatele – musí zajistit bezpečnou činnost
 - zařízení musí splňovat všechny požadované předpisy
 - osoby, které na zařízení pracují, musí být provozovatelem proškoleni.

Skupiny osob podle 194/2022

- **Osoba poučená**
 - Obě vyhlášky (50/78 i 194/2022) § 4
- **Osoba znalá - § 5**
 - Elektrotechnik - § 6
 - Vedoucí elektrotechnik § 7
 - Revizní technik § 8
- **Nahrazení původní vyhlášky - paragrafy**
 - původně § 3 → nově - Osoba školená podle §19, odst. 1, 250/2021
 - § 4 → stejné
 - § 5 → Osoba znalá, nyní Elektrotechnik §6
 - § 6 → Osoba znalá s vyšší kvalifikací – Elektrotechnik §6
 - § 7, 8 → Vedoucí elektrotechnik – §7
 - § 9 → Revizní technik § 8
 - § 10 - (samostatné projektování) – nově §7
 - § 11 – (zvláštní případy, učitelé) nově §6

Skupiny osob podle 194/2022

- **Osoba poučená (podle §4, a podle §19(250/21) odst. 3)**
 - Svéprávná a zdravotně způsobilá
 - Školení osobou znalou a ověření proběhlo maximálně před 3 lety. O školení byl proveden zápis
 - Školení o právních a ostatních předpisech pro činnost na elektrickém zařízení, o zdrojích a příčinách rizik el. zařízení, o možném ohrožení el. zařízeními,
 - Seznámena s postupy pro poskytnutí první pomoci při úrazech elektrickým proudem
 - Ověření pro stupeň vyhověl – min. 80%

Skupiny osob podle 194/2022

- **Osoba znalá (podle §5, a podle §19 (250/21) odst. 2)**
 - Svéprávná, starší 18 let a zdravotně způsobilá
 - Odborná kvalifikace
 - Odborná praxe dle míry rizik
 - Zkouška složená před komisí, ústní, písemná – min 80%
 - Zkušební komise může omezit rozsah činností, na dokladu uvede.
 - Osobou znalou i pracovníci vědeckých, výzkumných a vývojových ústavů s VŠ vzděláním, kteří během studia složili zkoušku z fyziky nebo elektrotechniky. Podobně učitelé.
 - Platnost – 3 roky, poté osoba poučená. Seznámena s postupy pro poskytnutí první pomoci při úrazech elektrickým proudem
 - Ověření pro stupeň vyhověl – min. 80%

Normy ČSN

- **Základní citované normy důležité pro bezpečnost práce na elektrických zařízeních**
 - harmonizované nebo přeložené evropské normy EN nebo normy ISO.
- ČSN EN 61140 ed. 3 – Ochrana před úrazem elektrickým proudem – Společná hlediska pro instalaci a zařízení
- soubor norem ČSN 33 2000, jmenovitě část 4 -41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem. , část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení – obecné předpisy
- Další normy: ČSN 33 0165 – Značení vodičů barvami nebo číslicemi. ČSN EN 60038 – Jmenovitá napětí CENELEC a další...

norma ČSN EN 61140

- Ochrana před úrazem elektrickým proudem – Společná hlediska pro instalaci a zařízení
- Přehled pojmů, základních zásad
- Zdroj informací o zajištění bezpečné práce na el. zařízení



norma ČSN EN 61140 – skupiny osob ve vztahu k elektrickému zařízení

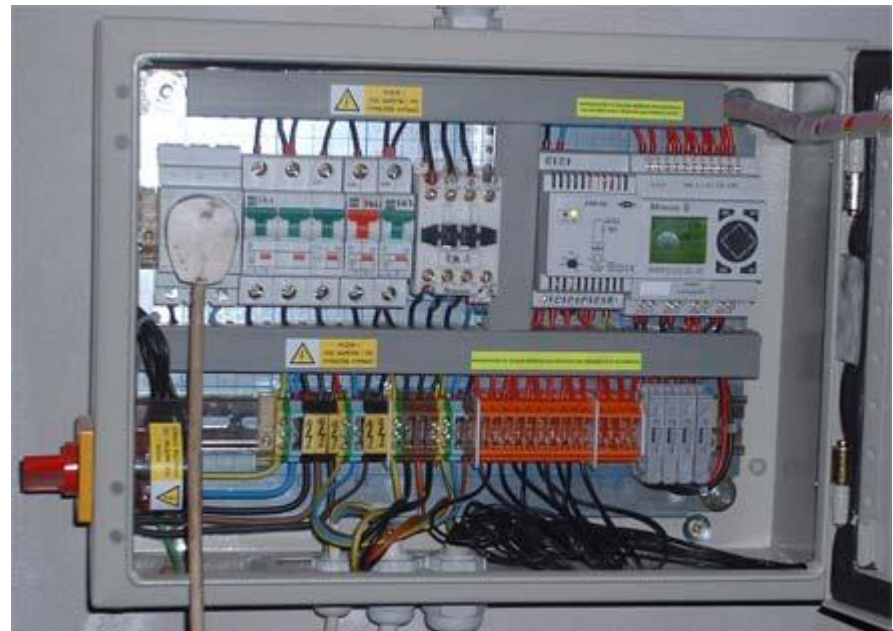
- **laik** - osoba, která není ani znalá ani poučená.
- **osoba poučená** – osoba přiměřeně poučená osobami znalými nebo pod jejich dohledem, aby jí bylo umožněno rozeznat rizika a vyhnout se nebezpečím, která elektřina může způsobit
- **osoba znalá** - osoba s odpovídajícím vzděláním a zkušenostmi, umožňujícími rozeznat rizika a vyhnout se nebezpečím, která elektřina může způsobit

Prostory a klasifikace vnějších vlivů

- 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“
- Vnější vlivy jsou kódovány trojmístným 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.
- 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.
- Protokol o určení vnějších vlivů je součástí dokumentace, která musí být archivovaná po dobu životnosti zařízení.

Živé části el. zařízení

- **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 el. zařízení

- **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.
- Příklad: kryt motoru, kovové kryty vrtaček, kovová maska rozváděčů apod

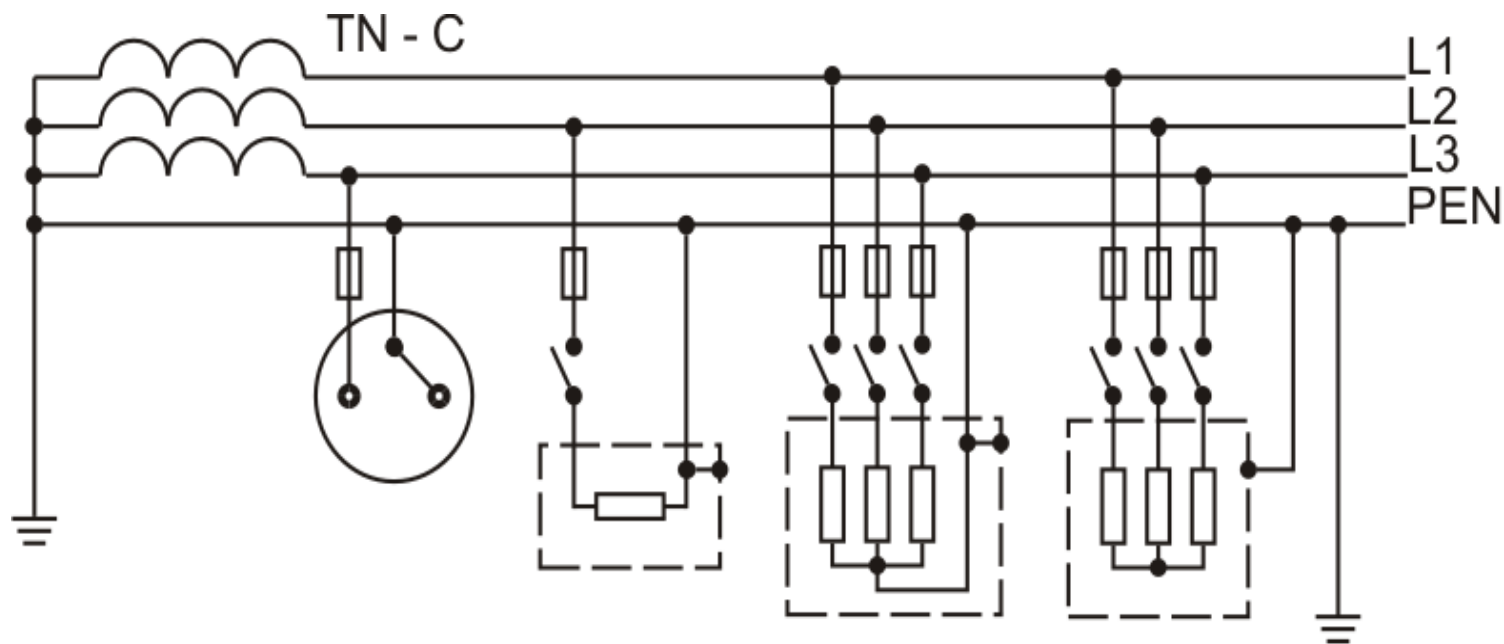
Energetické rozvodné sítě NN

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

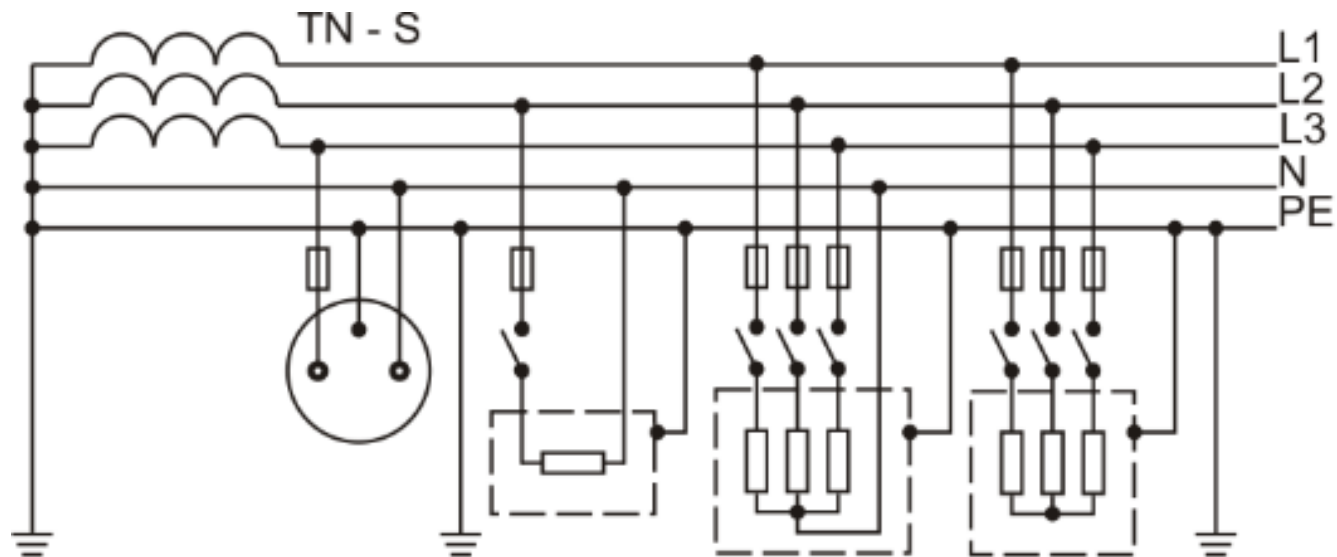
Energetické rozvodné sítě NN

- 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).

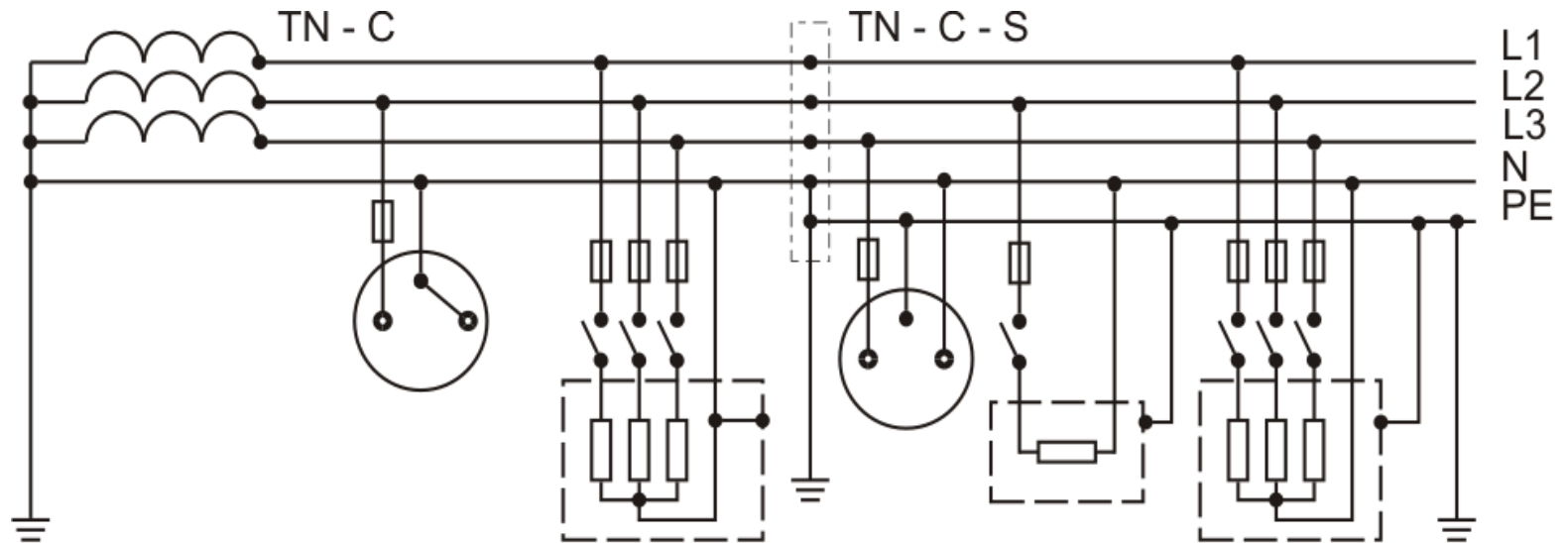
Sítě TN - C



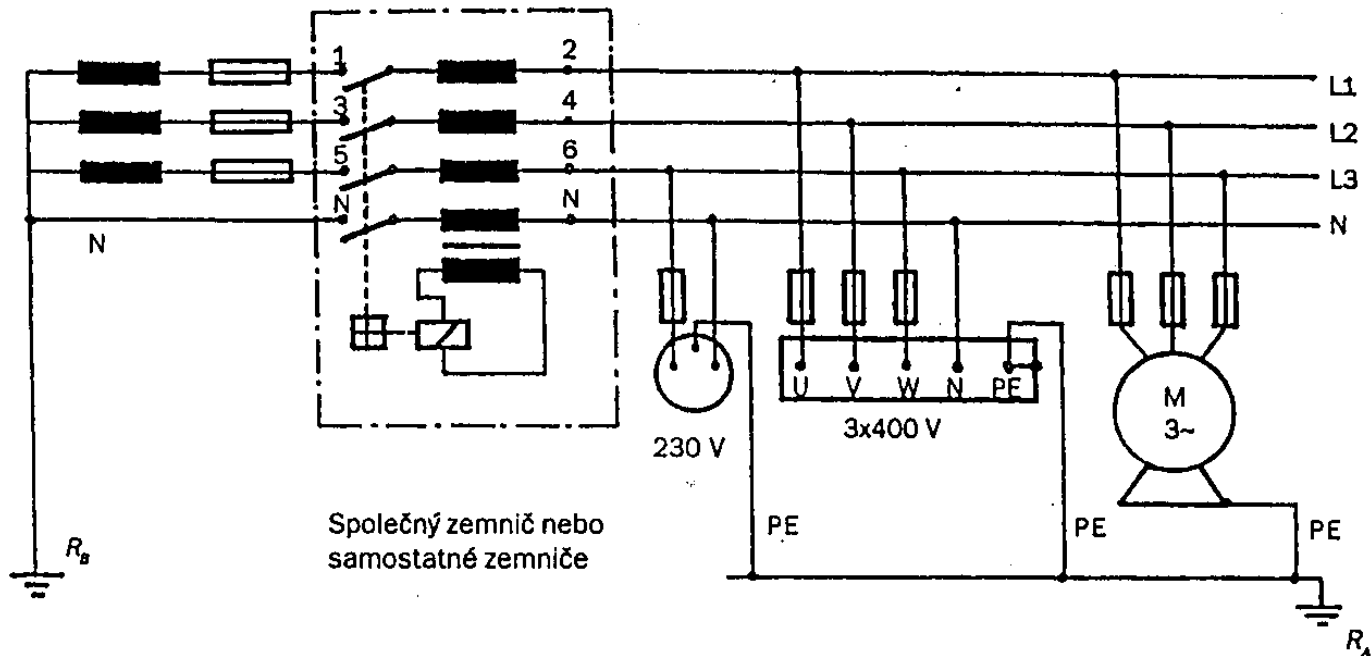
Sítě TN - S



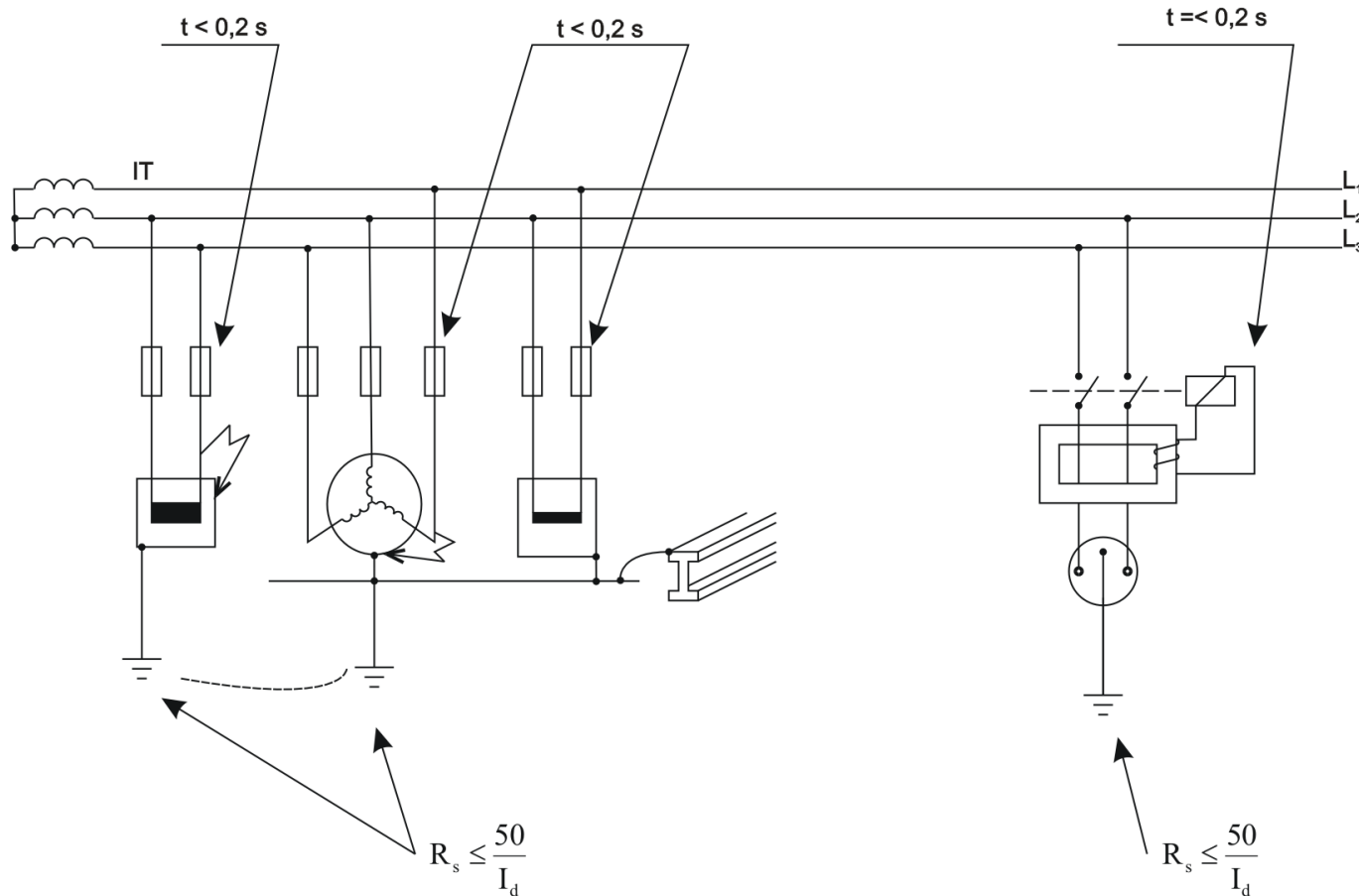
Sítě TN – C – S



Sítě TT



Sítě IT



Označování vodičů ČSN 33 0165

- **pracovní vodič** - vodič proudové soustavy, slouží k vedení proudu při provozu zařízení
- může být krajní DC, fázový (barva izolace **černá, hnědá a šedá**)
- vodič připojený na střed (uzel) zdroje, může (ale nemusí) být spojen se zemí (**světle modrý**),
- nulový AC
- Střední DC

Označování vodičů

- **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 - (barva izolace **zelená-žlutá**),

Úraz elektrickým proudem

- **Fyziologický účinek elektrického proudu procházejícího tělem člověka nebo zvířete.**
 - **Škodlivý fyz. účinek:** ventrikulární fibrilace, popálení, dušení,
 - **Neškodlivý:** svalové křeče, vnímání

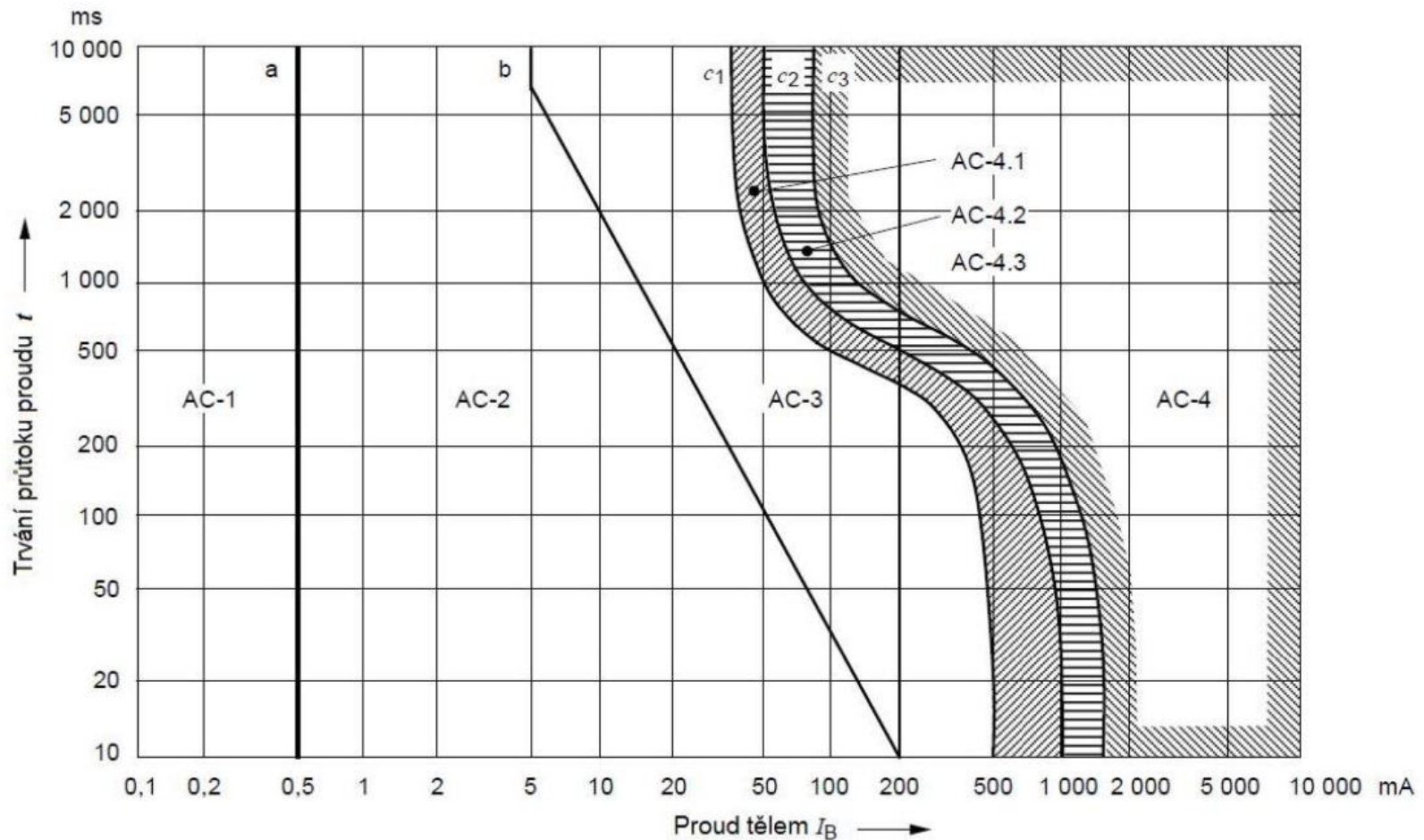
Účinky střídavého elektrického proudu na lidský organizmus

- 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.
- Tepelné účinky – Jouleho teplo vzniklé průchodem elektrického proudu tělem způsobí ohřev nad fyziologicky povolenou teplotu (nad 42 °C se rozkládají bílkoviny)

Úraz elektrickým proudem

- **Jednopolový dotyk** - dotyk 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
- **Dvoupolový dotyk** - současný dotyk dvou nebezpečných živých částí různé polarity nebo rozdílných potenciálů nebo při přiblížení se k nim, kdy člověk je zasažený i při dobré izolaci od země

Účinky střídavého elektrického proudu na lidský organismus



Účinky střídavého elektrického proudu na lidský organizmus

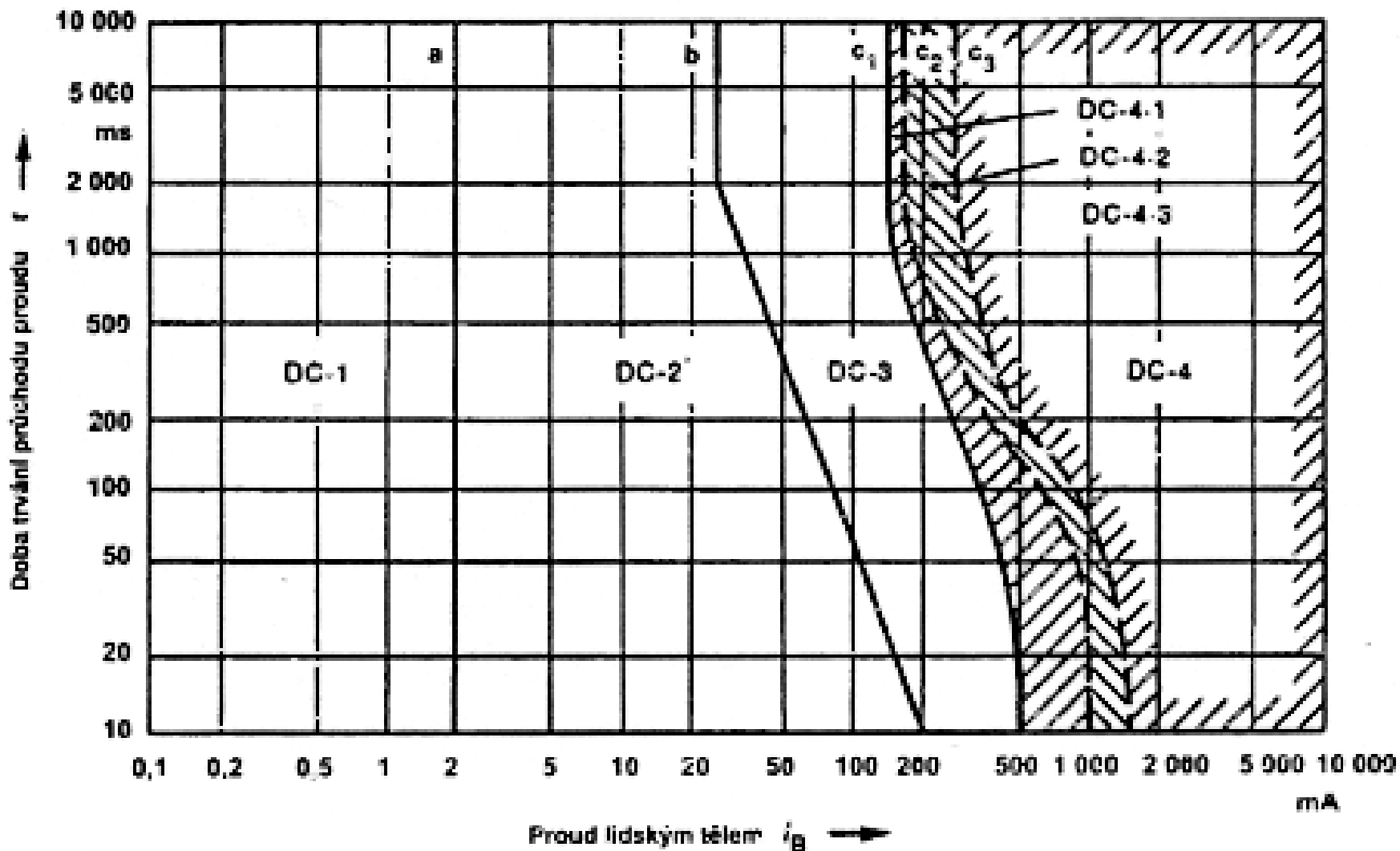
Označení zóny	Mezní hodnoty zóny	Typické fyziologické účinky
AC-1	do 0,5 mA, do čáry a	obvykle bez reakce
AC-2	od 0,5 mA až k čáře b	obvykle bez škodlivých fyziologických účinků, neúmyslné svalové stahy
AC-3	od čáry b po čáru c1	obvykle bez škod na organizmu. Pravděpodobnost křečovitých stahů a obtíží 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



Účinky stejnosměrného proudu na lidský organizmus

- hodnoty proudu jsou podle nebezpečnosti zhruba čtyřnásobné, avšak zapnutí nebo ráz při dotyku stejnosměrného proudu má střídavou složku, která je hlavním škodlivým faktorem.
- při průchodu proudu převažuje poškození tkáně teplem a při vstupu dochází k elektrolytickému rozkladu tekutin

Účinky stejnosměrného proudu na lidský organismus



Účinky stejnosměrného elektrického proudu na lidský organizmus

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 organizmu. Se vzrůstajícím proudem se mohou objevit vratné poruchy srdečních stahů a impulsů k činnosti srdce. Silní šubání 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	za křivkou c3 pravděpodobnost ventrikulárních fibrilací u více než 50 % lidí zasažených elektrickým proudem

Rozdělení napět'ových pásem z ohledu ochrany před úrazem elektrickým proudem

- Vysoké napětí (HV) (AC $>1000\text{V}$, DC $> 1500\text{ V}$)
 - ochrana – speciální opatření
- Nízké napětí (LV) (AC $< 1000\text{ V}$, DC $< 1500\text{ V}$)
 - ochrana základní a ochrana při poruše
- Malé napětí (ELV) – (AC $< 50\text{ V}$, DC $< 120\text{ V}$)
 - bez ochrany při poruše, ochrana zajištěna omezením napětí.

Ochrana v pásmu nízkého napětí

- Nebezpečné živé části nesmí být přístupné
 - za normálních podmínek
 - za podmínek jedné poruchy
- Podmínka jedné poruchy
 - stav, kdy přístupná část (živá N, neživá) se stane nebezpečnou živou částí nebo při poruše krytu se stane nepřístupná živá částí přístupnou

Ochrana před dotykem živých částí – prostředky základní ochrany

- **izolací**
- **kryty a přepážky**
 - označení krytů IPxy(AB) (International protection)
 - x – vniknutí pevného tělesa
 - y – vniknutí vody
 - (AB) přídavná písmena
- **zábranou a polohou**
- **doplňková ochrana chráničem**
 - všechny zásuvky
- **ochrana doplňkovou izolací (ne pro lajky)**

Ochrana před dotykem neživých částí – ochrana za podmínek jedné poruchy

Prostory pro lajky a poučené

- **Automatické odpojení v případě poruchy**
 - nadproudové pojistky, jističe, nutné uzemnění neživých částí, pospojování, připojení na konstrukci budovy
- **Použití zařízení tř. II nebo rovnocennou izolací**
- **Ochranné uzemnění**
- **Ochranné pospojování**

Prostory pro znalé

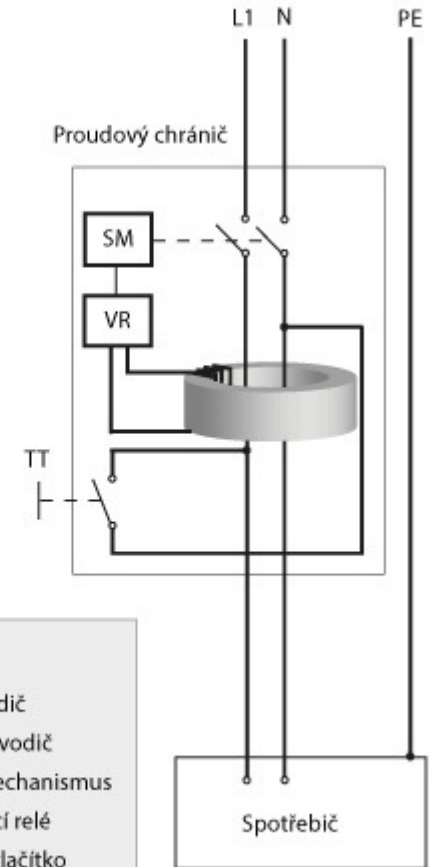
- **Umístění v prostoru s nevodivým okolím**
- **Elektrické oddělení pro napájení více spotřebičů**
(oddělovací transformátor)
- **Neuzemněným místním pospojováním**

Proudový chránič

- Pro soustavy typu TN-S
 - unikající proud při poruše základní izolace nebo dotyku na živou část způsobí nerovnováhu mezi proudy ve fázových a středním vodiči
 - SM odpojí obvod



L1	Fáze
N	Nulový vodič
PE	Ochranný vodič
SM	Spínací mechanismus
VR	Vybalvovací relé
TT	Testovací tlačítko



Ochrana před nebezpečným dotykem živých i neživých částí malým napětím ELV

- Dostatečně nízké napětí (malé napětí) – výsledný proud nezpůsobí úraz elektrickým proudem
- Malé napětí pro ochranu
 - SELV – obvod malého napětí úplně galvanický oddělený
 - PELV – obvod malého napětí spojený s napájením nízkého napětí jen ochranným (zemním vodičem),
- Malé napětí ne pro ochranu
 - FELV – obvod malého napětí galvanicky spojený s napáječem nízkého napětí

Ochrana omezením ustáleného proudu a náboje

- zařízení nesmí překročit hodnoty proudu uvedených v tabulce (pokud je zatíženo rezistorem 2 kOhm)

Způsob obsluhy	Ustálený proud		Nahromaděný náboj s maximální energií
	střídavý	stejnoseměrný	
Mezní hodnoty za norm. stavu nebo poruchy	3,5 mA	10 mA	0,5 mJ
Přístupné části pro ustálený proud	0,5 mA	2 mA	5 μ J

Konvenční meze dovolených dotykových napětí




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

Maximální hodnoty bezpečného napětí ve (V)

prostory	střídavá		stejnoseměrná	
	Působící			
	trvale	Krátkodobě při poruše	trvale	Krátkodobě při poruše
Normální	25	50	60	120
Abnormální		12		25

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

Třídy ochrany elektrických spotřebičů

Třída zařízení	Označení zařízení nebo návody	Podmínky pro připojení zařízení k instalaci
Třída ochrany 0	<ul style="list-style-type: none"> - pouze pro použití v nevodivém okolí; nebo - chráněno elektrickým oddělením - Nesmí se používat 	Nevodivé okolí Elektrické oddělení zajištěné samostatně pro každé zařízení
Třída ochrany I	Označení ochranné svorky  nebo písmeny PE nebo barevnou kombinací zelená-žlutá	Připojení této svorky k ochrannému pospojování instalace
Třída ochrany II	Označení značkou 	Nespoléhá se na žádné ochranné prostředky instalace
Třída ochrany III	Označení značkou 	Připojení pouze k síti SELV nebo PELV

Požární ochrana (PO)

- Porucha na elektrické instalaci může způsobit požár
- Při zjištění požáru – volá hoří, vypne proud (pokud to jde) a snaží se hasit (pokud je to možné)
- Druhy hasicích přístrojů
 - Vodní a pěnové – **na elektrické instalace nikdy**
 - **Sněhové - CO₂** – šetrný k zařízení, omrzliny
 - **Práškový** – účinný, na el. zařízení devastující
- Tísňová linka - 150, 112
- Sekce – neotvírat protipožární dveře na schodiště – průvan a šíření zplodin

Poskytování první pomoci

- Vyproštění postiženého z dosahu proudu
 - vypnutí proudu, nevodivý předmět (hrábě)
 - maximální opatrnost
- Prvotní vyšetření a řešení kritických stavů
 - srdce a dýchání, krvácení
- Volat lékaře
 - 155, 112
- Další zdravotní komplikace řešit, až když jsou zajištěné životní funkce
- Organizační věci (informování vedoucího) je až za záchranou lidského života

Příklady testových otázek

- Napište rozdíl mezi živou a neživou částí elektrického obvodu
- Je více nebezpečný proud střídavý nebo stejnosměrný a proč?
- Napište druhy vodičů v 3f soustavě, uveďte jejich písemné a barevné značení
- Nakreslete 1f zásuvku a jednofázový spotřebič v síti TN-S