



STŘEDNÍ ŠKOLA, HAVÍŘOV-ŠUMBARK, SÝKOROVA 1/613,

příspěvková organizace

ZÁKLADNÍ ELEKTROTECHNICKÉ PŘEDPISY

Ing. Tomáš Kostka

Havířov 2012 – aktualizováno 01/2013

OBSAH

1. ÚČINKY ELEKTRICKÉHO PROUDU NA LIDSKÝ ORGANIZMUS	3
2. PROUDOVÉ SOUSTAVY A ROZDĚLENÍ NAPĚTÍ PODLE VELIKOSTI	6
3. PROSTORY Z HLEDISKA BEZPEČNOSTI, DOVOLENÉ DOTYKOVÉ NAPĚTÍ	7
4. ZÁKLADNÍ POJMY	8
5. NÁZVOSLOVÍ A ZNAČENÍ VODIČŮ	9
6. BEZPEČNOSTNÍ BARVY A ZNAČKY	10
7. ROZDĚLENÍ ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ	11
8. TŘÍDY OCHRAN ELEKTRICKÝCH PŘEDMĚTŮ	12
9. KRYTÍ - STUPEŇ OCHRANY KRYTEM	13
10. NÁZVOSLOVÍ UZEMNĚNÍ	14
11. NÁZVOSLOVÍ A ZNAČENÍ ELEKTRICKÝCH SÍTÍ	15
12. PŘEHLED OCHRANNÝCH OPATŘENÍ PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM	18
POUŽITÁ LITERATURA	19

UPOZORNĚNÍ

Tento učební materiál není citací norem, ale vodítkem pro další studium. Učivo je zjednodušeno, aby sloužilo žákům učebních elektrotechnických oborů a žákům některých studijních oborů středních škol.

1. ÚČINKY ELEKTRICKÉHO PROUDU NA LIDSKÝ ORGANIZMUS

Účinek elektrického proudu na lidský organizmus závisí na:

A) druhu proudu

Obecně platí, že působení střídavého proudu je více nebezpečné než působení stejnosměrného proudu. Oba druhy proudu způsobují rozklad krve i svalové křeče (což vede k neschopnosti okysličování organismu a k zástavě dýchání), avšak střídavý proud určité velikosti navíc způsobuje tzv. fibrilaci srdce, což vede k zástavě srdeční činnosti.

$$\begin{array}{lll} \text{frekvence sítě} & = 50 \text{ Hz} & = 50 \text{ s}^{-1} \\ \text{frekvence srdce} & = 70 \text{ min}^{-1} & = 1,2 \text{ s}^{-1} \end{array}$$

Při průchodu střídavého proudu s frekvencí 50 Hz se srdce snaží přizpůsobit frekvenci procházejícího proudu a začíná bít rychlostí 50 tepů za 1 sekundu. Ztrácí schopnost pracovat jako krevní pumpa a dochází pouze k jeho chvění (srdeční fibrilace). Hrozí zastavení srdeční činnosti.

Další důvod, proč člověk snese větší proud stejnosměrný než střídavý, spočívá v tom, že nejnebezpečnější je fáze, kdy proud mění svou polaritu – tkáně jsou nejvíce namáhány.

B) velikosti proudu

Účinek elektrického proudu na lidský organizmus je přímo úměrný velikosti procházejícího proudu.

- 0,5 až 1 mA - práh vnímání elektrického proudu, krátkodobě příjemný pocit
- 1 až 8 mA - podráždění v nervech – bolest, stoupaní krevního tlaku,
- 6 až 15 mA - způsobuje tetanickou (nervosvalovou) křeč, mez uvolnění – člověk se již nemůže vlastní vůlí z obvodu vymanit,
- 25 mA - tetanická křeč dýchacího svalstva,
- 60 mA - chvění srdeční komory (fibrilace), přechodná zástava srdce,
- nad 80 mA - zpravidla trvalá zástava srdce.

Uvedené hodnoty jsou orientační a platí pro střídavý proud a frekvenci 50 Hz a době působení 5 sekund.

Maximální bezpečný stejnosměrný proud	10 mA
Maximální bezpečný střídavý proud (10–100 Hz)	3,5 mA

C) frekvenci proudu

Nebezpečné kmitočty jsou v pásmech 10–100 Hz a dále pak 200–500 Hz.

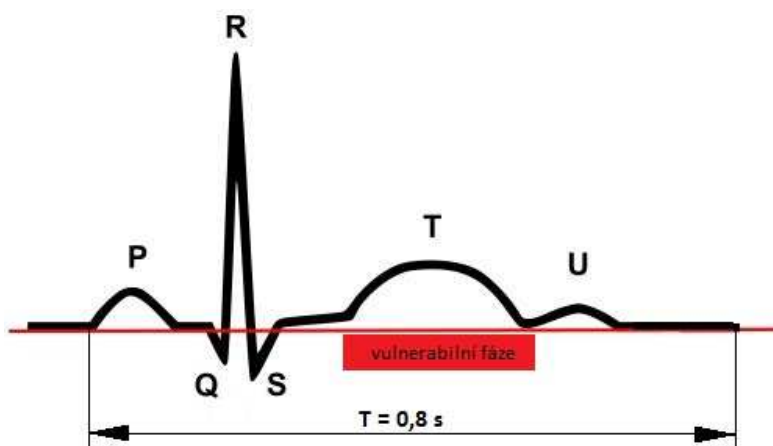
D) dráze proudu

Nejvíce nebezpečné proudovodné dráhy:

- hlava – noha
- hlava – levá ruka
- ruka – ruka
- levá ruka – levá noha

E) době průchodu proudu

Doba průchodu proudu má velký vliv na výsledný účinek proudu na organismus. Čím delší působení proudu, tím vážnější následky. Proud, který protéká srdeční krajinou déle než 0,8 sekundy, zasáhne minimálně jedenkrát tzv. vulnerabilní fázi srdeční činnosti, tzv. T-vlnu v EKG záznamu. Během této fáze srdeční činnosti, která trvá přibližně 0,2 sekundy, je srdce mimořádně náchylné k zástavě.



EKG srdce

F) impedanci lidského těla

Velikost impedance lidského těla je velmi individuální a záleží na řadě činitelů. Je dána především fyziologickým a psychickým stavem organismu. Impedance lidského těla má převážně charakter činného odporu a její hodnota se při dotykovém napětí do 50 V obvykle pohybuje v rozmezí od 1000 Ω do 10 000 Ω . Hlavní podíl na vnitřní impedanci těla mají končetiny, zvláště pak klouby.

Impedanci těla například ovlivňuje:

- vlhkost a teplota kůže,
- místo a plocha, kterou se člověk dotýká,
- množství podkožního tuku,
- psychický stav organismu,
- velikost dotykového napětí.

Průměrná hodnota impedance lidského těla byla stanovena na 2000 Ω .

G) velikosti dotykového napětí

Kůži (pokožku) si můžeme představit jako nedokonalý izolační obal lidského těla, protože má asi dvacetkrát menší vodivost než sliznice a měkké vnitřní orgány lidského těla. Při střídavém napětí do 60 V je impedance kůže velká, při zvyšujícím se napětí impedance značně klesá. Přibližně při střídavém napětí 200 V dochází k průrazu kožní vrstvy. Tato skutečnost má podstatný vliv na stanovení meze bezpečného napětí.

Shrnutí:

Z výše uvedeného vyplývají důležité hodnoty pro bezpečnost člověka před úrazem elektrickým proudem.

Impedance lidského těla	2000 Ω
Maximální bezpečný stejnosměrný proud	do 10 mA
Maximální bezpečný střídavý proud (10–100 Hz)	do 3,5 mA
Bezpečné dotykové stejnosměrné napětí	do 120 V
Bezpečné dotykové střídavé napětí	do 50 V
Maximální doba průtoku proudu tělem	do 0,8 s ideálně do 0,2 s
Maximální nashromážděný náboj (pro dotyk)	50 μC



2. PROUDOVÉ SOUSTAVY A ROZDĚLENÍ NAPĚTÍ PODLE VELIKOSTI

V elektrotechnice rozlišujeme tyto proudové soustavy:

- soustava stejnosměrného proudu
- soustava střídavého proudu
 - jednofázová
 - třífázová

V třífázové soustavě rozlišujeme

fázové napětí – U_F ; napětí mezi fázovým a středním pracovním vodičem (zemí)

sdrúžené napětí – U_S ; napětí mezi fázovými vodiči

$$U_F = \frac{U_S}{\sqrt{3}} \quad (\text{V})$$

Rozdělení napětí podle velikosti a označení rozvodného zařízení

označení napětí označení zařízení	název	jmenovité napětí	
		fázové	sdrúžené
mn	malé napětí	do 50 V	do 50 V
nn	nízke napětí	50 až 600 V	50 až 1000 V
vn	vysoké napětí	0,6 až 30 kV	1 až 52 kV
vvn	velmi vysoké napětí	30 až 171 kV	52 až 300 kV
zvn	zvlášť vysoké napětí	---	300 až 800 kV
uvn	ultra vysoké napětí	---	nad 800 kV

3. PROSTORY Z HLEDISKA BEZPEČNOSTI, DOVOLENÉ DOTYKOVÉ NAPĚTÍ

Z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem definuje norma tzv. prostory. Definované prostory jsou *normální, nebezpečné a zvlášť nebezpečné*.

Normální prostory jsou takové, v nichž je používání elektrických zařízení považováno za bezpečné, protože působením vnějších vlivů nedochází ke zvýšenému nebezpečí úrazu elektrickým proudem.

Nebezpečné prostory jsou takové, kde působením vnějších vlivů vzniká stálé nebo přechodné nebezpečí úrazu elektrickým proudem (např. prostory horké a vlhké).

Zvlášť nebezpečné prostory jsou takové, kde působením zvláštních okolností a vnějších vlivů hrozí nebezpečí úrazu elektrickým proudem (např. prostory mokré, zvláště se slanou vodou).

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

Meze bezpečných malých krátkodobě působících napětí

v prostorech	dotykové napětí	
	střídavé	stejnoseměrné
normálních i nebezpečných	50 V	120 V
zvlášť nebezpečných	12 V	25 V

Výše uvedená tabulka má informativní charakter, protože řada technických norem stanovuje odlišné (přísnější) meze napětí, kterých je možno se dotýkat.

Z uvedeného tedy vyplývá jediná významná mezní hodnota pro střídavá dotyková napětí neživých částí a normální prostory – 50 V. Z hlediska úrazu elektrickým proudem je samozřejmě rozhodující velikost proudu a jeho trvání.

4. ZÁKLADNÍ POJMY

ČSN 33 0010

Elektrický spotřebič – elektrický předmět, ve kterém se elektrická energie mění na jiný druh energie (světelnou, tepelnou, mechanickou, akustickou, ...)

Elektrické zařízení – je zařízení, které ke své činnosti využívá elektrický proud. Skládá se z elektrických obvodů, elektrické instalace a elektrických předmětů.

Bezpečnost elektrických zařízení – je souhrn takových opatření, aby elektrické zařízení nezpůsobilo škody na zdraví nebo na majetku

Živá část – část elektrického zařízení určená k vedení elektrického proudu.

Např. vodič, kontakty (dle dohody však mezi živé části nepatří vodič PEN a PE).

Neživá část – vodivá část elektrického zařízení, které se lze dotknout. Není určena k vedení elektrického proudu, ale v případě poruchy se na neživé části může objevit napětí.

Např. vodivý kryt pračky, ledničky, kryt rozvaděče, atd.

Cizí vodivá část – vodivá konstrukční část stavby, která není součástí instalace a která může přivést potenciál země.

Např. dveřní zárubeň, kovové potrubí, apod.

Pracovní vodič – vodič v elektrické síti, který slouží k přenosu elektrické energie (L, N).

Střední vodič – vodič připojený na uzel zdroje; slouží k přenosu elektrické energie, je tedy vodičem pracovním (N).




Ochranný vodič – neslouží k přenosu elektrické energie, jeho funkce je čistě ochranná (PE).

Zemnič – vodivé těleso (např. kovová deska) zajišťující vodivé elektrické spojení se zemí.

5. NÁZVOSLOVÍ A ZNAČENÍ VODIČŮ

ČSN 33 0166 ed. 2






A. Stejnosměrná soustava

<i>název vodiče</i>	<i>označení</i>	<i>barva izolace vodiče</i>	
kladný pól	L+	tmavě červená	
záporný pól	L-	tmavě modrá	
střední vodič	M	zelená	

B. Střídavá soustava jednofázová

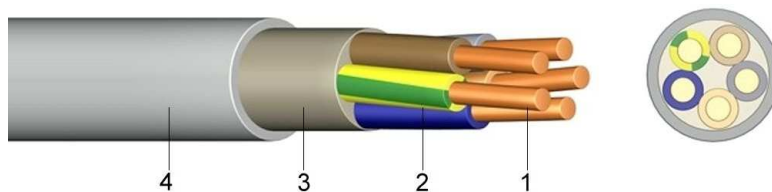
fázový vodič	L	hnědá	
střední pracovní vodič	N	světle modrá	
ochranný vodič	PE	zelenožlutá	

C. Střídavá soustava třífázová

fázové vodiče	L1	černá	
	L2	hnědá	
	L3	šedá	
střední pracovní vodič	N	světle modrá	
ochranný vodič	PE	zelenožlutá	

Svorky fázových vodičů označujeme písmeny U, V, W. Lze se setkat také s označením A, B, C nebo R, S, T.

Kabel CYKY J



1 – jádro vodiče; 2 – základní izolace; 3 – přídatná izolace; 4 – ochranný plášť

6. BEZPEČNOSTNÍ BARVY A ZNAČKY

ČSN ISO 3864



červená – nebezpečí, zastavit-stop, zákaz, přerušit práci



žlutá – výstraha, riziko, nebezpečí, buď opatrný, připrav se



zelená – bezpečí, start, úniková cesta, pokračuj v činnosti



modrá – příkaz

Například:



7. ROZDĚLENÍ ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ

Norma ČSN 33 0010 dělí elektrická zařízení podle účelu, nebezpečí úrazu a podle druhu.

Podle *účelu* se elektrická zařízení dělí na:

- **silová, výkonová** – slouží k výrobě, přeměně, přenosu a rozvodu elektrické energie (např. generátor, transformátor, vedení apod.),
- **sdělovací** – slouží k přenosu, zpracování, záznamu a reprodukci informací v jakékoliv formě (např. zařízení informační techniky, mikrofon, zesilovač, reproduktor apod.),
- **řídící** – slouží k ovládní, měření, řízení, ochraně, sledování a kontrole ostatních elektrických a neelektrických zařízení (např. potenciometr, ampérmetr, jistič, osciloskop apod.),
- **zvláštní a pomocná** – slouží zvláštním účelům (např. zdravotnické přístroje, přístroje pro armádu a výzkum).

Podle *nebezpečí úrazu* elektrickým proudem se elektrická zařízení dělí na:

- **silnoprúdá** – vznikají proudy nebezpečné člověku (např. motor),
- **slaboprúdá** – používají malé proudy (např. mobilní telefon).

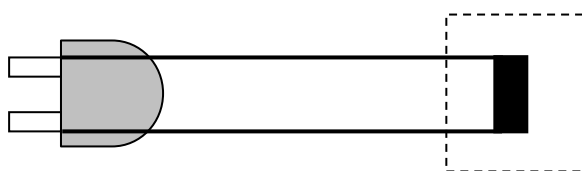
Podle *druhu* se elektrická zařízení dělí na:

- **stejnoseměrná (DC),**
- **střídavá (AC)**
 - a) jednofázová, třífázová
 - b) nízkofrekvenční (nf), středofrekvenční (sf), vysokofrekvenční (vf)
 - c) zařízení do 1000 V (mn, nn), zařízení nad 1000 V (vn, vvn, zvn).

8. TŘÍDY OCHRAN ELEKTRICKÝCH PŘEDMĚTŮ

Pojem *třída ochrany* se vztahuje na ochranu neživých částí elektrických předmětů. Rozlišujeme čtyři třídy 0, I, II a III. Třídy ochrany před úrazem elektrickým proudem u spotřebičů s pohyblivým příívodem znázorňují obrázky.

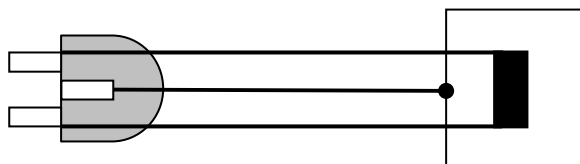
Třída 0



- v ČR a EU se nepoužívá
- ochrana neživých částí nezajištěna (pouze nevodivým okolím)



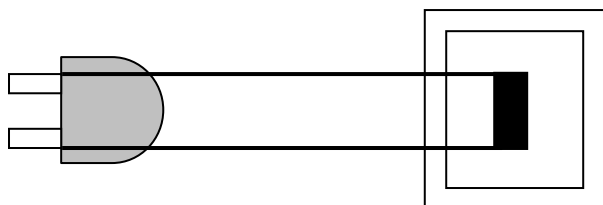
Třída I



- neživá část (vodivý kryt) je připojena na ochranný vodič
- např.: lednice, mikrovlnná trouba, pračka, myčka, žehlička, apod.



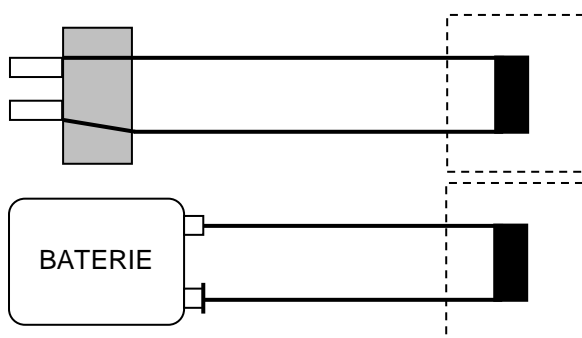
Třída II



- zesílená izolace, nevodivý kryt (plast, porcelán, dřevo)
- např.: fén, mixér, šlehač, nabíječka mobilního telefonu, apod.



Třída III



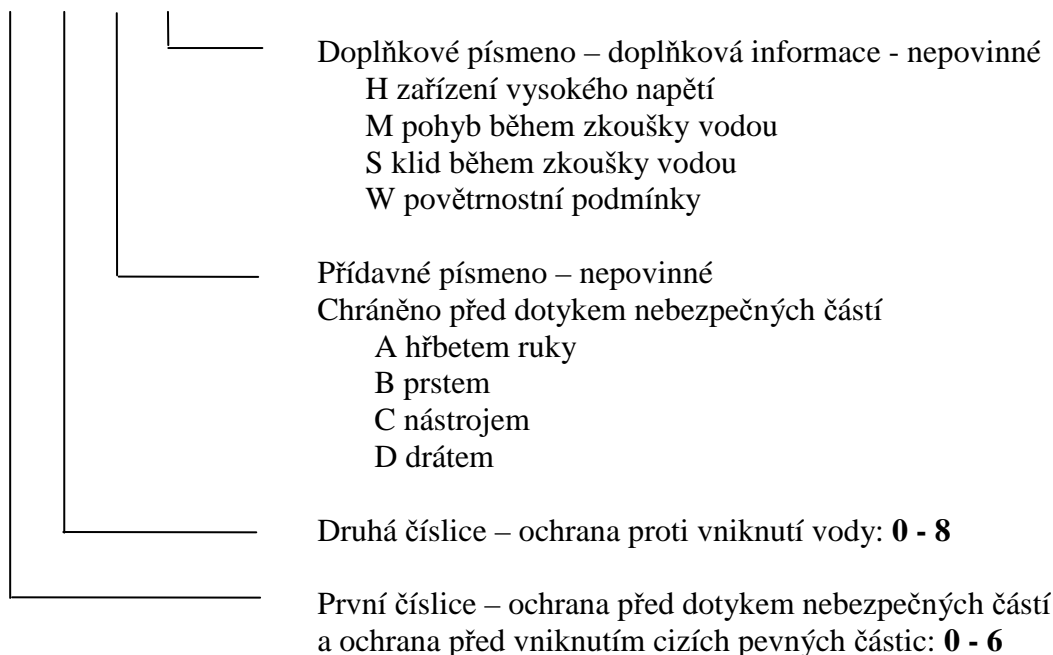
- ochrana malým napětím, spotřebič je napájen z obvodů SELV a PELV nebo z baterie
- zásuvka a zástrčka je nazaměnitelná s zásuvkou a zástrčkou pro 230 V
- např. mobilní telefon, hodinky, hračky, fotoaparát, lékařské přístroje

9. KRYTÍ - STUPEŇ OCHRANY KRYTEM

ČSN EN 60529

Krytí je konstrukční opatření, které je součástí elektrického předmětu. Poskytuje ochranu před dotykem s živými a pohybujícími se částmi a dosahuje se jím ochrana před poškozením vniknutím cizích předmětů, prachu, vody, plynů apod. Stupeň ochrany se udává pomocí IP kódu (International Protection):

I P 2 3 C H



Stupně ochrany před dotykem nebezpečných částí a před vniknutím cizích pevných těles		Stupeň ochrany před vniknutím vody	
0	nechráněno	0	nechráněno
1	před vniknutím pevných cizích těles o průměru 50 mm a větších a před dotykem hřbetem ruky	1	svisle kapající voda
2	před vniknutím pevných cizích těles o průměru 12,5 mm a větších a před dotykem prstem	2	kapající voda ve sklonu 15°
3	před vniknutím pevných cizích těles o průměru 2,5 mm a větších a před dotykem nástrojem	3	kropení, déšť
4	před vniknutím pevných cizích těles o průměru 1 mm a větších a před dotykem drátem	4	stříkající voda
5	před prachem a před dotykem drátem	5	tryskající voda
6	prachotěsnost	6	intenzivně tryskající voda
		7	dočasné ponoření
		8	vodotěsnost

10. NÁZVOSLOVÍ UZEMNĚNÍ

Častou součástí elektrických zařízení je uzemnění, které je významné nejen pro bezpečnost před úrazem, ale často i pro vlastní funkci zařízení.

země – část zemského tělesa, která je využita pro uzemňování; je to označení jak pro místo, tak pro látku, která zemi tvoří

uzemnění – vodivé spojení živých nebo neživých částí se zemí

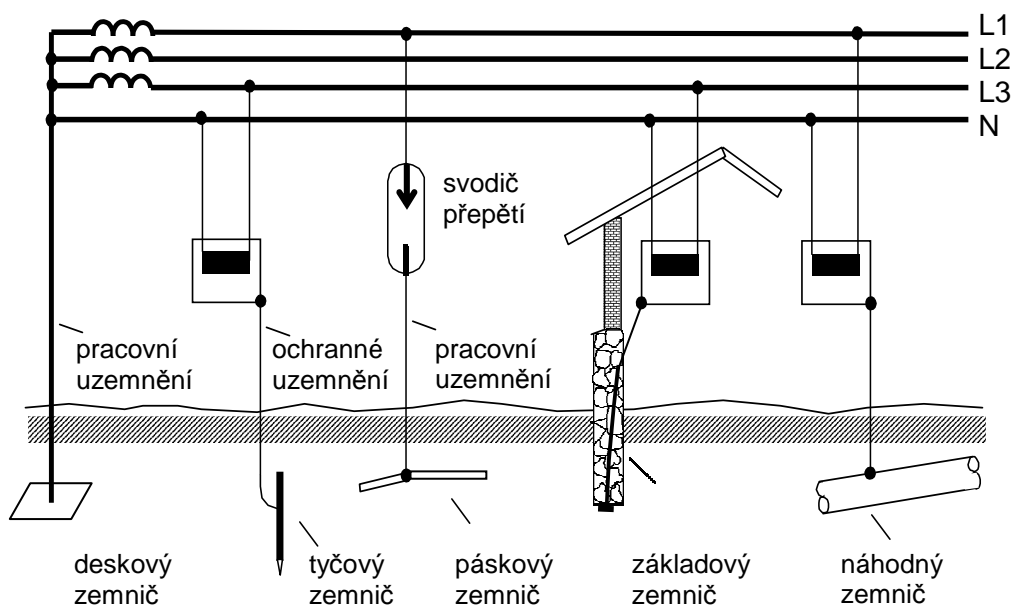
ochranné uzemnění – přímé spojení neživých částí elektrického zařízení se zemí, za účelem ochrany před nebezpečným dotykem

pracovní uzemnění – přímé uzemnění některé části proudového obvodu (např. uzlu zdroje, středního vodiče) nebo nepřímé uzemnění přes svodiče přepětí;

zemnič – vodivé těleso uložené do země tak, aby vytvořilo vodivé spojení se zemí

zemnič strojený – záměrně zřízený zemnič

zemnič náhodný – vodivé předměty, vybudované sice k jinému účelu, avšak v zemi trvale uložené, které lze využít jako zemnič



druhy uzemnění a zemničů

11. NÁZVOSLOVÍ A ZNAČENÍ ELEKTRICKÝCH SÍTÍ

Označení rozvodných sítí je mezinárodně stanoveno a je dvoupísmenové, např. TN, TT a IT. Síť TN má trojí provedení: TN-S, TN-C, TN-C-S. Nejpoužívanější sítí je síť TN-C-S.

Označení sítě:

XX - X

3. písmeno: určuje uspořádání středního pracovního a ochranného vodiče

S: PE a N jsou odděleny (S = séparé; oddělený)

C: jsou spojeny do jednoho vodiče PEN (C = combiné; kombinovaný)

2. písmeno: určuje způsob ochrany neživé části elektrických zařízení

T: neživá část je přímo uzemněna (T = terré; země)

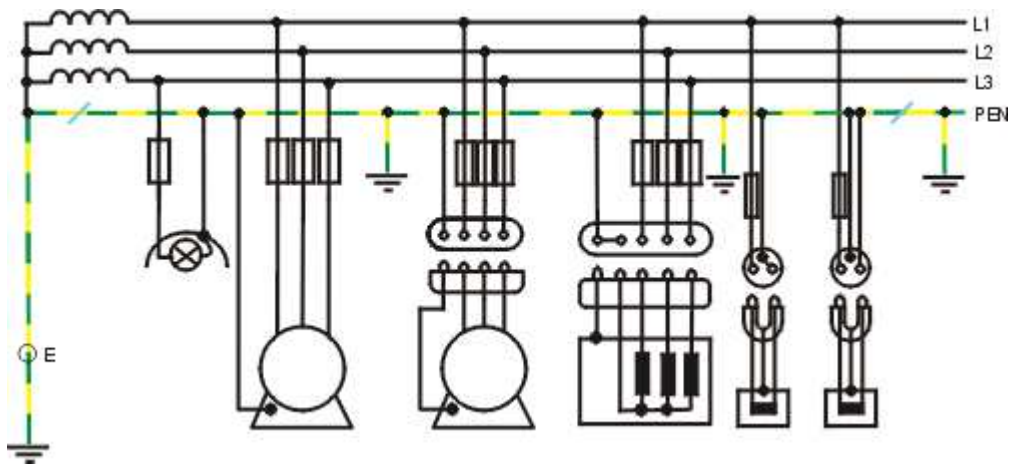
N: neživá část je připojena na ochranný vodič sítě (N = neutré; neutrální)

1. písmeno: určuje způsob provozování uzlu transformátoru

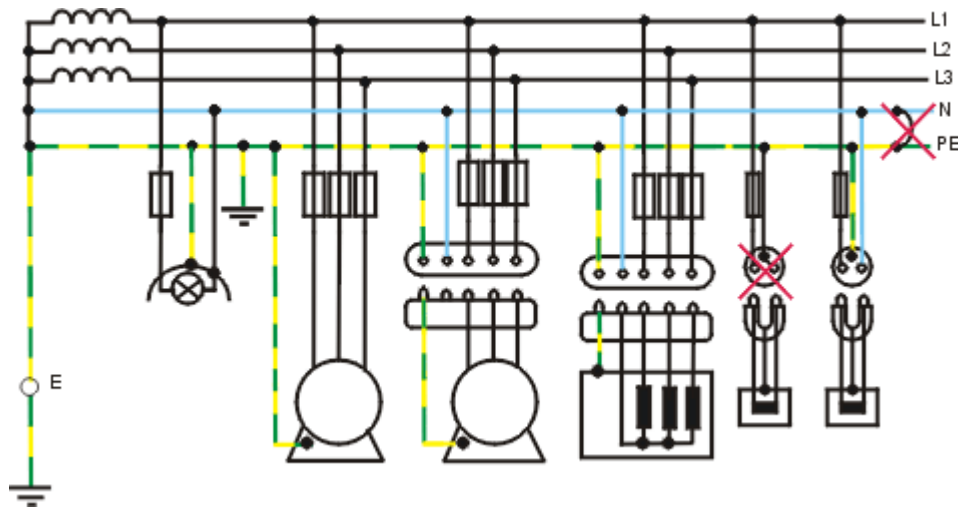
T: uzel soustavy je uzemněn

I: uzel soustavy je izolovaný nebo nepřímou uzemněný (I = isolé; izolovaný)

Síť TN-C

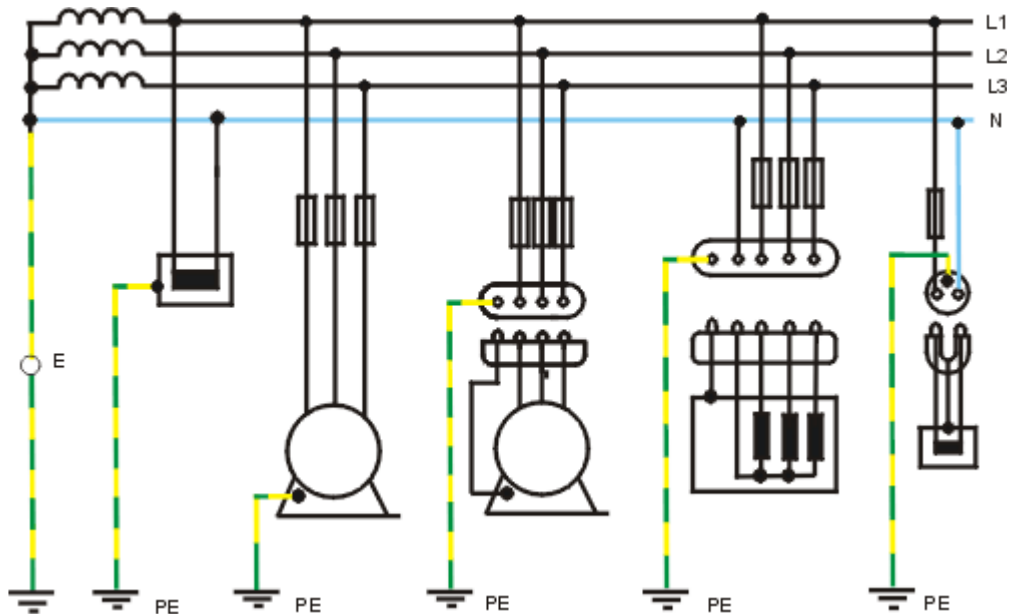


Sít' TN-S



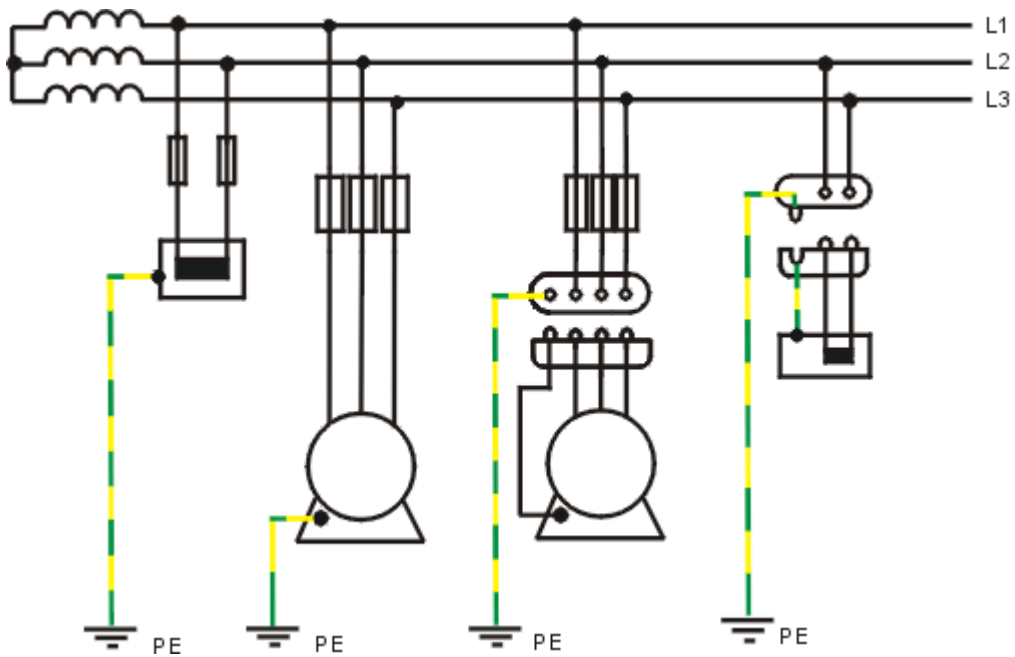
Sítě TN-S a TN-C-S jsou v současné době nejrozšířenějším provedením rozvodné soustavy v ČR. Ochranný a střední pracovní vodič jsou dva samostatné vodiče. V případě poruchy (poškození izolace) zde vzniká jednofázový zkrat mezi fázovým a středním pracovním vodičem nebo mezi fázovým a ochranným vodičem. Zkrat musí okamžitě odpojit pojistka (jistič).

Sít' TT



Sít' TT se používá v ČR v některých oblastech jižní Moravy, v některých oblastech Německa, ve Francii a v dalších zemích jižní Evropy. V případě poruchy (poškození izolace) zde vzniká jednofázový zemní zkrat, který se uzavírá přes zem.

Síť IT



V síti IT je střed zdroje izolován a neživé části jsou spojené se zemí nebo mohou být navzájem pospojovány, ale neuzemněny. Síť IT se může provozovat i se středním pracovním vodičem, ale většinou se provozují bez něho – spotřebiče jsou připojeny mezi fáze, tedy na sdružené napětí. V případě poruchy (poškození izolace) zde nevzniká jednofázový zemní zkrat, protože poruchový proud se nemá kudy uzavřít, ale vzniká tzv. zemní spojení. Síť obvykle provozujeme dál a pracujeme na odstranění poruchy. Poruchu signalizuje tzv. hlídač izolačního stavu.

12. PŘEHLED OCHRANNÝCH OPATŘENÍ PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM

Norma ČSN EN 61140 ed. 2 a ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 rozeznává prostředky **základní ochrany** (dříve ochrana před dotykem živých částí) a prostředky **ochrany při poruše** (ochrana před dotykem neživých částí).

A. Prostředky základní ochrany (ochrany před dotykem živých částí):

- základní izolace
- přepážky a kryty
- zábrany
- ochrana polohou
- omezení napětí
- omezení ustáleného dotykového proudu a náboje
- řízení potenciálu

B. Prostředky ochrany při poruše (ochrany před dotykem neživých částí):

- přídatná izolace,
- ochranné pospojování,
- ochranné stínění,
- automatické odpojení od zdroje,
- jednoduché oddělení obvodů,
- nevodivé okolí,
- řízení potenciálu.

C. Prostředky zvýšené ochrany (zajišťují jak ochranu základní, tak ochranu při poruše):

- zesílená izolace,
- ochranné oddělení obvodů,
- zdroj omezeného proudu,
- ochranná impedance.

Ochranná opatření jsou kombinacemi ochranných prostředků základní ochrany a ochrany při poruše, které zajišťují kompletní ochranu zařízení. Jsou to především:

- ochrana automatickým odpojením od zdroje,
- ochrana dvojitou nebo zesílenou izolací,
- ochrana pospojováním,
- ochrana elektrickým oddělením,
- ochrana nevodivým okolím,
- ochrana obvodů SELV a PELV,
- ochrana omezením ustáleného proudu a náboje.

V jedné instalaci, síti nebo zařízení smí být použito více než jedno z ochranných opatření.

Mezi nejpoužívanější ochranu neživých částí v ČR patří ochrana automatickým odpojením od zdroje. Stará norma nazývala tuto ochranu jako ochranu nulováním a ochranu zemněním.

Způsoby automatického odpojení od zdroje jsou čtyři:

- samočinné odpojení pojistkou,
- samočinné odpojení jističem,
- samočinné odpojení proudovým chráničem,
- samočinné odpojení napět'ovým chráničem.

POUŽITÁ LITERATURA

Koudelka, C., Meduna, V: Účinky elektrického proudu na lidský organizmus, VŠB-TU, Ostrava 2006

Kříž, M: Příručka pro zkoušky elektrotechniků, IN-EL, Praha 2010

ČSN IEC 479: Účinky proudu na člověka a domácí zvířectvo

ČSN 33 0010: Elektrická zařízení. Rozdělení a pojmy

ČSN EN 60529: Stupně ochrany krytem

ČSN EN 33 2000-4-41 ed. 2: Ochrana před úrazem elektrickým proudem

ČSN EN 61140: Ochrana před úrazem elektrickým proudem

ČSN 33 2000-5-54 ed. 2: Uzemnění, ochranné vodiče a vodiče ochranného pospojování

Ing. Tomáš Kostka, Havířov 2012. Aktualizace textu 01/2013.

Tento text slouží pouze k výukovým účelům.

Text připomínkovala a doplnila Ing. Eva Navrátilová