



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY ústav
A KOMUNIKAČNÍCH teoretické a experimentální
TECHNOLOGIÍ elektrotechniky



Technická 3082/12, 616 00 Brno, Česká Republika
www.utee.feec.vutbr.cz



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY

A KOMUNIKAČNÍCH ústav teoretické

TECHNOLOGIÍ a experimentální elektrotechniky

BEZPEČNÁ ELEKTROTECHNIKA (XPC-ELB)

**Úvodní informace, účinky proudu na lidský
organismus a ochranné přístroje.**

Téma B

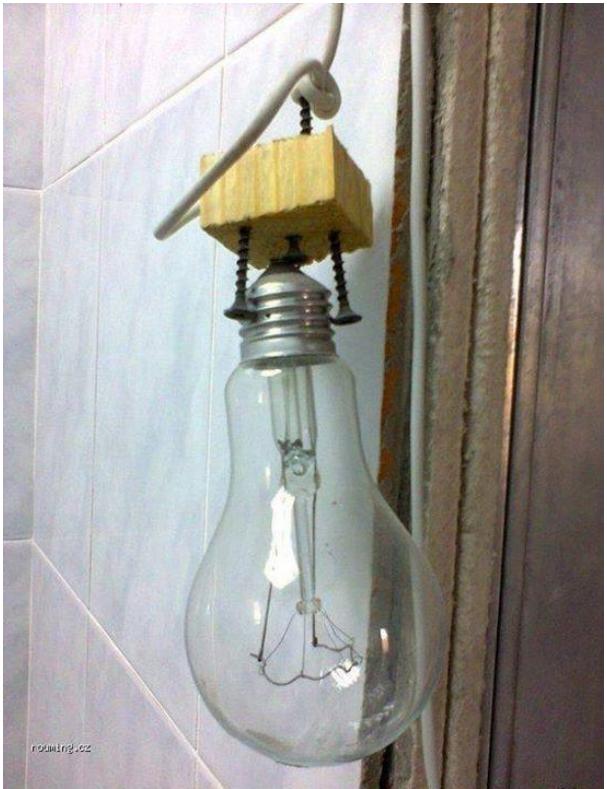
Ing. Radim Kadlec, Ph.D.



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY

A KOMUNIKAČNÍCH ústav teoretické

TECHNOLOGIÍ a experimentální elektrotechniky



Elektrická zařízení Prostory s vanou nebo sprchou (v koupelnách)

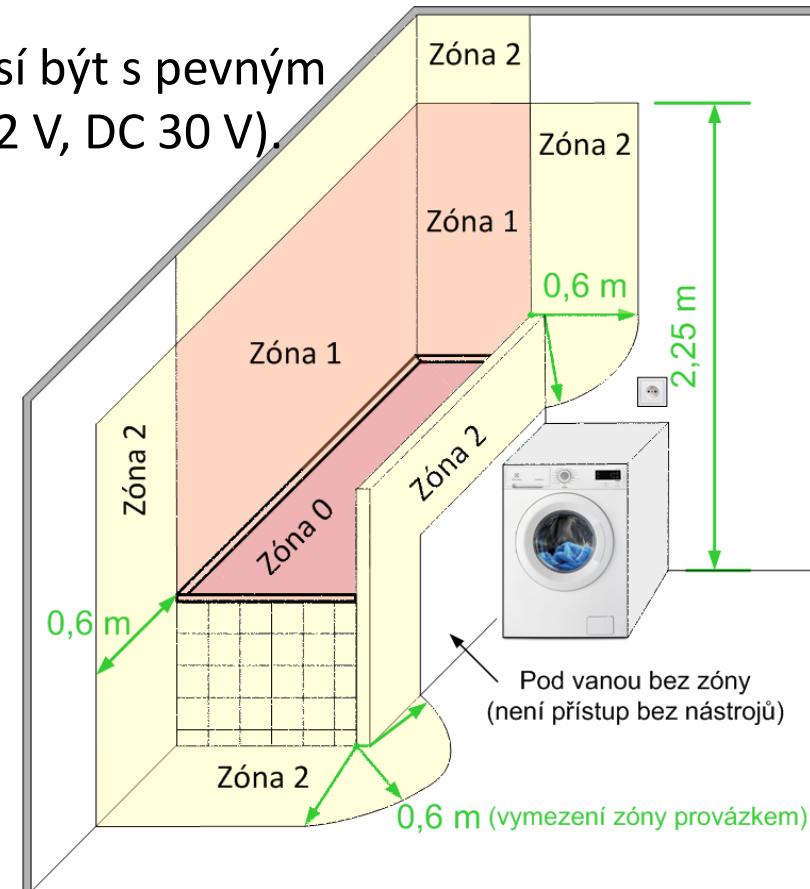
ČSN 33 2000-7-701 ed. 2

Zóna 0 (IPX7):

- Nesmí zde být žádné spínače a ovladače.
- Zařízení výhradně určené pro tuto zónu musí být s pevným připojením a chráněno použitím SELV (AC 12 V, DC 30 V).

Zóna 1 (IP 4X):

- Krabice a doplňky pro zařízení pro zařízení v zóně 0 a 1.
- Všechna EZ včetně zásuvek chráněná obvody SELV a PELV (AC 25 V, DC 60 V) se zdrojem mimo zóny 0 a 1.
- Zařízení určená do této zóny s pevným připojením (vířivé vany, sprchová čerpadla, ventilace, ohříváče vody a sušiče ručníků a svítidla).

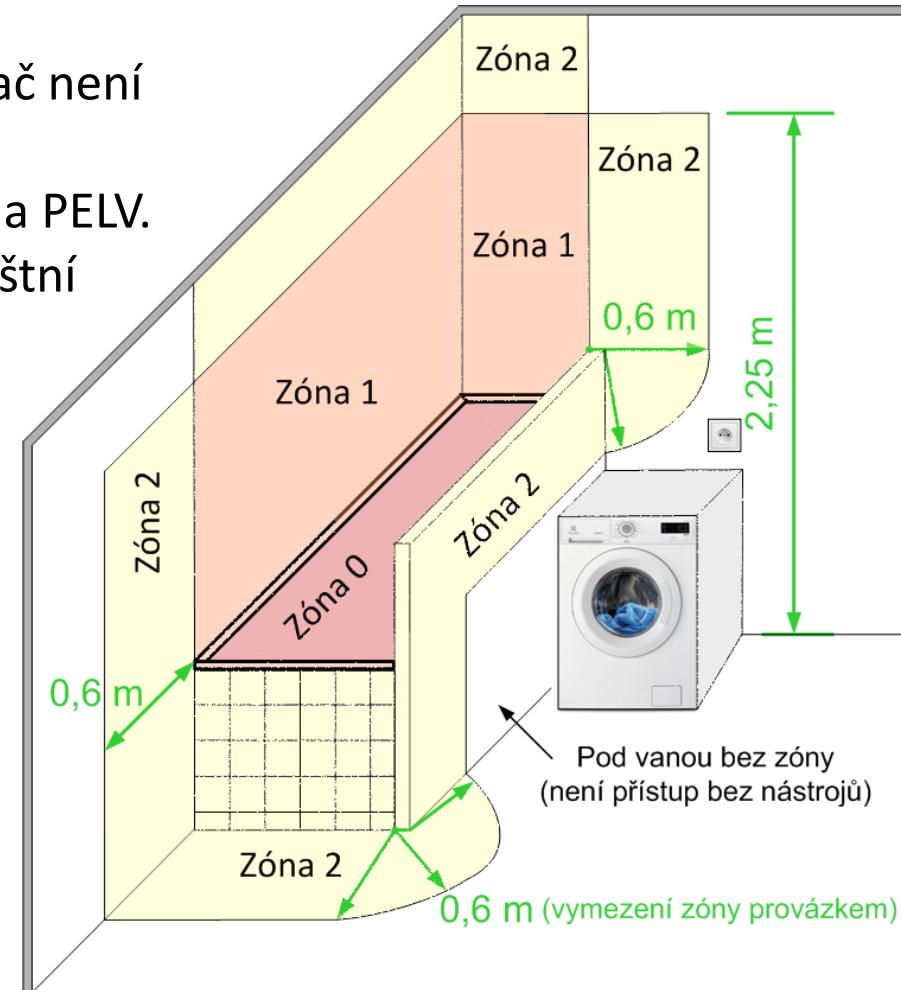




Instalační zóny v koupelně

Zóna 2 (IP 4X):

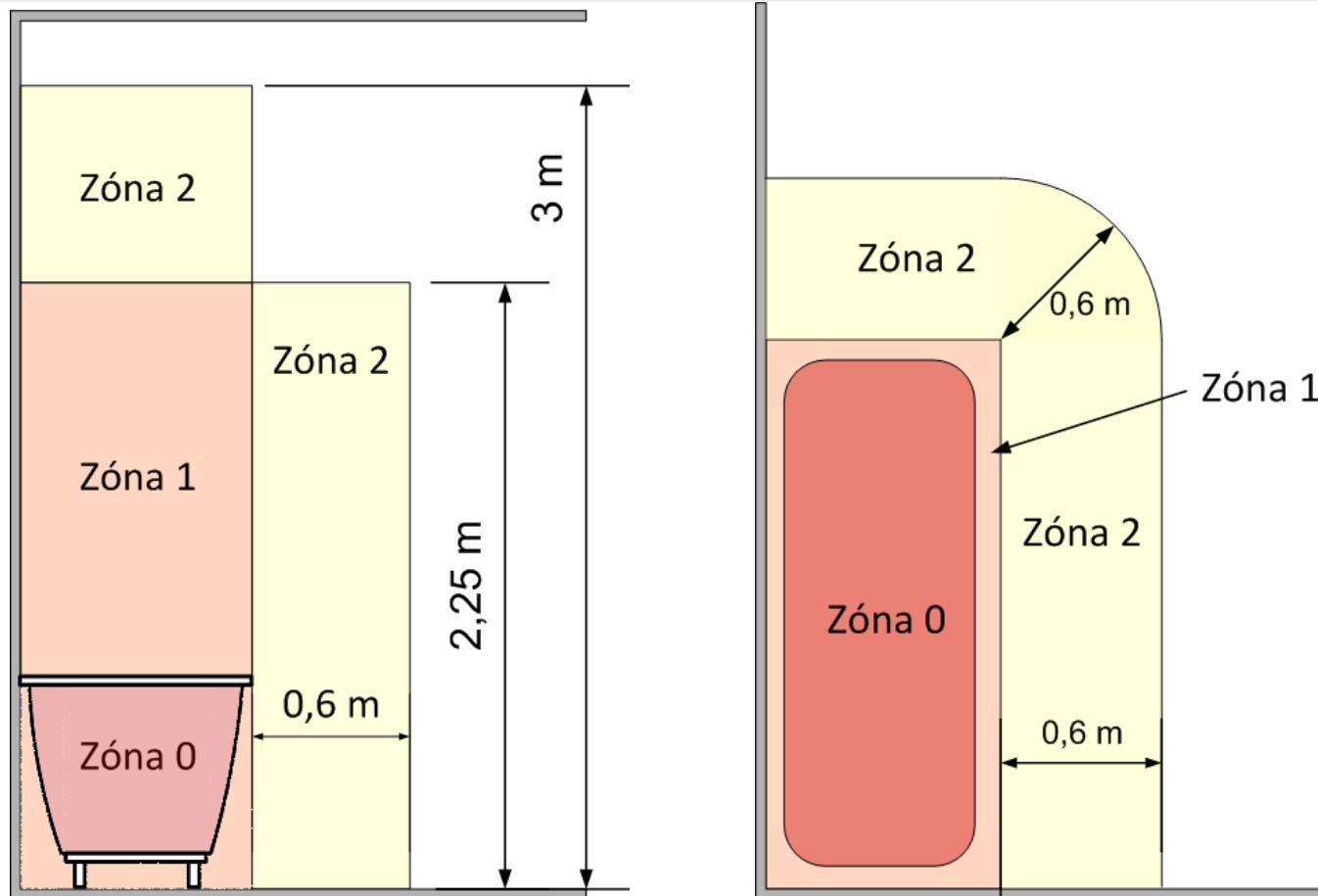
- Běžné příslušenství kromě zásuvek (vypínač není příslušenství).
- Příslušenství včetně zásuvek obvodů SELV a PELV.
- Jednotky napájecí holící strojky podle zvláštní normy.
- Sprchy bez sprchové vany zónu 2 nemají.





Instalační zóny v koupelně

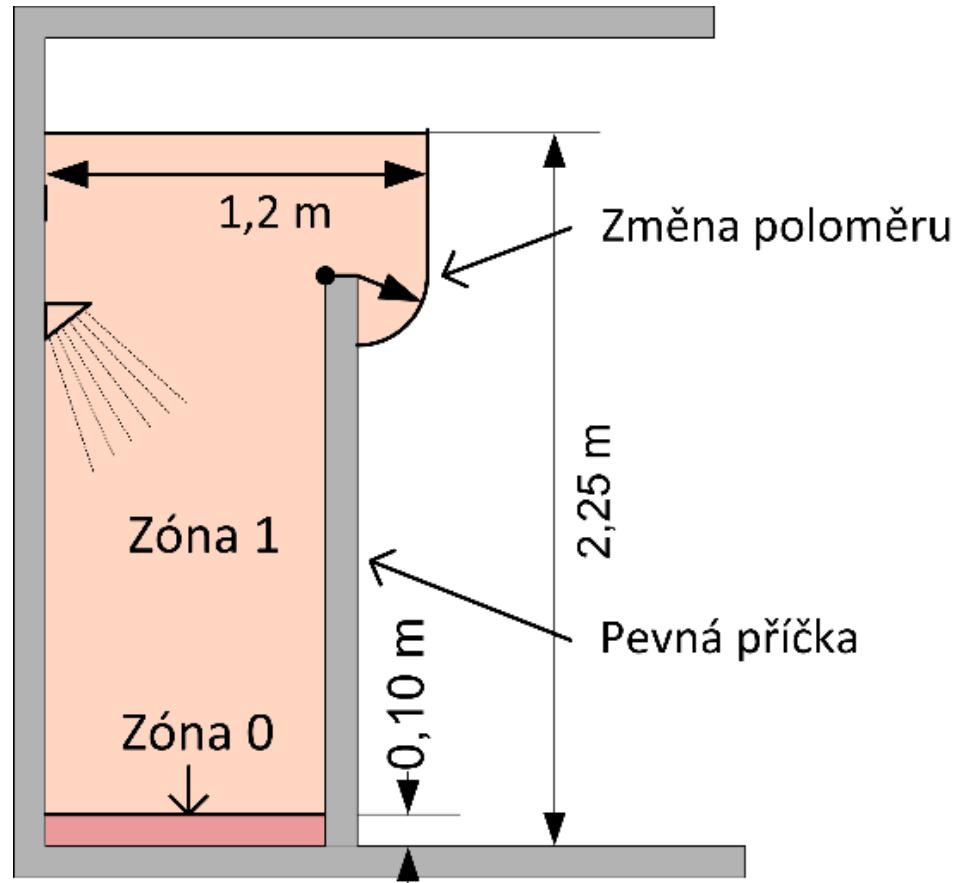
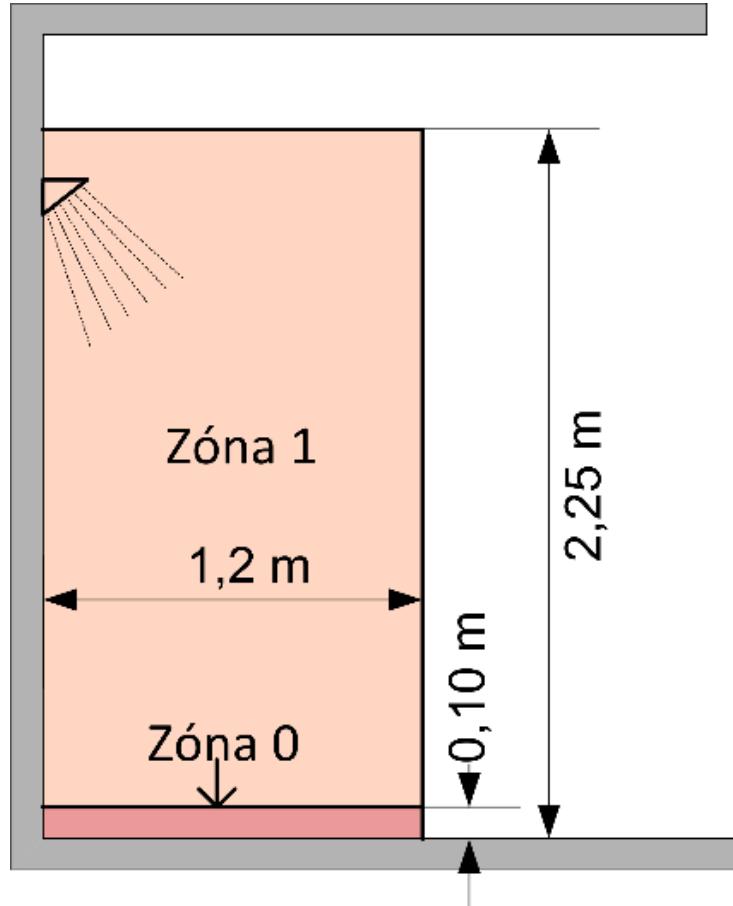
Zóny v prostorech s koupací vanou nebo sprchovou vanou





Instalační zóny v koupelně

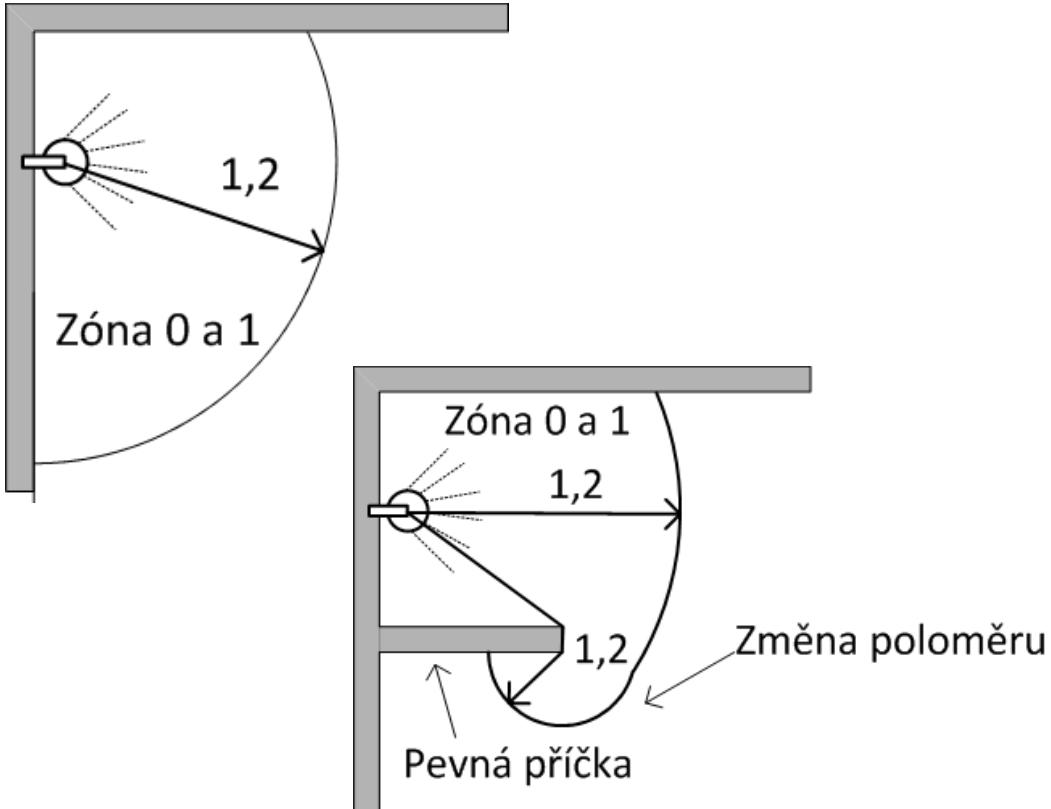
Pevná sprcha v prostorách bez sprchové vany



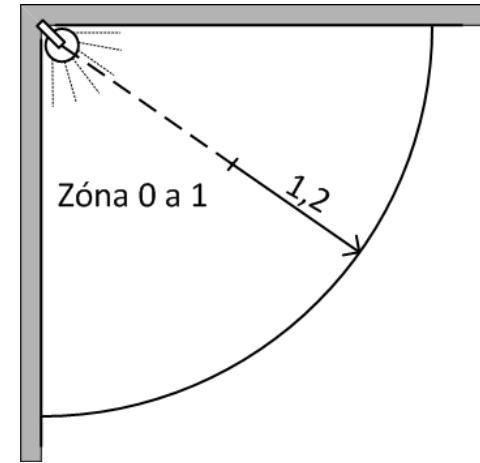


Instalační zóny v koupelně

Pevná sprcha v prostorách bez sprchové vany



Volná sprcha





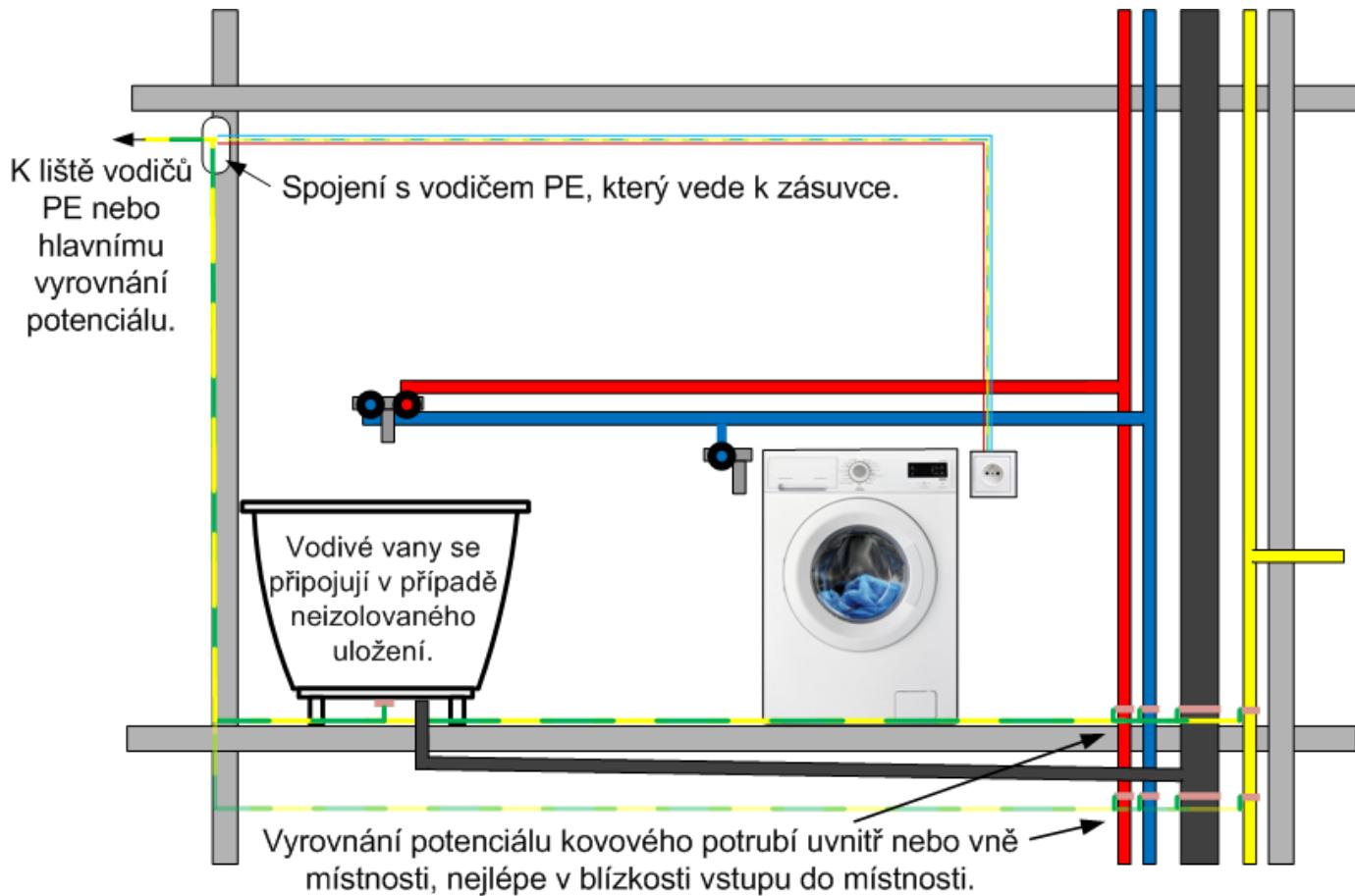
Bezpečnost v koupelně

- **SELV a PELV.**
- **Proudovými chrániči** s reziduálním proudem 30 mA:
 - V prostoru s vanou pro všechny obvody (i světelné).
 - Neplatí pro SELV, PELV a pevně uložený ohřívač vody.
- **Doplňková ochrana** – doplňující ochranné pospojování:
 - Nutné spojit s ochranným vodičem všechny nechráněné vodivé části a neživé vodivé části upevněných zařízení v místnosti.
 - Např. kovové vodovodní potrubí, kovové části vytápění a klimatizace, kovové části plynovodu a přístupné kovové stavební části.
- Vedení nesouvisející s daným prostorem v zóně 0, 1 a 2 musí být v hloubce min. 5 cm (nebo vodič s mechanickou ochranou).



Doplňkové pospojování – prostory s vanou

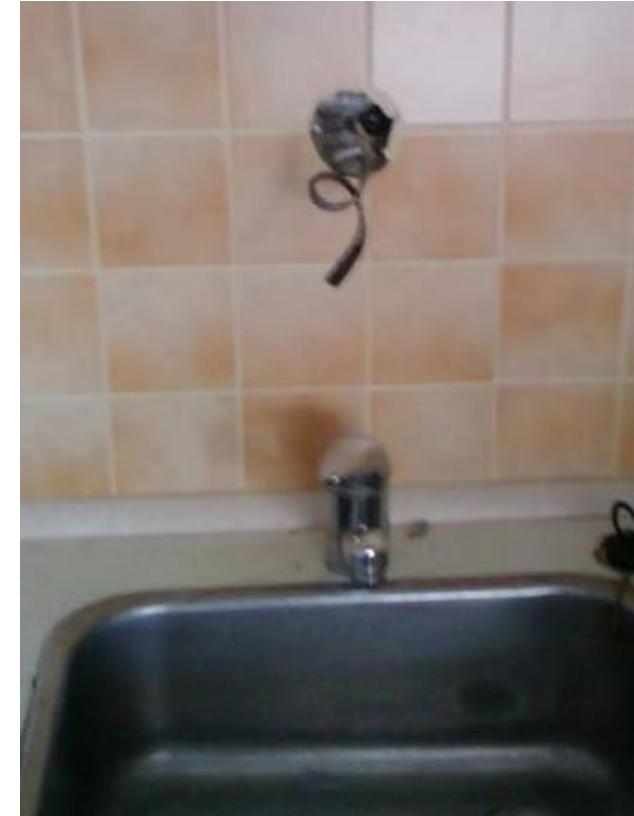
- Připojení všech neživých vodivých částí k celkovému uzemnění budovy.
- Provádí se měděnými vodiči.





Umývací prostory

ČSN 33 2130 ed. 3





Svítidlo s ochranným sklem.

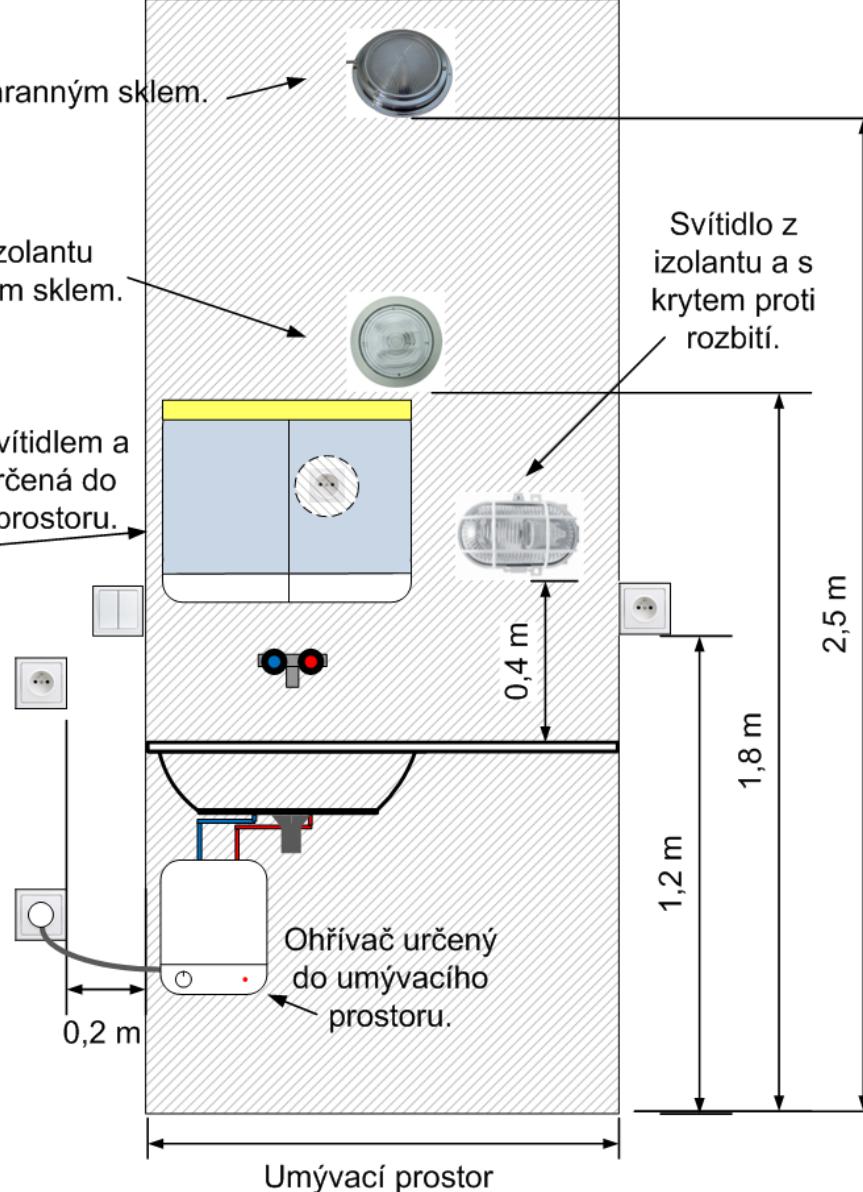
Svítidlo z izolantu
a s ochranným sklem.

Skříňka se svítidlem a zásuvkou určená do umývacího prostoru.

Ohřívač určený
do umývacího
prostoru.

Svítidlo z izolantu a s krytem proti rozbití.

Umývací prostor





Elektrická zařízení bazénů, fontán a jiných nádrží

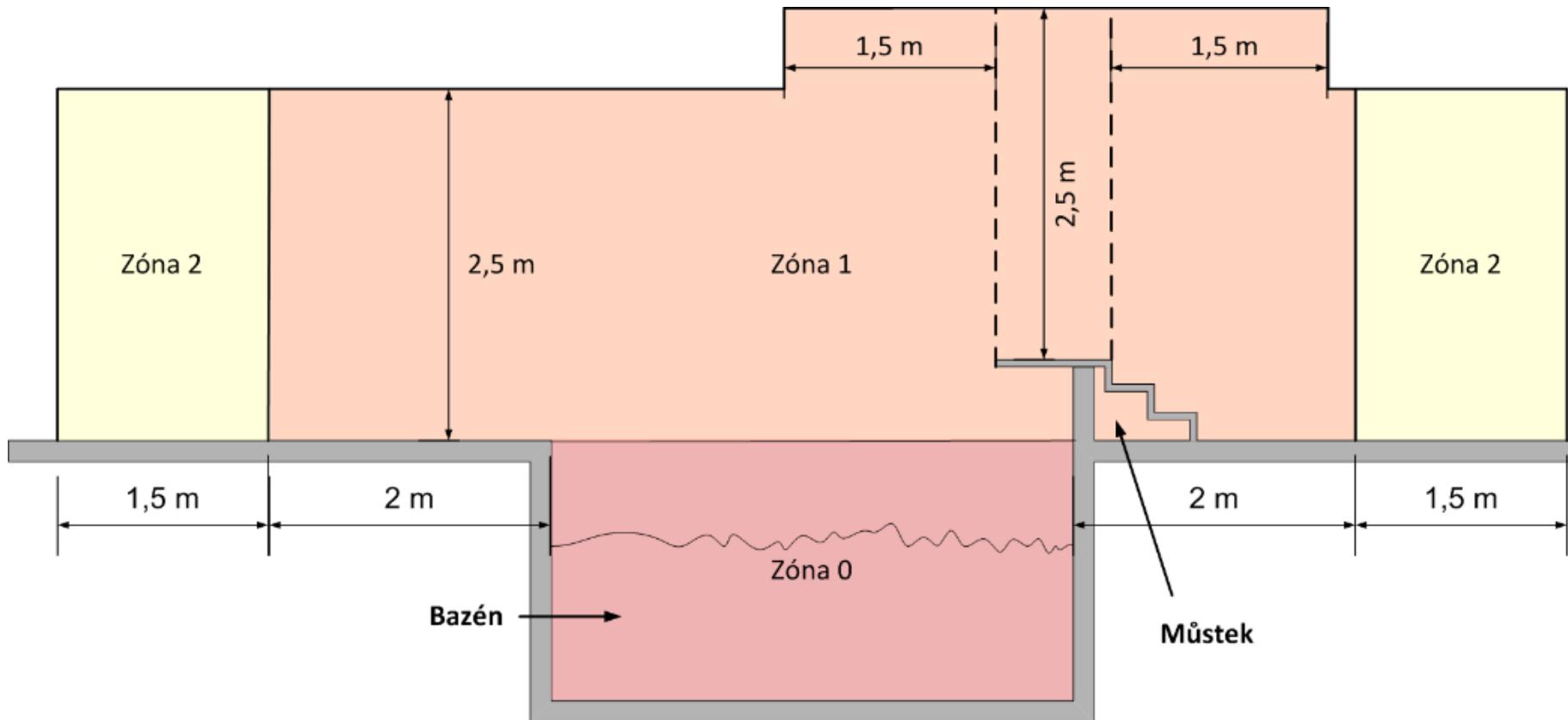


ČSN 33 2000-7-702 ed. 3



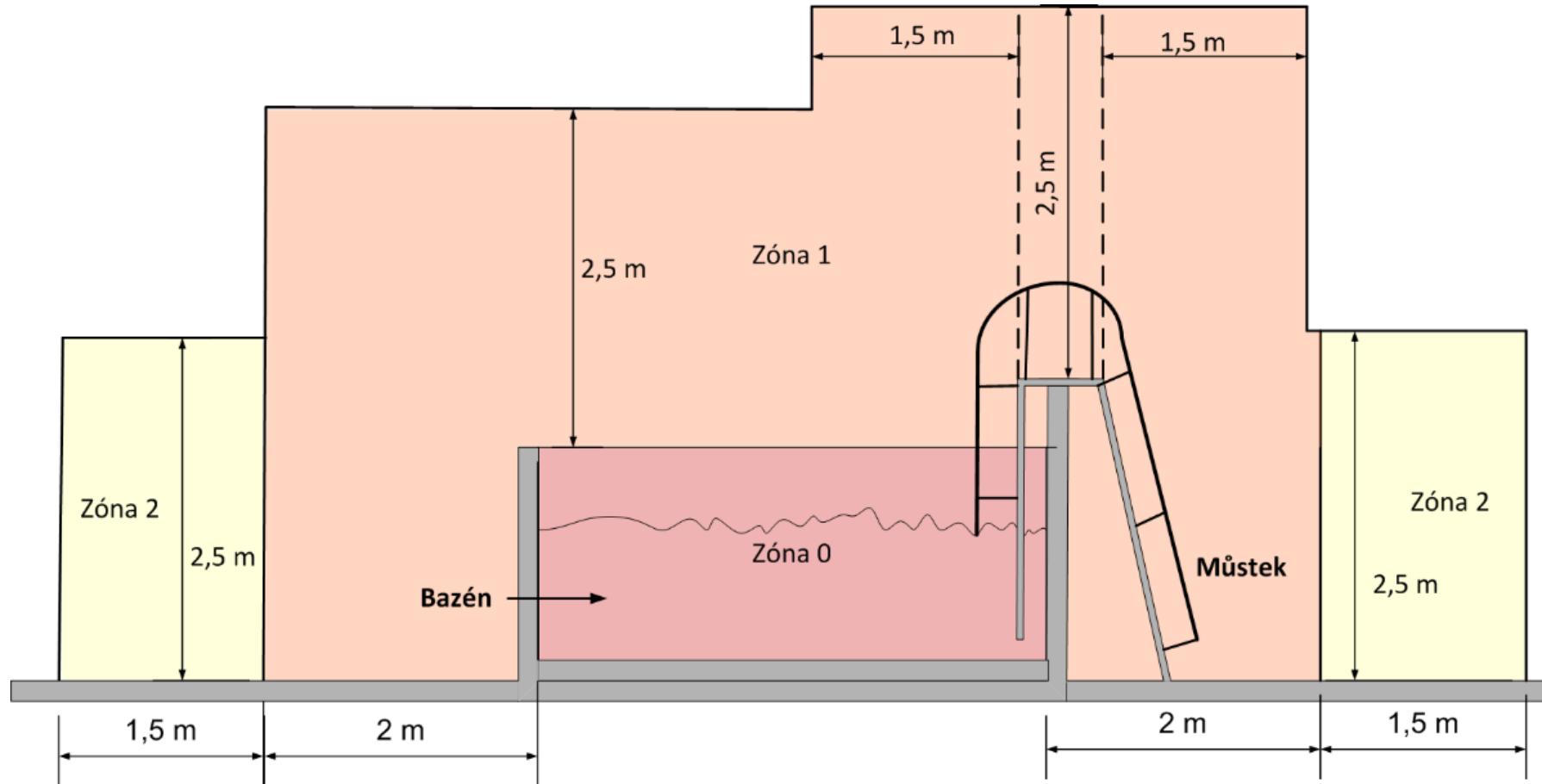


Zóny u plaveckých bazénů

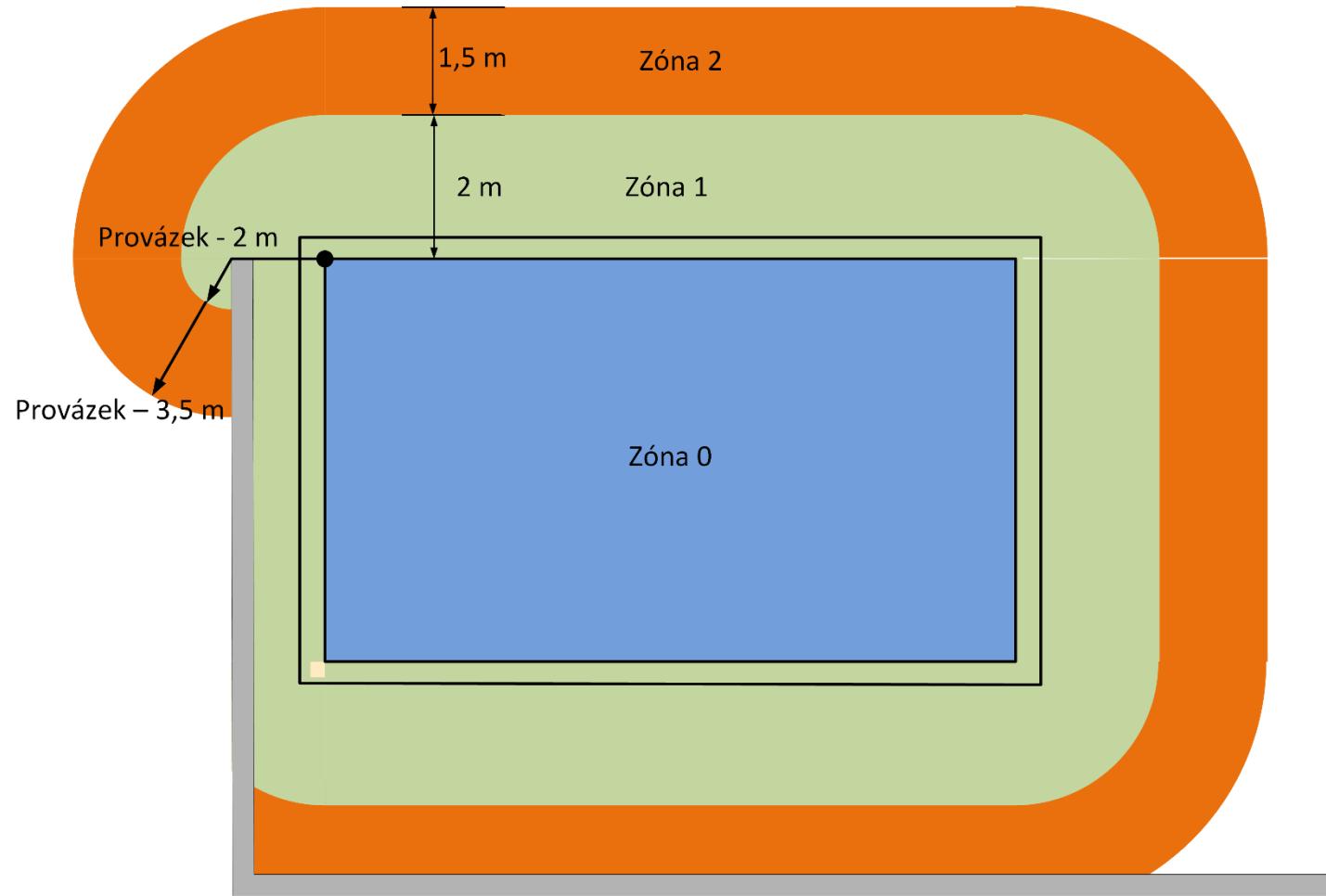




Zóny u plaveckých bazénů



Zóny u plaveckých bazénů





FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH ústav teoretické

TECHNOLOGIÍ a experimentální elektrotechniky

České technické normy





ČSN IEC 60479-1

Účinky proudu na člověka a domácí zvířectvo - Část 1: Obecná hlediska

Třídicí znak: 332010

Vydána: 12.2019

- Hodnoty impedancí uvedené v této technické specifikaci jsou výsledkem důkladného zkoumaní experimentálních výsledků měření provedených převážně **na mrtvých tělech a ojediněle i na živých lidech.**



ČSN EN 61140 ed. 3 Ochrana před úrazem elektrickým proudem - Společná hlediska pro instalaci a zařízení

Třídicí znak: 330500

Vydána: 10.2016, Je Harmonizovaná/Určená

- Není určena pro přímé použití (jen základní principy a požadavky, které jsou společné pro elektrické instalace, sítě a zařízení, nebo jsou nezbytné pro jejich koordinaci).



ČSN 33 2000-4-41 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: ed. 3 Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Třídicí znak: 332000

Vydána: 1.2018 Je Harmonizovaná/Určená
(edice 2 byla platná do 7. 7. 2020)

- Specifikuje základní požadavky týkající se ochrany před úrazem elektrickým proudem včetně **základní ochrany a ochrany při poruše** osob a hospodářských zvířat.



ČSN 33 2130 ed. 3 Elektrické instalace nízkého napětí - Vnitřní elektrické rozvody

Třídicí znak: 332130

Vydána: 12.2014 Je Harmonizovaná/Určená

- Tato norma platí pro navrhování, provádění a rekonstrukce vnitřních elektrických rozvodů silových a sdělovacích v objektech **bytové a občanské výstavby**, a v objektech s obdobným provozem, například administrativního charakteru.
- V těchto objektech se předpokládá, že základní obsluhu provádějí **osoby bez elektrotechnické kvalifikace**.

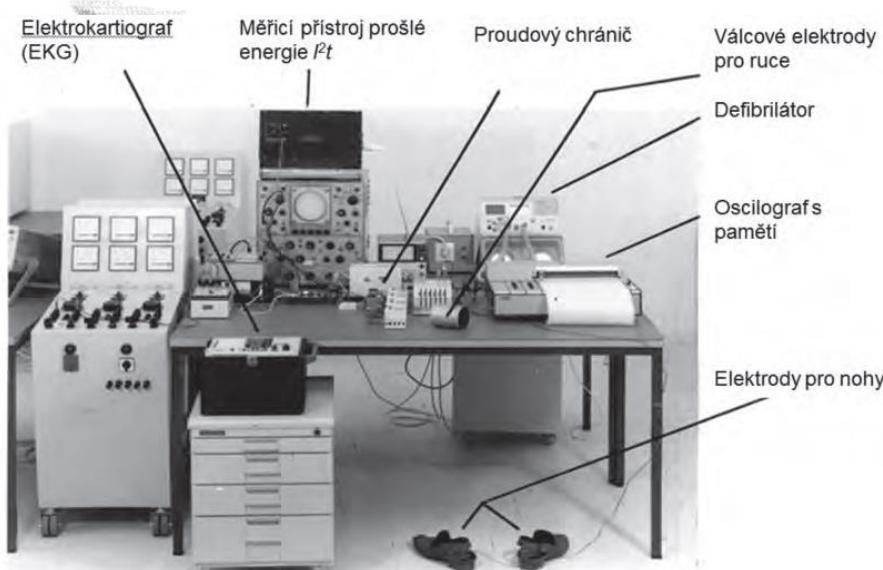


FAKULTA ELEKTROTECHNIKY

A KOMUNIKAČNÍCH ústav teoretické

TECHNOLOGIÍ a experimentální elektrotechniky

Účinky elektrického proudu na lidský organizmus.





Úraz elektrickým proudem

- **Způsoben proudem** protékajícím tělem nebo jako důsledek jiných účinků proudu, elektrického nebo elektromagnetického pole
- **Rozhodující je:**
 - Velikost a cesta proudu tělem.
 - Doba působení proudu.
 - Druh proudu (stejnosměrný, střídavý – kmitočet).
 - Fáze srdečního cyklu.
 - Fyzický a psychický stav postiženého.





Ohrožení zdraví od EZ

Úraz elektrickým proudem:

- Dotykem s nebezpečnou živou částí EZ (přímý dotyk)
- Dotykem neživých částí EZ při poruše (nepřímý dotyk)
- Přeskokem jiskry
- Krokovým napětím

Další ohrožení:

- Působením elektromagnetického pole.
- Tepelným či jiným zářením.
- Dalšími mechanismy (následný úraz ...)



8. února 2016
Školák na nádraží přelézal vagóny, utrpěl popáleniny třetího stupně

CERNÁ KRONIKA

Sprejera popálil elektrický proud

Brno - Těžkými popáleninami skončilo sprejerské dobrodružství trojice mladíků z Brna. Na konečné tramvaje v Obřanech se rozhodli zkrášlit elektrorozvodnu Českých drah.

„Jeden z nich byl tak neopatrný, že jej zasáhl elektrický proud. Osmnáctiletý mladík má hluboké popáleniny na třinácti procentech těla,“ řekl policejní mluvčí Bohumil Malášek.

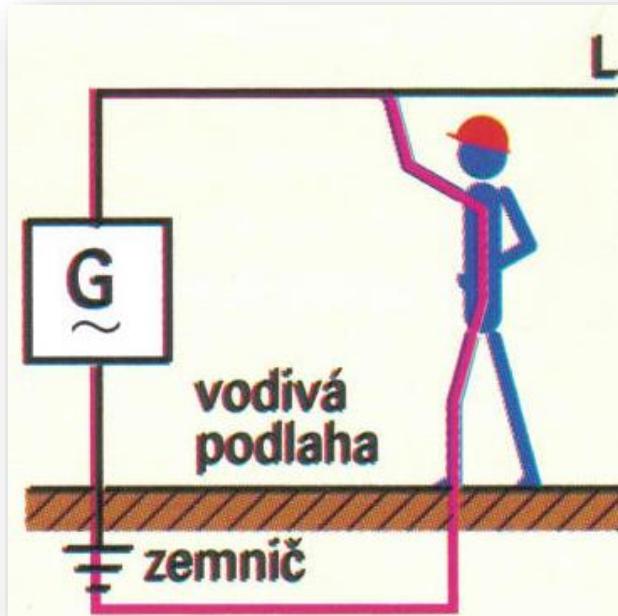
(pm)

V říšti zmizela osmnáctiletá dívka

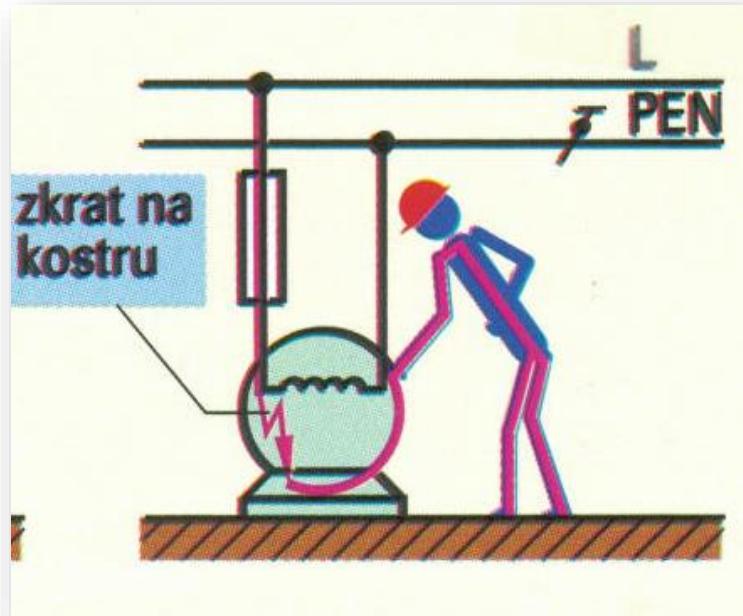
„Terá trpí česká

Přímý a nepřímý dotyk

Dotyk nebezpečné živé části
(přímý dotyk)

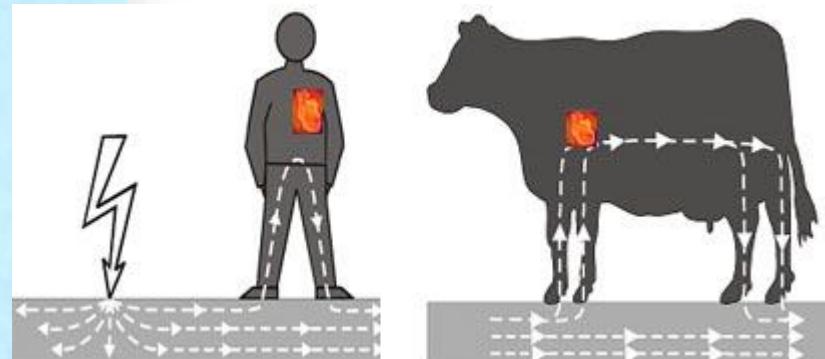
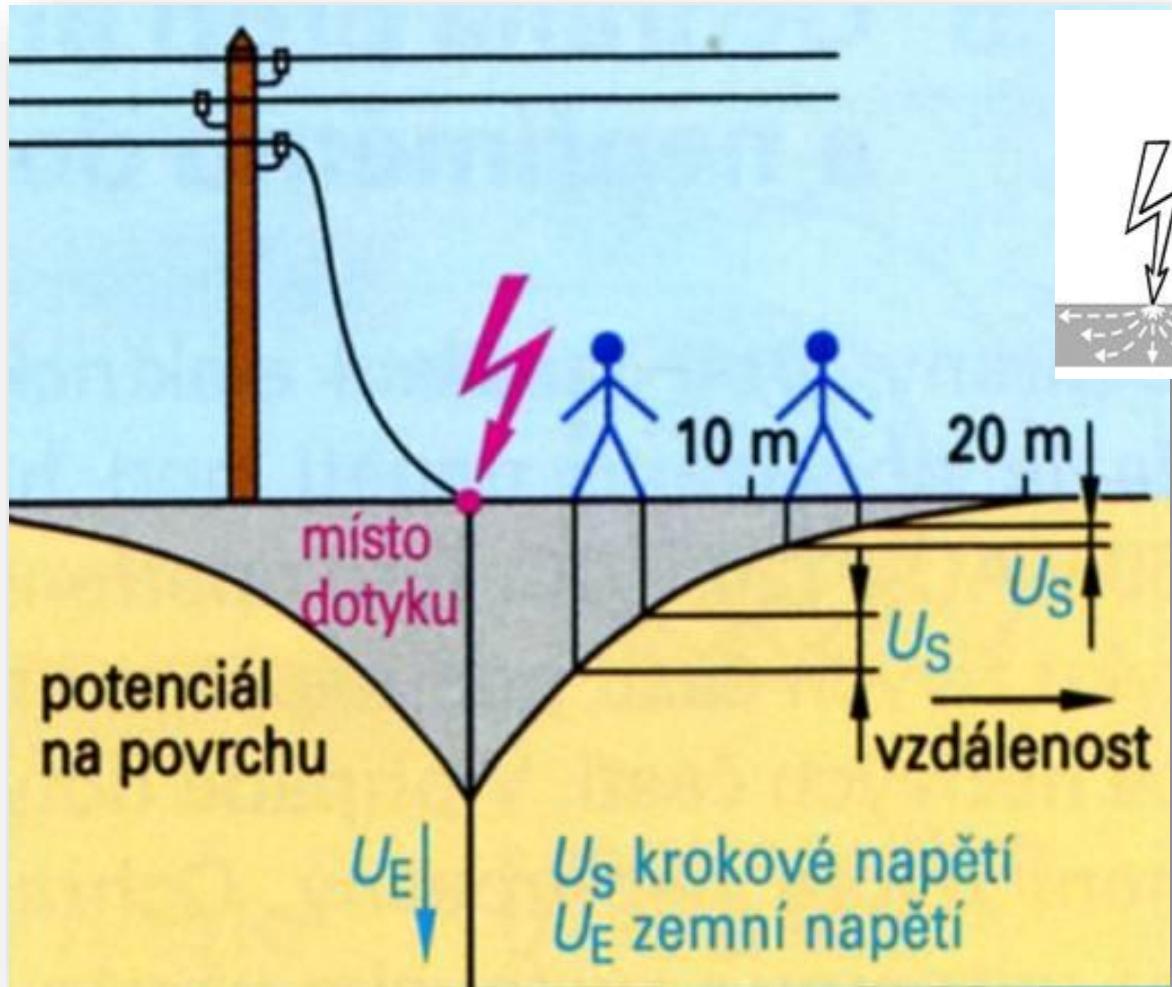


Dotyk neživé části
(nepřímý dotyk)

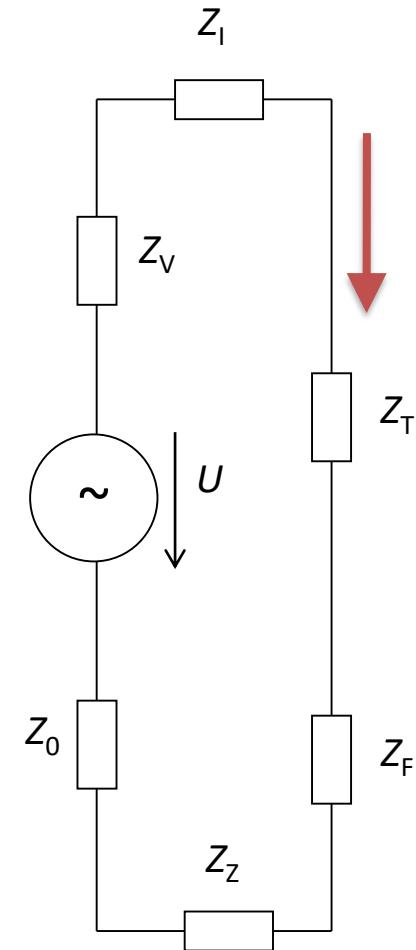
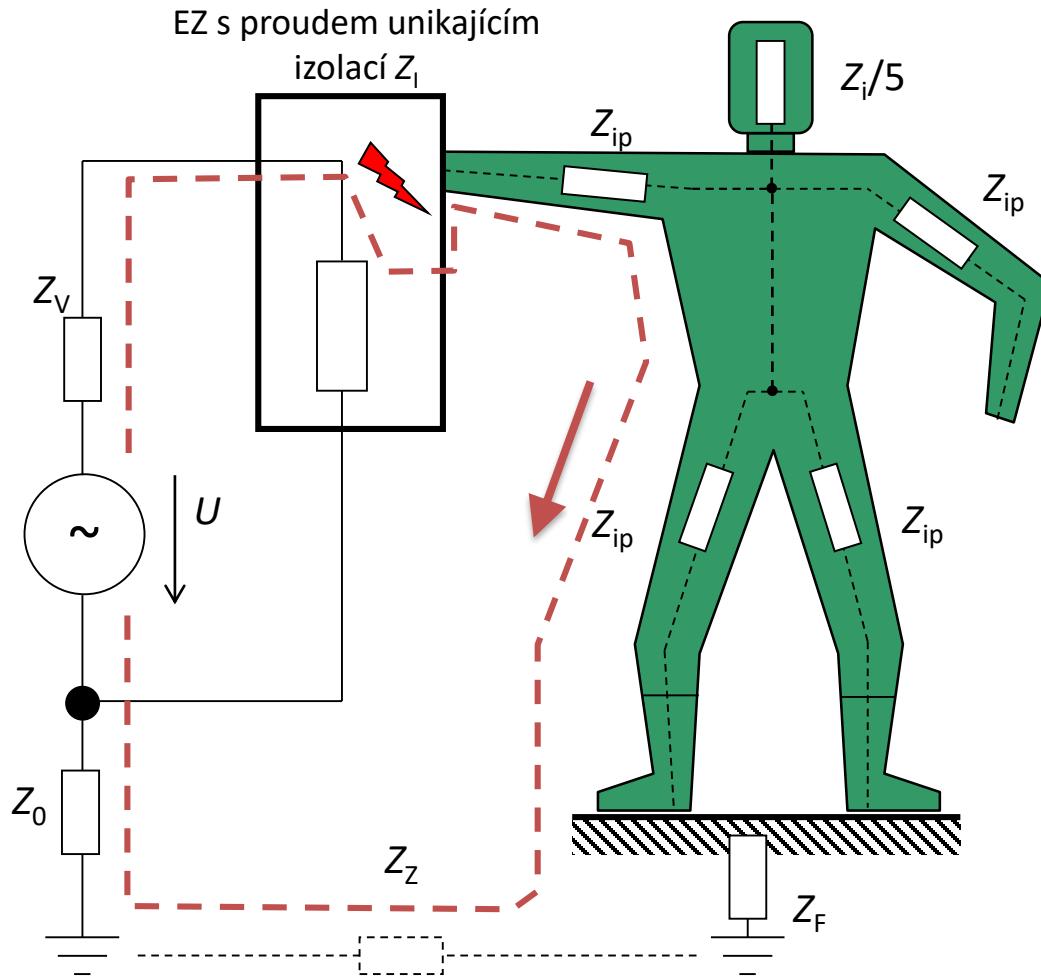


Přístroj, který je pod proudem,
vypadá stejně jako ten, který není,
jen je jiný na dotek...

Vznik krokového napětí



Člověk dotýkající se elektrického zařízení



Komorová (ventrikulární) fibrilace

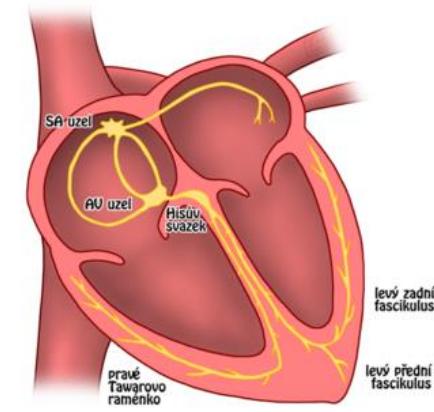
Srdce si **samo vytváří vzruchy** pro svou činnost **síňovém (SA) uzlu**, odkud se pak šíří dále po srdci.

- Vnějším projevem této aktivity jsou elektrické impulzy na povrchu těla, snímané jako **EKG křivka**.

Komorová fibrilace (míhání komor) je závažná porucha srdečního rytmu, spojená s bezvědomím a rizikem úmrtí.

- Spočívá v chaotické činnosti jednotlivých svalových buněk myokardu s typickým projevem na EKG (bez EKG nelze fibrilaci diagnostikovat).
- Nedochází k účinné kontrakci srdce vedoucí k vypuzení krve, selhává tedy krevní oběh a život postiženého je ohrožen nedostatkem kyslíku v mozku.
- Může být způsobena ischemickou chorobou srdeční, úrazem elektrickým proudem, poruchami vnitřního prostředí (zejména koncentrace draslíku) a dalšími příčinami.
- K nápravě lze použít defibrilace – řízený elektrický výboj do srdečního svalu, viz aplikace defibrilátoru.

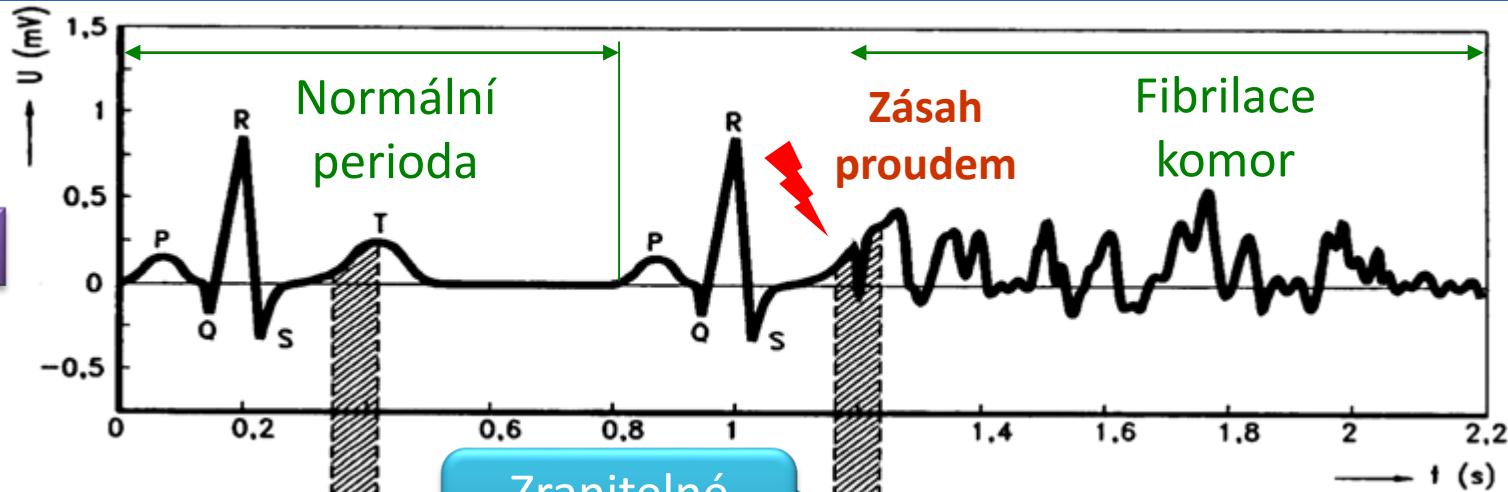
PŘEVODNÍ SYSTÉM SRDEČNÍ



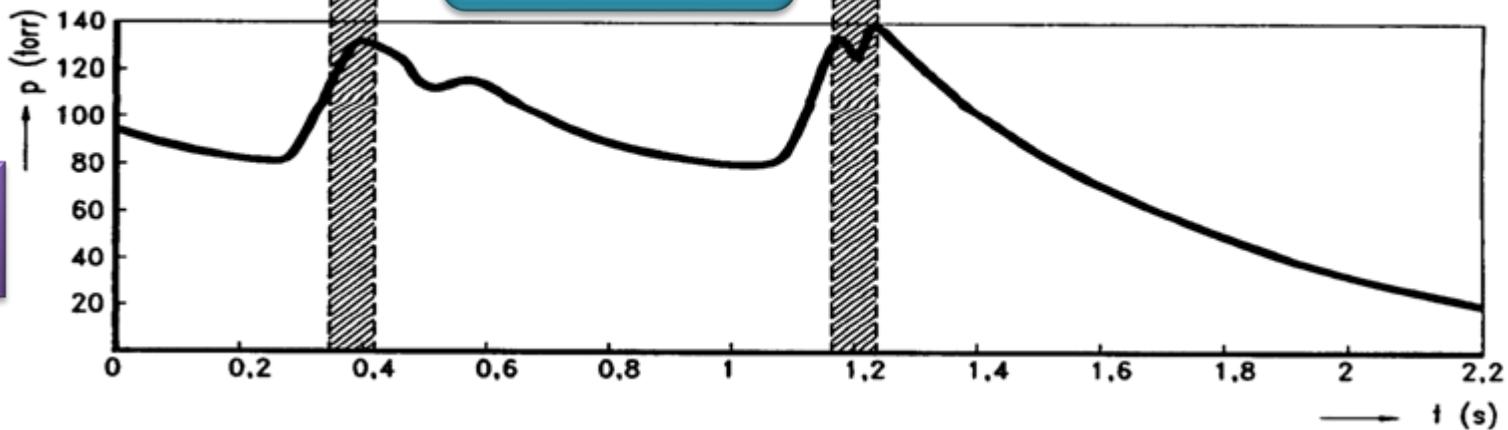


Srdeční cyklus

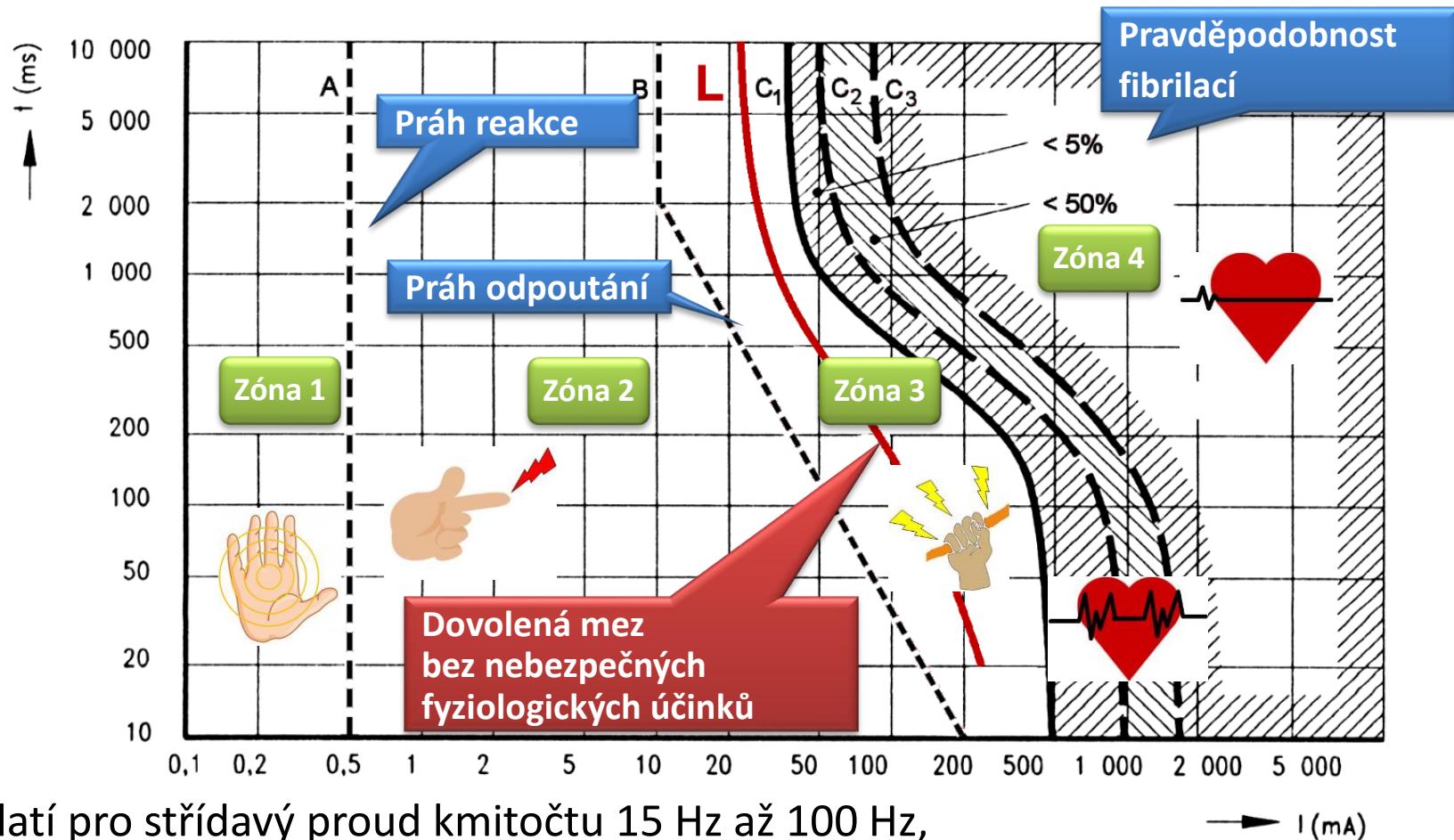
EKG



Krevní tlak



Účinky elektrického proudu na lidský organizmus





Účinky elektrického proudu na lidský organizmus

K posouzení fyziologických účinků elektrického proudu slouží prahové hodnoty proudu AC 50 Hz, dráha levá ruka - obě nohy:

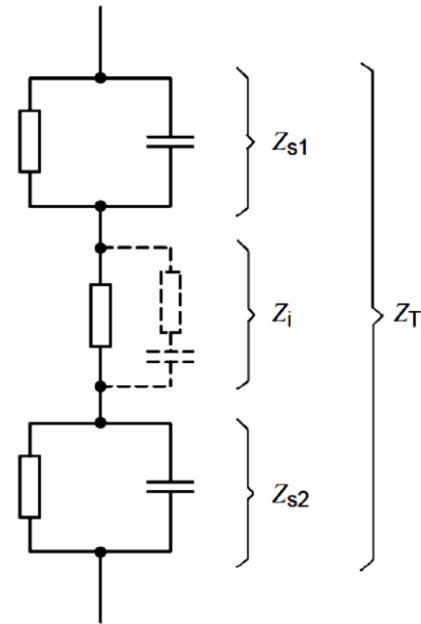
- **Práh vnímání** minimální hodnota, kdy je vyvolán vnímatelný počitek.
- **Práh reakce** (čára A) minimální hodnota, která způsobí bezděčné stažení svalů.
- **Práh odpoutání** (křivka B) maximální hodnota, při níž osoba držící elektrody je může sama pustit.
- **Práh komorové fibrilace** (křivka C) minimální hodnota, která způsobí fibrilaci srdečních komor.

Vypínací charakteristiky ochranných prvků (pojistek, jističů, proudových chráničů) musí respektovat fyziologické účinky proudu. Proto byla dohodnuta mezní křivka L, určující dovolené doby působení proudu bez nebezpečných účinků. Je umístěna v zóně 3 s rezervou pod prahem fibrilace srdečních komor.

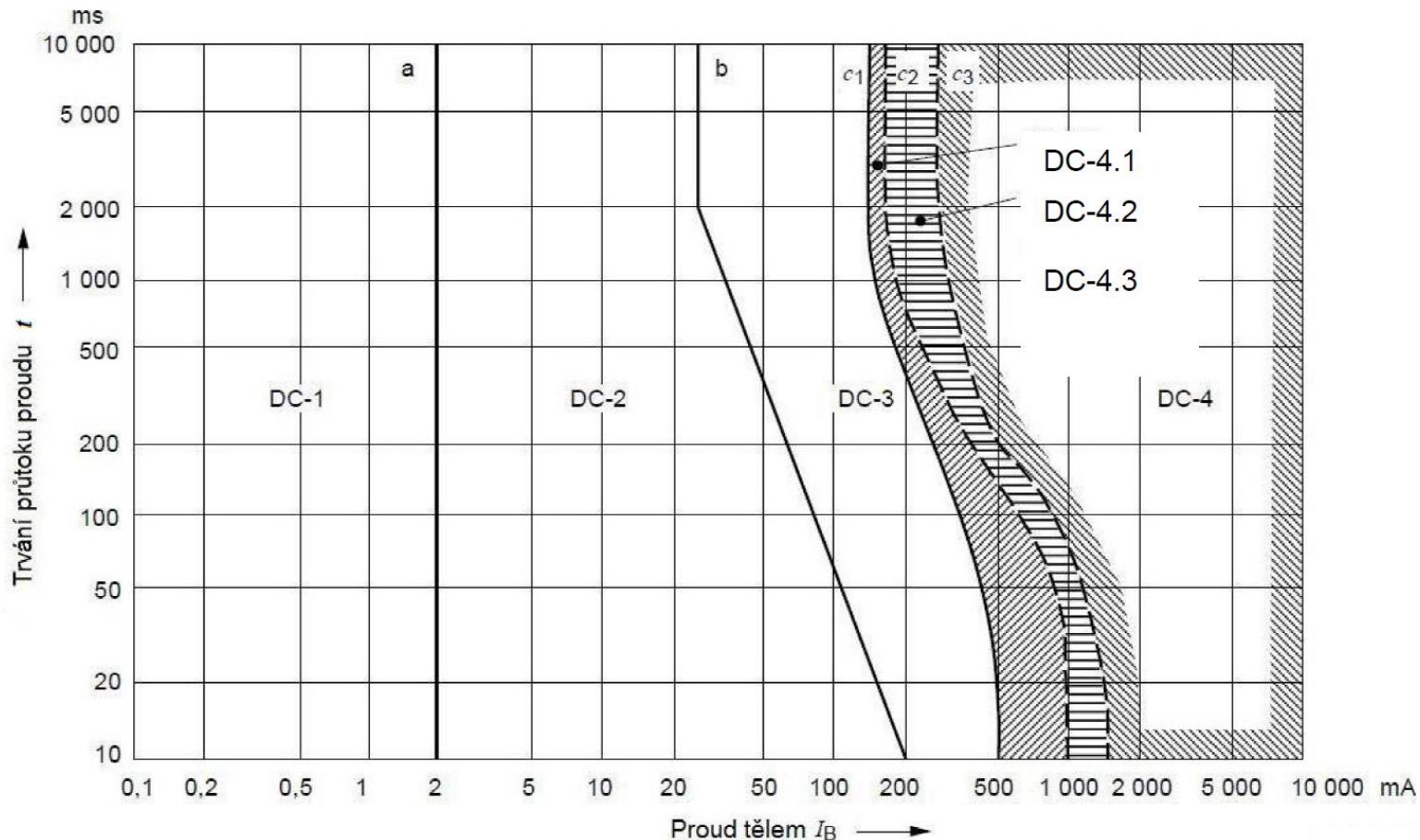
Mezi čarami v obrázku jsou vymezeny zóny fyziologických účinků:

- **Zóna 1** (do čáry A, tedy $< 0,5$ mA) Obvykle bez reakce.
- **Zóna 2** ($> 0,5$ mA, do křivky B) Obvykle bez škodlivých fyziologických účinků. Svalové stahy.
- **Zóna 3** (mezi křivkami B a C1) Obvykle bez poškození organizmu. Mohou být svalové křeče, dýchací potíže, vratné poruchy srdečního rytmu včetně fibrilací srdečních síní, přechodná srdeční zástava bez komorových fibrilací.
- **Zóna 4** (od křivky C1) K účinkům uvedeným pro zónu 3 navíc vznik komorových fibrilací s pravděpodobností do 5 % (k čáře C2), s pravděpodobností do 50 % (k čáře C3), s pravděpodobností nad 50 % (za čárou C3), s rostoucím proudem a časem též zástava dýchání a popáleniny.

- Impedance těla závisí na mnoha faktorech, zvláště pak na dráze proudu, dotykovém napětí, trvání průtoku proudu, kmitočtu, teplotě, ploše kontaktu elektrody s kůží a vlhkosti pokožky.
- Náhradní model **impedance těla ZT** sestává z **impedance vnitřní** (Z_i , převážně odporový charakter) a **impedance kůže** (Z_S) v obou místech kontaktu s elektrodami.
- Impedance kůže má kapacitně – odporový charakter a značně závisí na napětí (průraz pokožky začíná již od několika desítek V).
- **Fyziologický účinek**
 - 0,0045 mA - Vnímavost jazykem
 - 1,2 mA – Vnímavost prsty
 - 9 mA – Svalové křeče
 - 20 mA – Křeče dýchacích svalů
 - 80 mA – Fibrilace srdečních komor



Účinky elektrického proudu na lidský organizmus



Platí pro stejnosměrny proud



Účinky elektrického proudu na lidský organizmus

- Z doby průchodu proudu delší než 2 až 5 s vyplývají pro účinky elektrického střídavého proudu na lidský organizmus tyto meze:

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

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



Impedance izolace živých částí

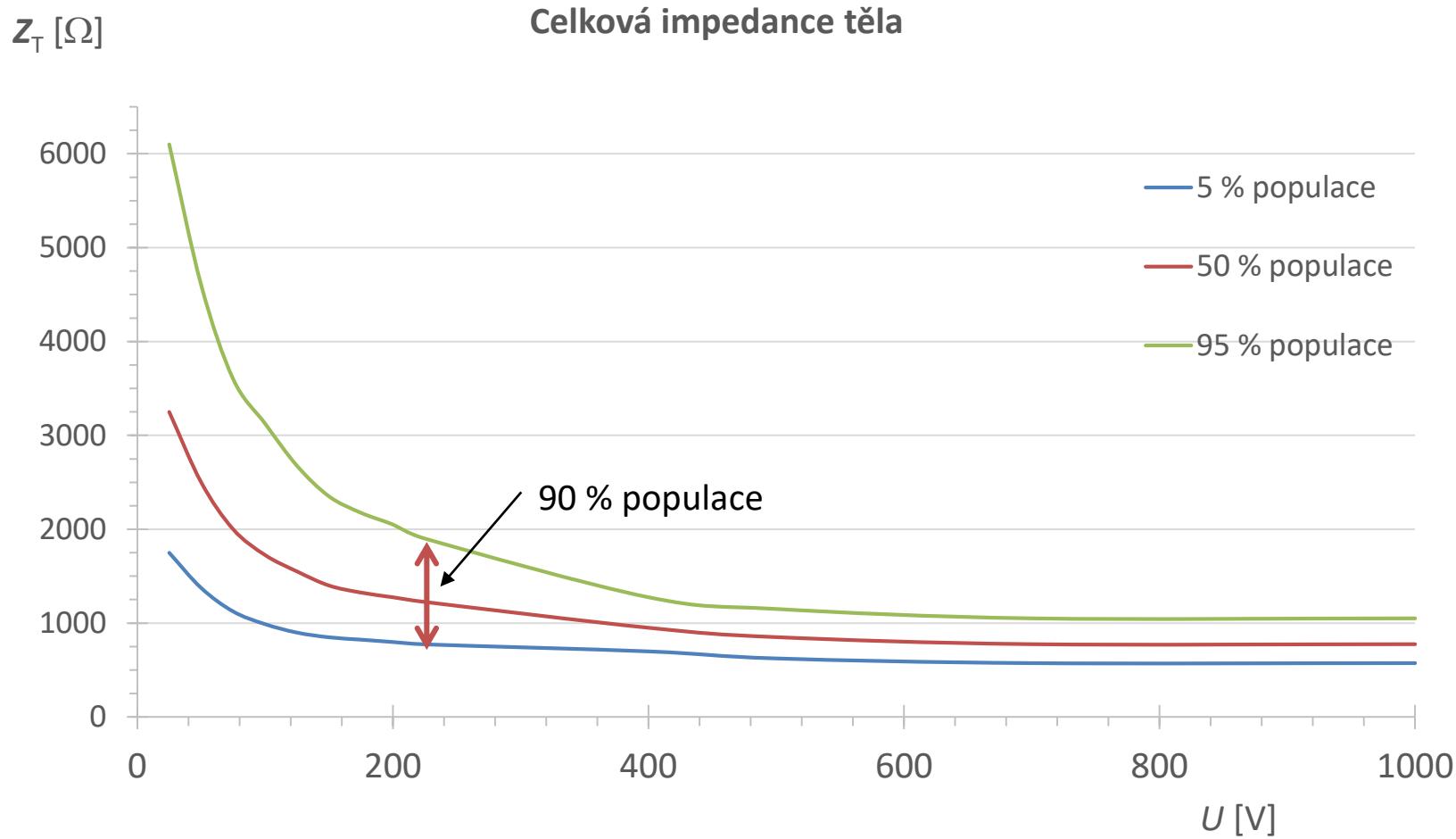
Před dotykem živých částí chrání tzv. základní izolace.

- U elektrických spotřebičů nízkého napětí spotřebičů třídy I, které se drží při práci v ruce, i spotřebičů třídy II předepsán **izolační odpor nejméně $2 \text{ M}\Omega$** .
- Tento izolační odpor vychází jako podíl napětí 1 000 V (za nízké napětí se považuje napětí do 1 000 V) a maximálního unikajícího proudu 0,5 mA.

$$R_{\text{izol}} \geq \frac{1000 \text{ V}}{0,5 \text{ mA}} = 2 \text{ M}\Omega$$

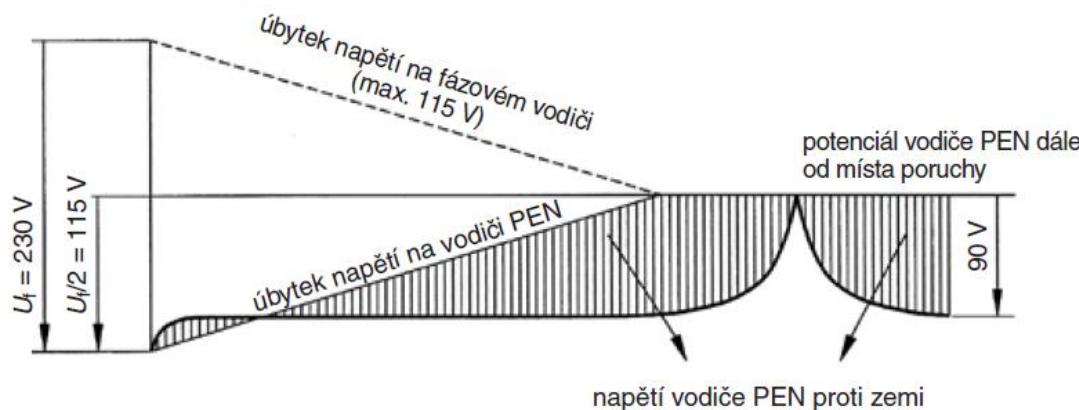
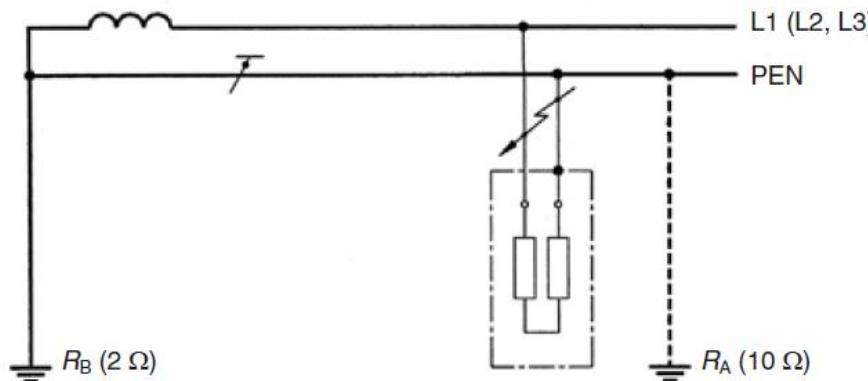
- Pro ochranu osob je předepsaný proudový chránič s maximálním rozdílovým proudem: $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$

Závislost impedance lidského těla na napětí (~50 Hz)



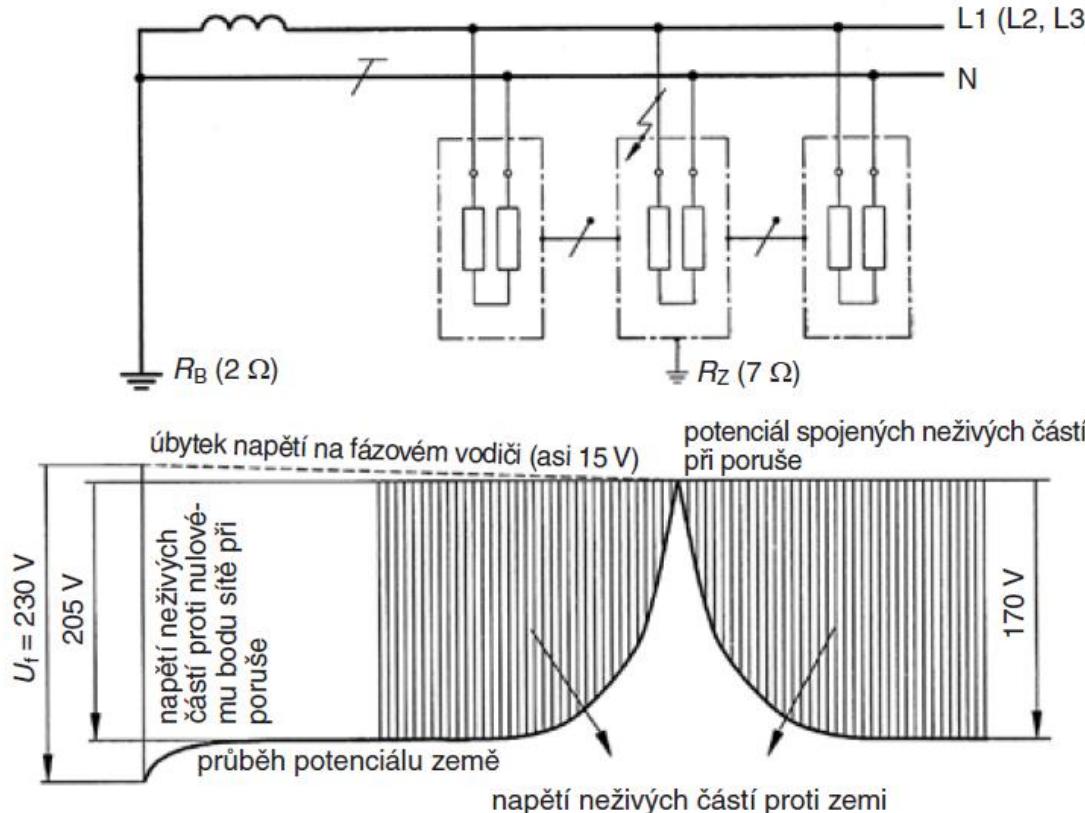
Předpokládané dotykové napětí - TN

- V síti TN se objeví mezi neživou částí a zemí asi **90 V**



Předpokládané dotykové napětí - TT

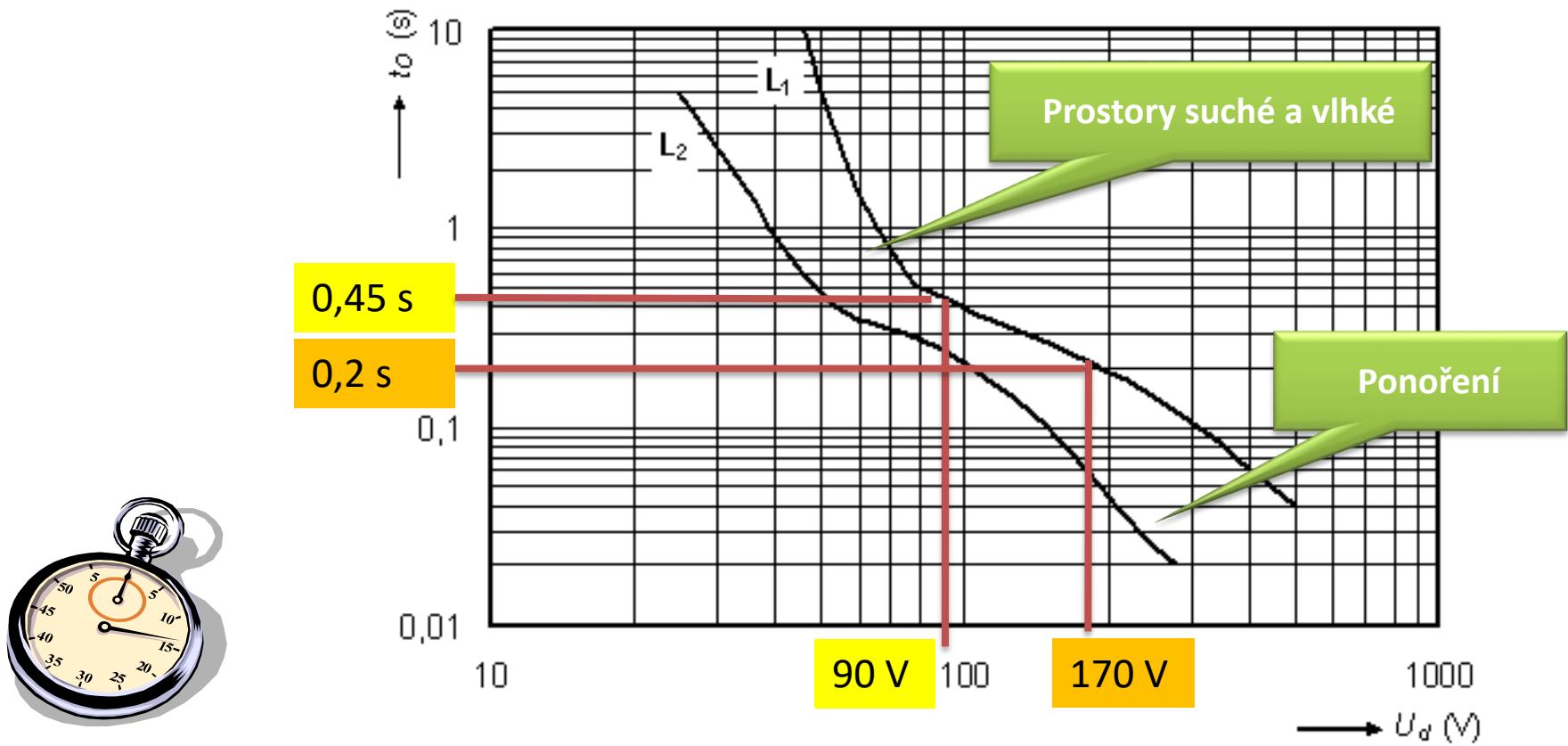
- V síti TT se objeví mezi neživou částí a zemí asi 170 V





Omezení doby trvání střídavého dotykového napětí

- Pro TN AC230V se předpokládá při poruše $U_d = 90\text{V} \rightarrow \text{doba odpojení do } 0,45\text{ s}$
- Pro TT AC230V se předpokládá při poruše $U_d = 170\text{V} \rightarrow \text{doba odpojení do } 0,2\text{ s}$



- Dotyk **neživé** části v síti TN-S

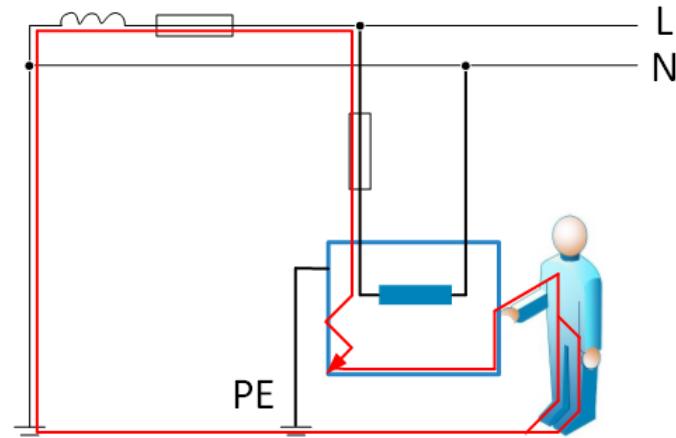
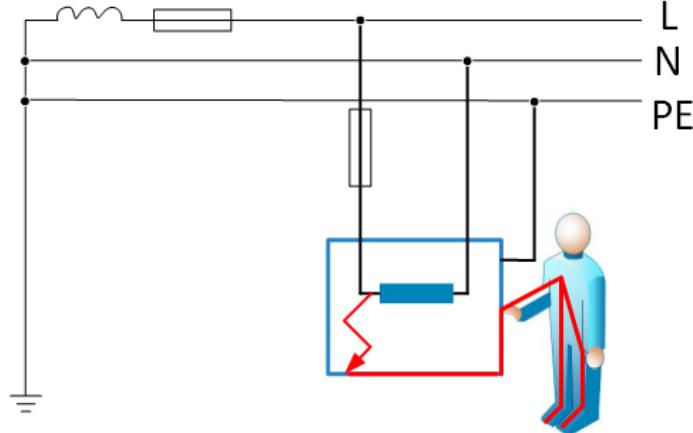
$$U_d = U_0 \frac{Z_{PE}}{Z_L + Z_{PE}} = 230 \frac{0,8}{1,2 + 0,8} = 92 \text{ V}$$

$$I_T = \frac{U_d}{Z_T} = \frac{92}{2000} = 46 \text{ mA}$$

- Dotyk **neživé** části v síti TT

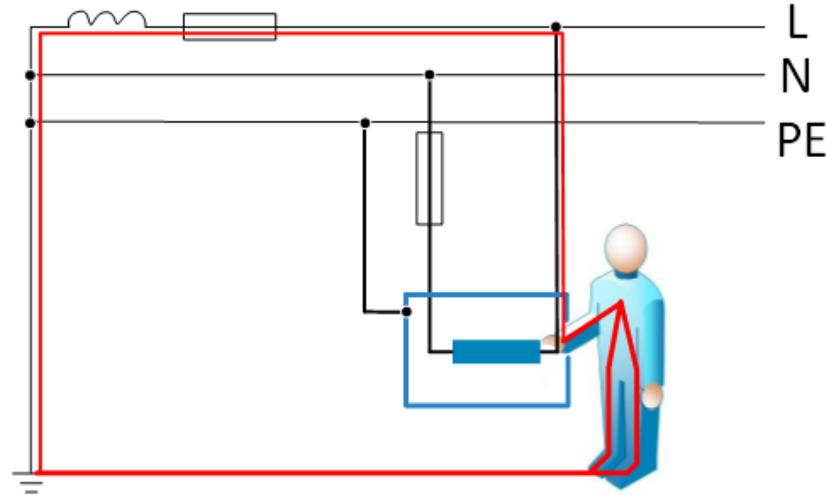
$$U_d = U_0 \frac{R_z}{Z_L + R_z} = 230 \frac{5}{1,2 + 5} = 185 \text{ V}$$

$$I_T = \frac{U_d}{Z_T} = \frac{185}{2000} = 92,5 \text{ mA}$$



- Dotyk nebezpečné živé části

$$I_T = \frac{U_d}{Z_T} = \frac{230}{2000} = 115 \text{ mA}$$



- Proudy v rozmezí **10 až 30 mA** nevedou sice ke smrti, ale při jejich delším působení dochází ke křečím svalů, potížím při dýchání atd.
- Proudy s hodnotami **nad 30 mA** mohou být i **smrtelné**, pokud nedojde k rychlému odpojení.
- Proudy **do 500 mA** způsobí smrt, procházejí-li déle než **cca 0,5 s**.
- Proudy **nad 500 mA** bývají smrtelné i při krátkých dobách průchodu.

Ochrana před fyziologickými účinky

- Neškodlivý proud protékající lidským tělem se může stát příčinou situací, které jsou nebezpečné (úleková reakce).
- To se může týkat **meze vnímání**, **meze bolesti** a **pocitu žáru**.
- Meze reakce dotykového napětí:

Druh reakce	Mez napětí
Úleková reakce	2 V AC
	8 V DC
Svalová reakce	20 V AC
	40 V DC

- pro suché podmínky a dotykovou plochu 35 cm^2 .
- Pokud protéká tělem proud o malé hodnotě, je možno prožívat pocit horka nebo žáru.
 - zvýšení krevního tlaku, znehybnění, poruchy srdečních pulzů.



Ochranné přístroje



Nouzové vypnutí – Okamžité odpojení dobrě viditelný a rychle ovládateLNý.

Pohyblivé kontakty vícepólových přístrojů

- spínají a rozpínají **společně** (3f EZ nelze spínat pomocí 3x1f jistič)
- V případě spínání **nulových vodičů** mohou spínat před a rozpínat po ostatních kontaktech.
- **Samostatný** spínací přístroj **nesmí být zapojen do nulového vodiče**.
- Zařízení určené pouze pro **ochranu** **nesmí být** používáno pro funkční **spínání obvodů** (nezahrnuje zkoušení, obsluhu a údržbu).
- V sítích TN-S není nutné odpojovat **nulový vodič**, jestliže podmínky napájení jsou takové, že je možno nulový vodič považovat spolehlivě na potenciálu země.

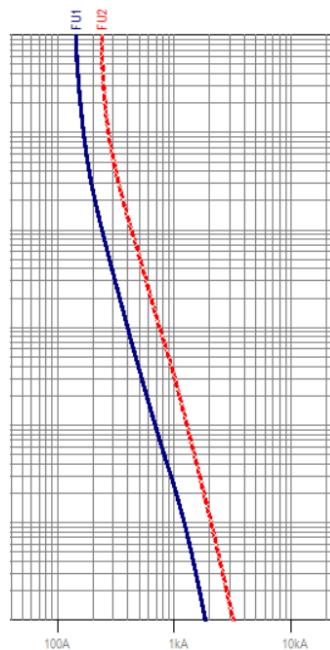
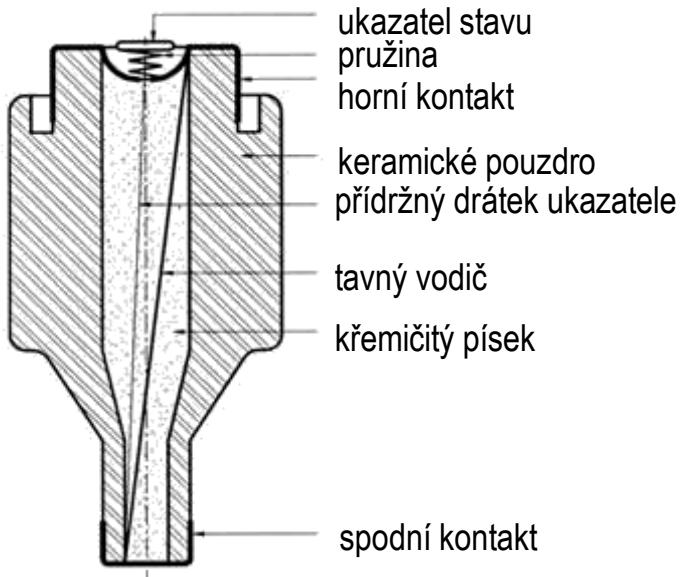
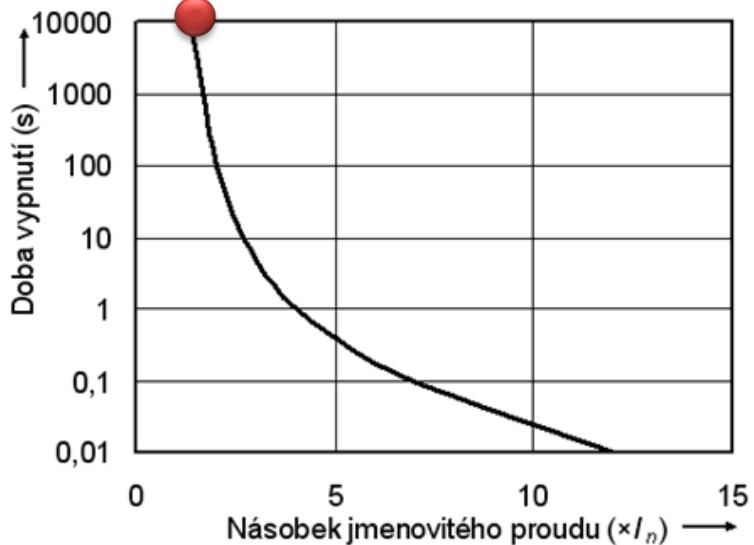


Pojistky

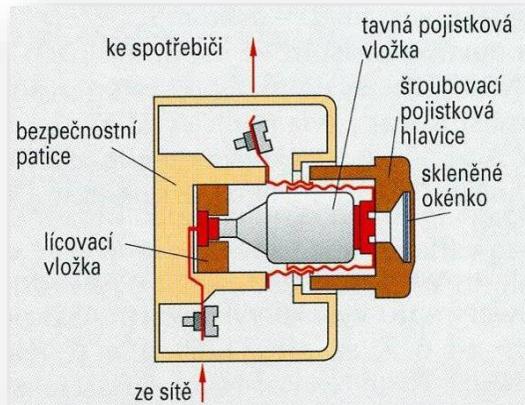


Ochranné přístroje - pojistka

- Umělé nejslabší místo el. obvodu, **maximální vypínací schopnost**.
- Malé ztráty, velká odolnost, stálost při teplotě.
- Vypnutím je zničena** a vypíná jen jednu fázi.
- Plná selektivita při $I_{n1} : I_{n2} = 1,6 : 1$ (32 : 20).



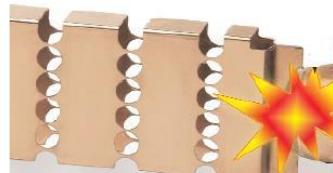
- Závitové pojistky D (laici)**
 - I_n 2 – 63 A.



- Válcové pojistky C (kvalifikovaná obsluha)**
 - jmenovitý proud od 0,5A do 125A;
 - s indikátorem;



- **Nožové pojistky
(kvalifikovaná obsluha)**
 - velikosti 000, 00, 01, 1, 02, 2, 03, 3, 4;
 - jmenovitý proud od 2A do 1250A;
 - indikátory;



přetížení

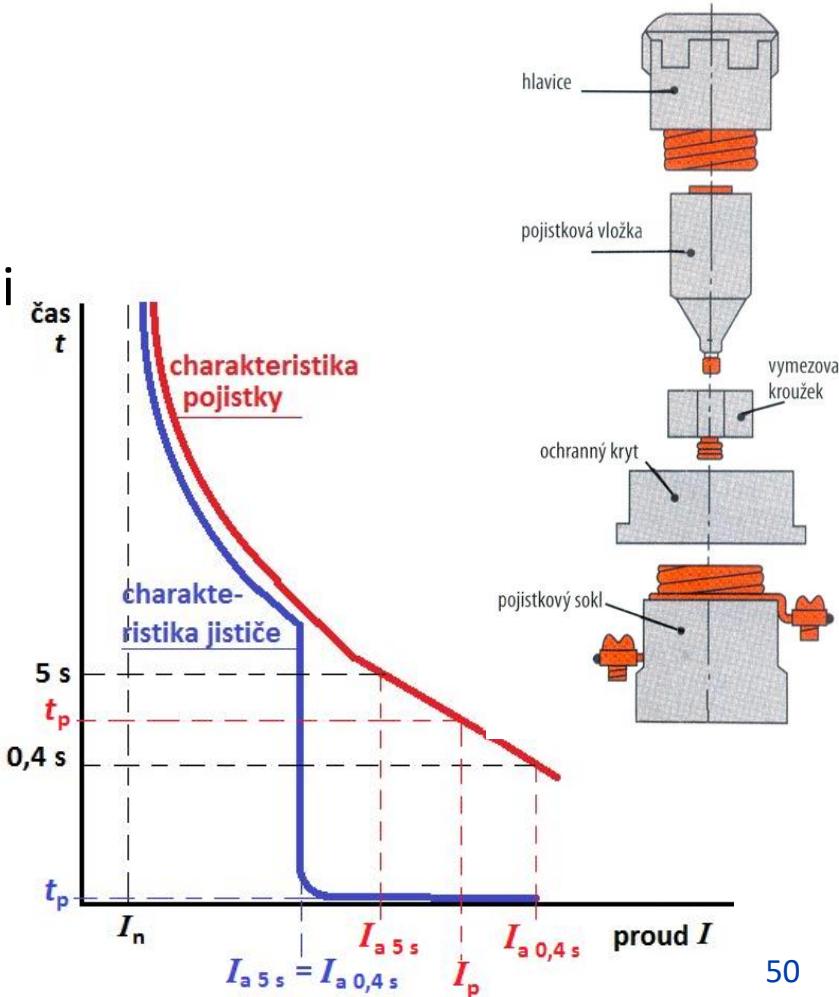


zkrat



Ochranné přístroje - pojistka

- Označení 2 – 3 písmena (gG , aM, ...)
- **1. písmeno** = rozsah vypínání
g – plný rozsah vypínací schopnosti
a – částečný rozsah vypínací schopnosti
- **2. písmeno** udává kategorii užití
G –všeobecné použití
M –jištění motorových vývodů
R –jištění polovodičových prvků
Tr – jištění distrib. transformátorů
PV – jištění fotovoltaických systémů
Bat – jištění bateriových úložišť





Ochranné přístroje - pojistka

Pojistka gG	Proud $t > 1 \text{ h}$ (nevypne)	Proud $t < 1 \text{ h}$ (vypne)	Proud $t > 10 \text{ s}$ (nevypne)	Proud $t < 5 \text{ s}$ (vypne)	Proud $t > 0,1 \text{ s}$ (nevypne)	Proud $t < 0,1 \text{ s}$ (vypne)
16	1,25	1,6	2,1	4,1	5,3	9,4
20			2,1	4,3	5,5	10,0
25			2,1	4,4	6,0	10,4
32			2,3	4,7	6,3	10,9
40			2,4	4,8	6,5	11,3
50			2,5	5,0	7,0	12,2
63			2,5	5,1	7,1	13,0



Ochranné přístroje - pojistka

Guide to Fuse Replacement

100 amp



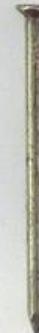
250 amp



350 amp
(Audiovisual
Auto-Alert)



600 amp



1500 amp
(Slow-Blow)



2000 amp
(Slow-Blow)



16 amp

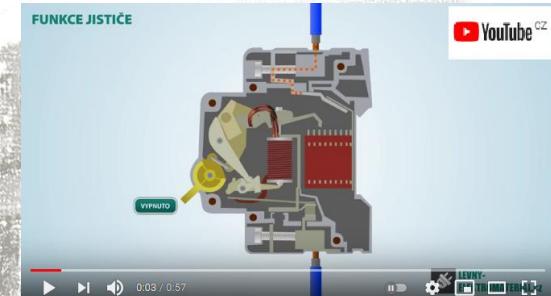


130 amp



Jističe

Odkazy:

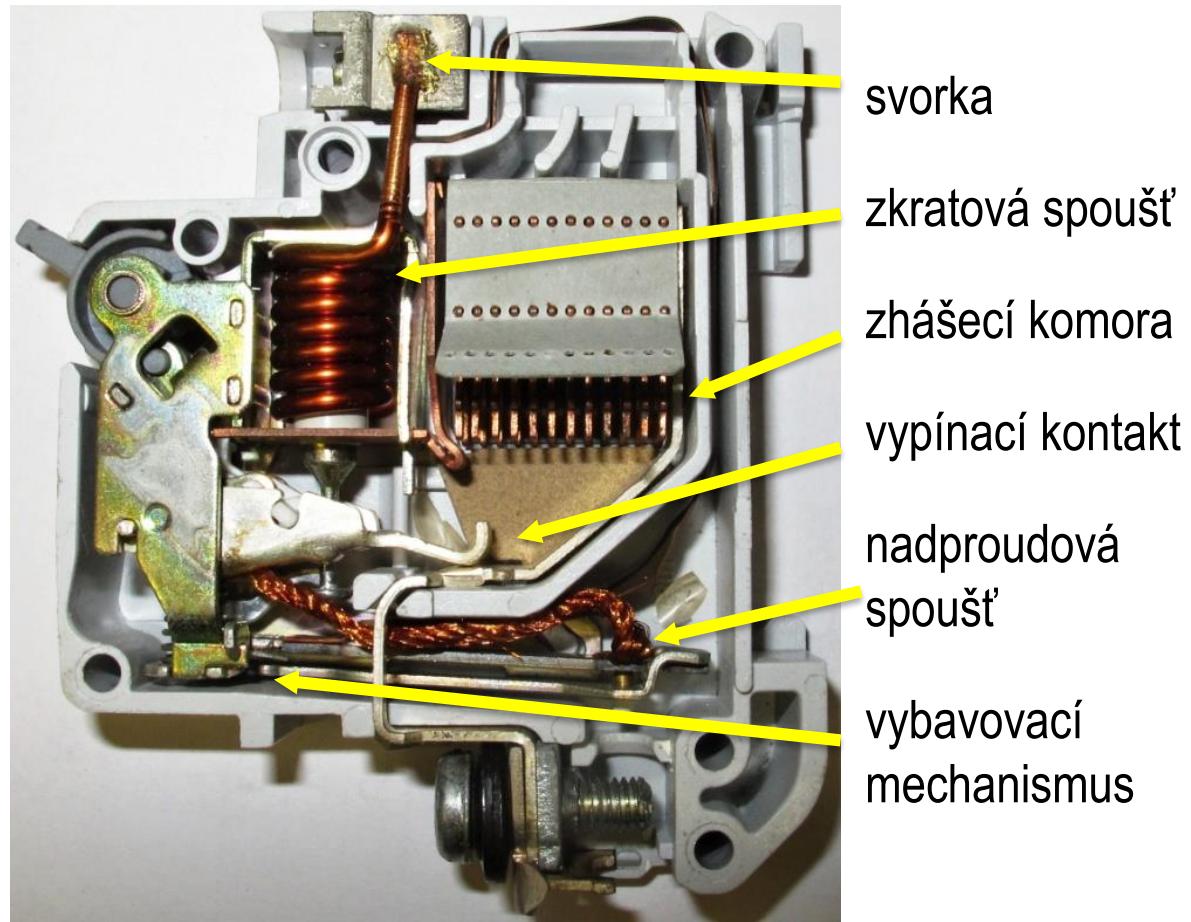




Charakteristické hodnoty:

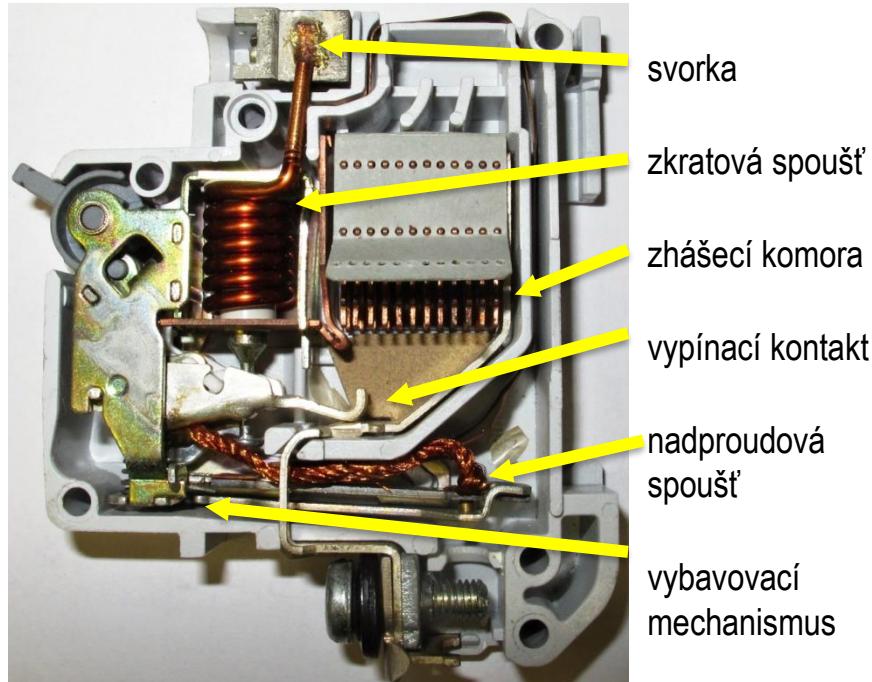
- **jmenovité napětí,**
- **jmenovitý proud,**
- **zkratový proud.**

Elektrodynamické síly zkratového proudu odtrhnou kontakty od sebe v první půlvlně zkratového proudu = omezení energie.

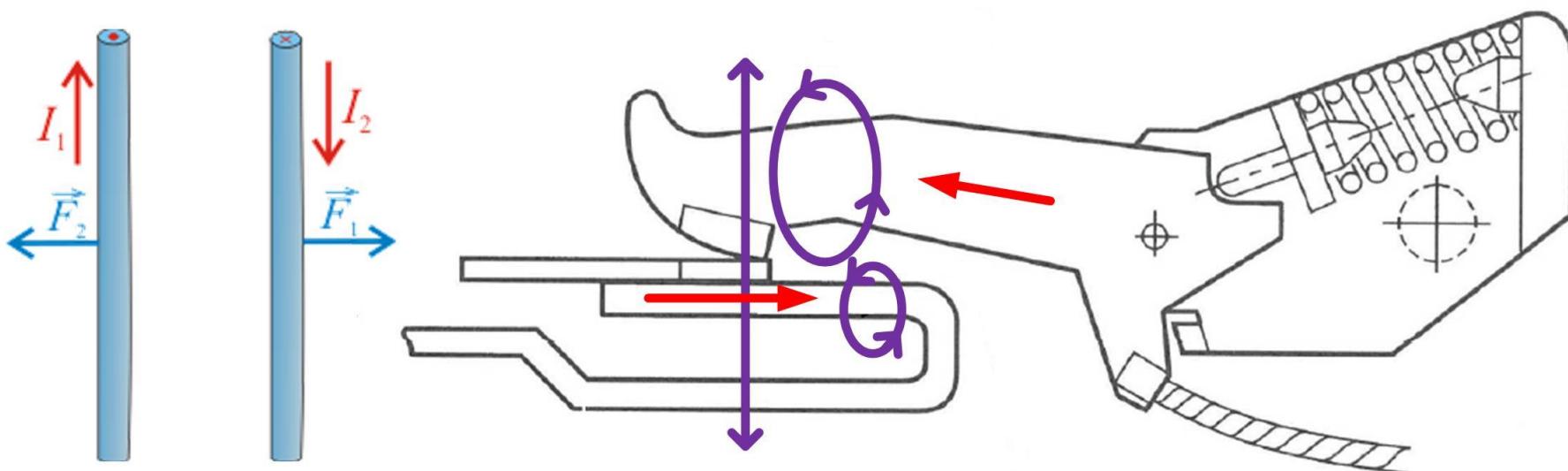




- **Výhody:**
 - opětovné použití,
 - vícepólové jističe,
 - možnost o doplnění
 - nastavení tepelné a zkratové spouště.
- **Nevýhody:**
 - menší zkratová odolnost,
 - složitost mechanizmu,
 - větší pravděpodobnost poruchy,
 - větší cena.



- Princip funkce omezujícího jističe



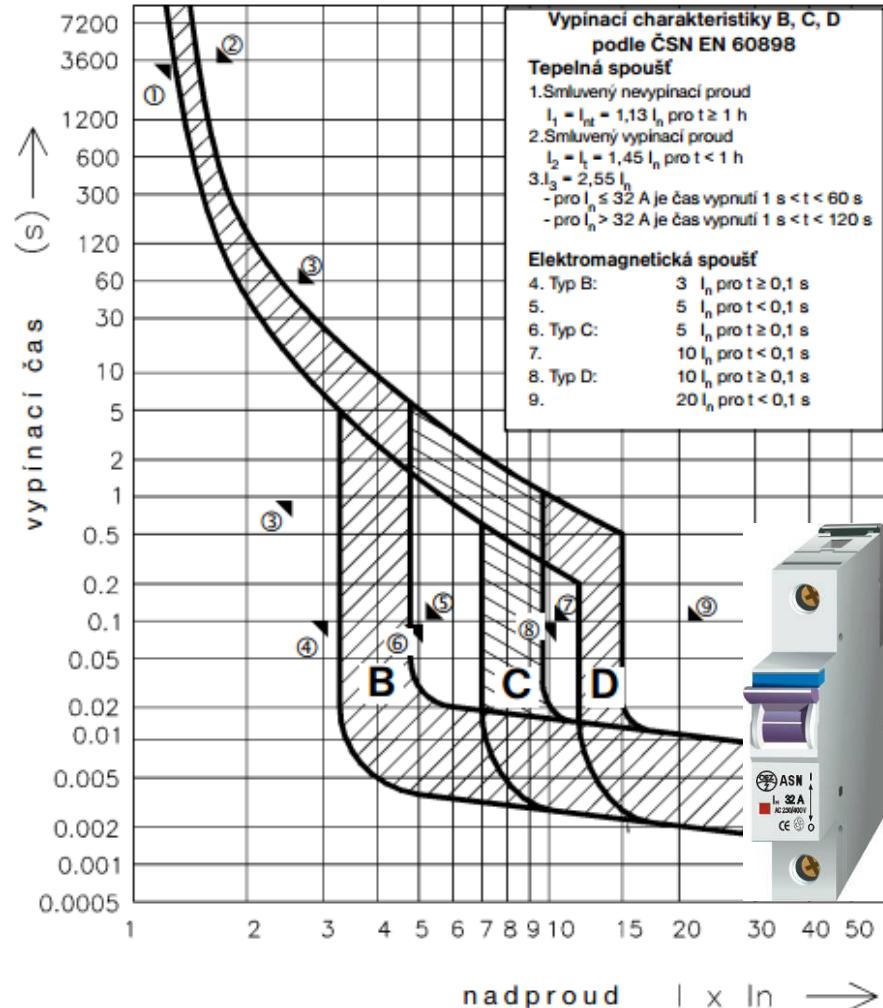


Vypínací charakteristiky

- **B** pro odporové spotřebiče - vypíná do 0,1 s při 3-5 násobku jmenovitého proudu.
- **C** univerzální jistič (žárovky, motory s lehkým rozběhem) - vypíná do 0,1 s při 5-10 násobku jmenovitého proudu.
- **D** motorový jistič (pro motory s těžkým rozběhem) - vypíná do 0,1 s při 10-20 násobku jmenovitého proudu.

Zapínací proudy:

- Klasické a halogenové žárovky: 5 – 20 I_n
- Kompaktní zářivky a LED žár.: až I_n 100. (žárovka a LED jsou srovnatelné)



- Díky častějšímu použití 10kA jističů se objevují také jističe, které této vypínačí schopnosti dosahují jen díky **ústupkům v jiných parametrech a životnosti**.
- Je rozdíl mezi jističi dle:
 - „domovní“ normy **ČSN EN 60898**,
 - „průmyslové“ **ČSN EN 60947** (mírnější).
- „**Domovní**“ norma je přísnější, protože předpokládá laického uživatele. Vyžaduje **funkčnost** jističe i **po třech po sobě jdoucích zkratech**.
- „**Průmyslová**“ povoluje **velké prodlevy**, během kterých jistič **stihne zchladnout**.
- Dojde-li ke zkratu a obsluha se pokusí jistič podle „průmyslové“ normy znova zapnout, obvykle dojde v lepším případě ke zničení jističe, v horším ke spečení kontaktů.





Norma	Tepelná spoušť			Elektromag. spoušť	
	Smluvný nevypínací proud I_1 pro $t \leq 1$ h	Smluvný vypínací proud I_2 pro $t < 1$ h	Proud I_3 pro $1 s < t < 60 s$ a $I \leq 32 A$	Proud I_4 pro $t \geq 0,1 s$ (nevypne)	Proud I_5 pro $t < 0,1 s$ (vypne)
60898 (D)	$1,13 I_n$	$1,45 I_n$	$2,55 I_n$	$B - 3 I_n$	$B - 5 I_n$
60947 (P)	$1,05 I_n$	$1,30 I_n$		$C - 5 I_n$ $D - 10 I_n$	$C - 10 I_n$ $D - 20 I_n$

Charakteristika



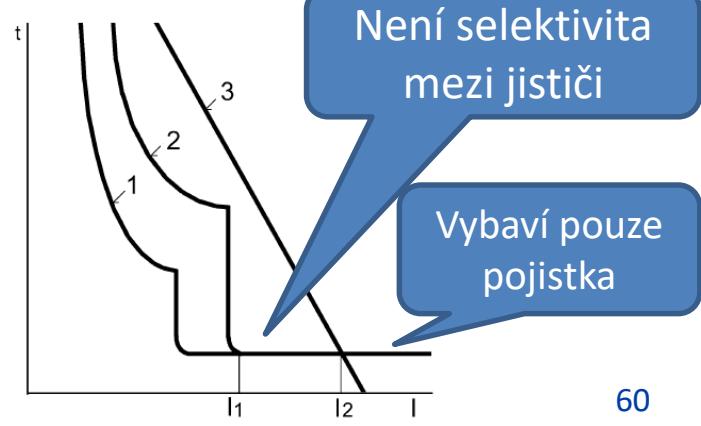
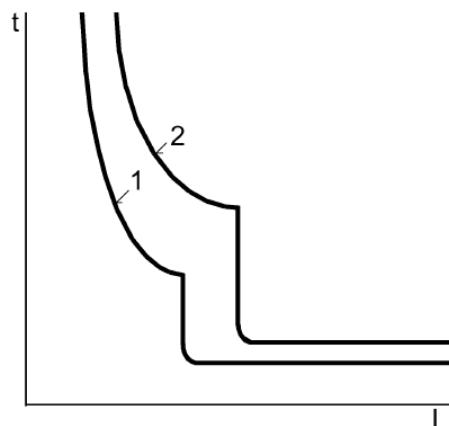
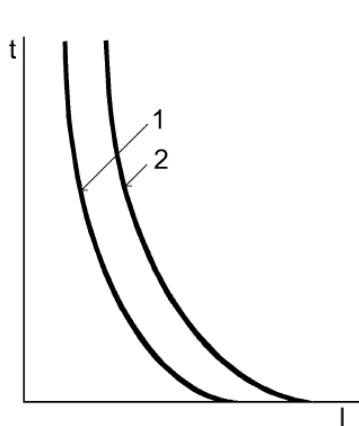
Jmenovitý proud

Jmenovitá zkratová schopnost (6 kA, 10 kA)

Třída omezení energie

I_n [A]	Barva
0,2 ÷ 1,6	(černá)
2	(růžová)
4	(hnědá)
6	(zelená)
8	(světle zelená)
10	(červená)
13	(písková)
16	(šedá)
20	(modrá)
25	(žlutá)
32	(fialová)
40	(černá)
50	(bílá)
63	(měděná)

- Účelem zajištění selektivity je, aby **porucha nebo přetížení byla vždy vypnuta tím jisticím prvkem, který je k místu poruchy nejblíž.**
- Pro zachování selektivity mezi dvěma za sebou zařazenými jisticími prvky, nesmí se jejich charakteristiky v **žádném bodě protínat**.
- K protnutí charakteristik nebo k překrytí jejich pásem nesmí dojít ani pro nadproudů odpovídající přetížení, ani pro zkratové proudy.
- V běžných instalacích obvykle stačí zajistit **částečnou selektivitu**.



- **Odpojí** přívod do chráněného EZ nebo vedení **dříve**, než el. energie poškodí zařízení, např. při poruše.
 - Napětí v síti je prakticky konstantní, proto musí doba odpojení záviset na velikosti nadproudu.
 - V závislosti na velikosti nadproudu **zajišťuje prvek vypnutí v dostatečně krátkém**.
 - Pro funkci je třeba znát základní parametry obvodu (zkratové poměry, druh zátěže atd.), tak i vlastnosti jisticího přístroje.
-
- **Ochrana má nejen za úkol zapůsobit při každé poruše, ale také nezapůsobit, když porucha není.**



MCB
Miniature
Circuit
Breaker



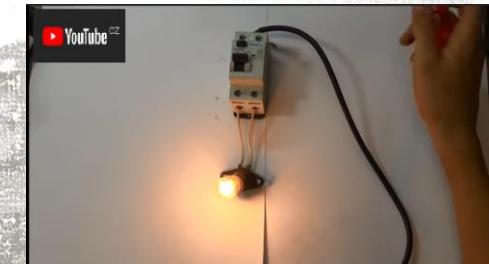
1 modulové 1N přístroje



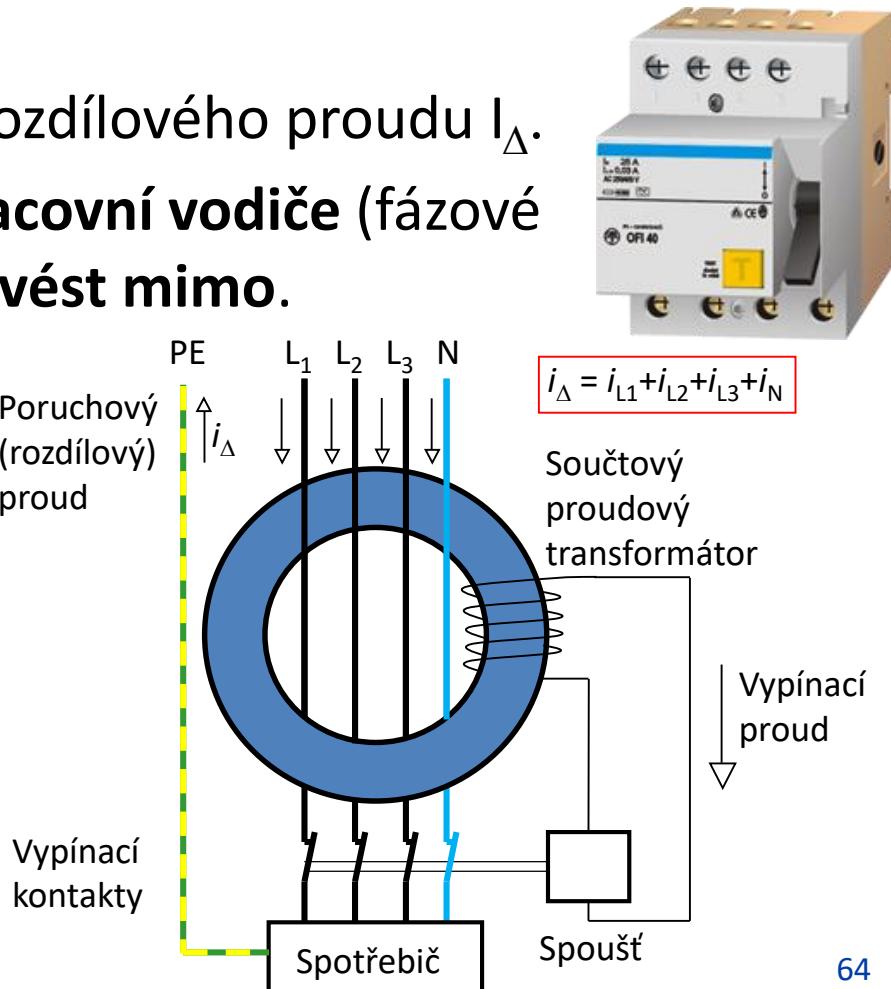


Proudový chránič

Odkazy:

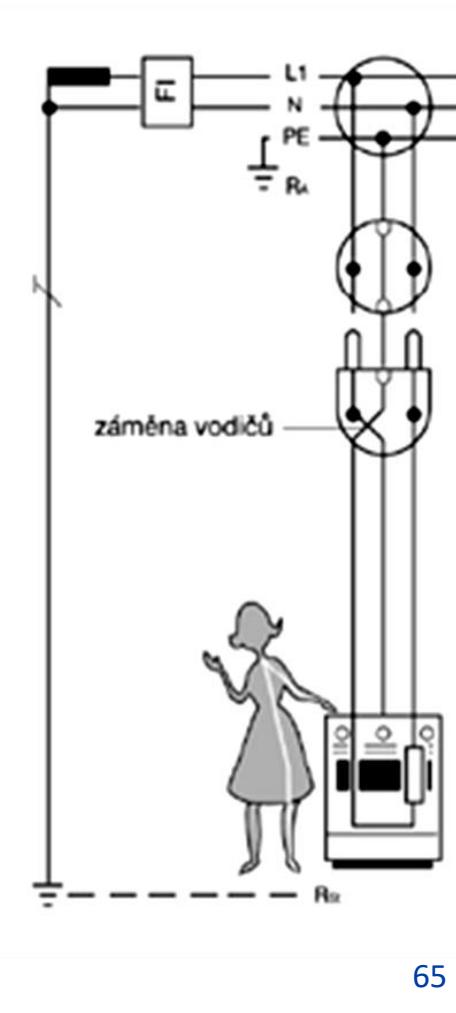
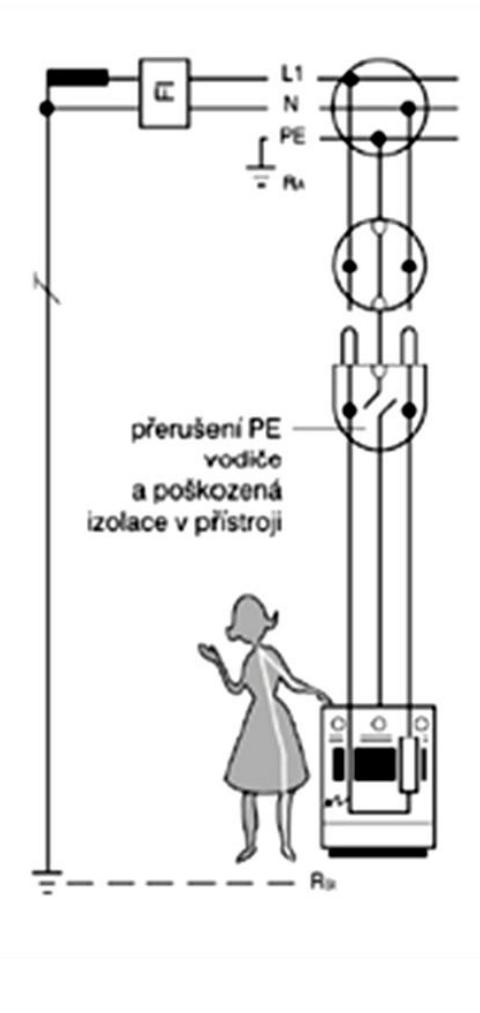
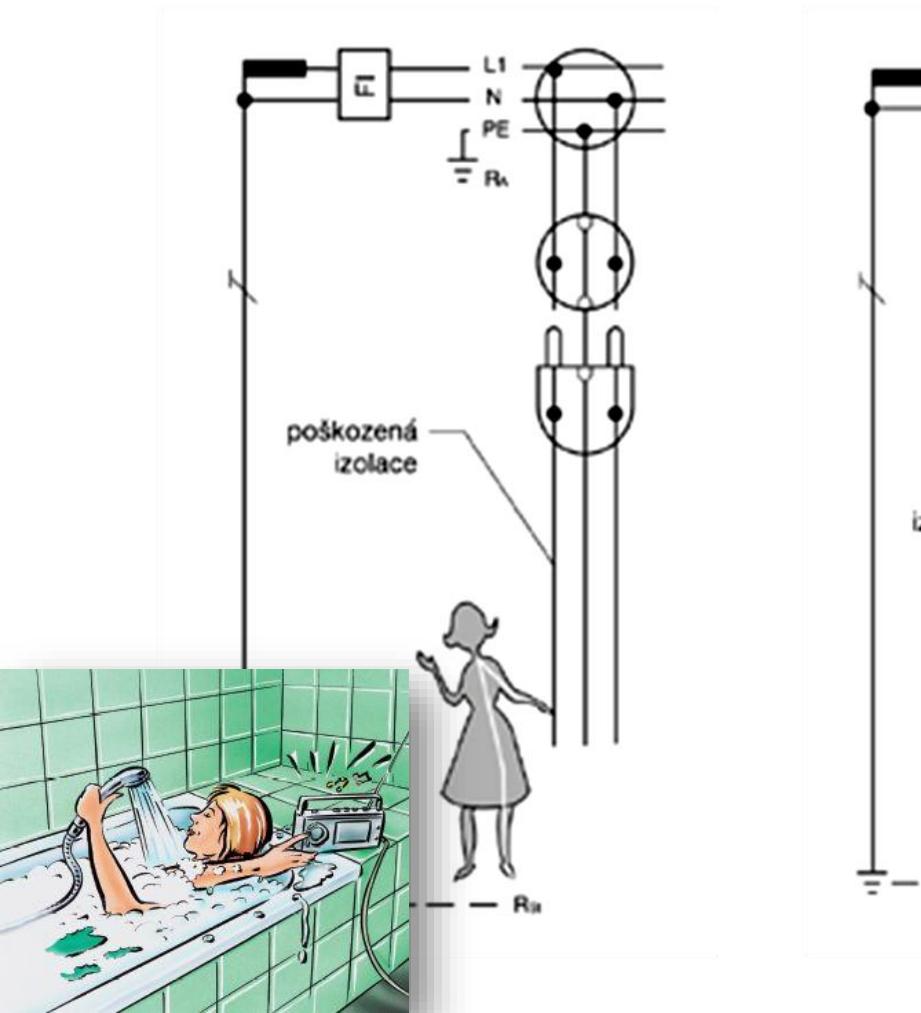


- Nechrání před nadproudů
- Vypíná při překročení velikosti rozdílového proudu I_{Δ} .
- Chráničem prochází **všechny pracovní vodiče** (fázové a nulový), **ochranný vodič musí vést mimo**.
- Většinou **nelze použít v síti TN-C**, chránič z principu vyžaduje samostatný ochranný vodič (PE).
- Chránič s $I_{\Delta n}$ **nepřesahujícím 30 mA** se používá i jako **doplňková ochrana** (např. zásuvek).



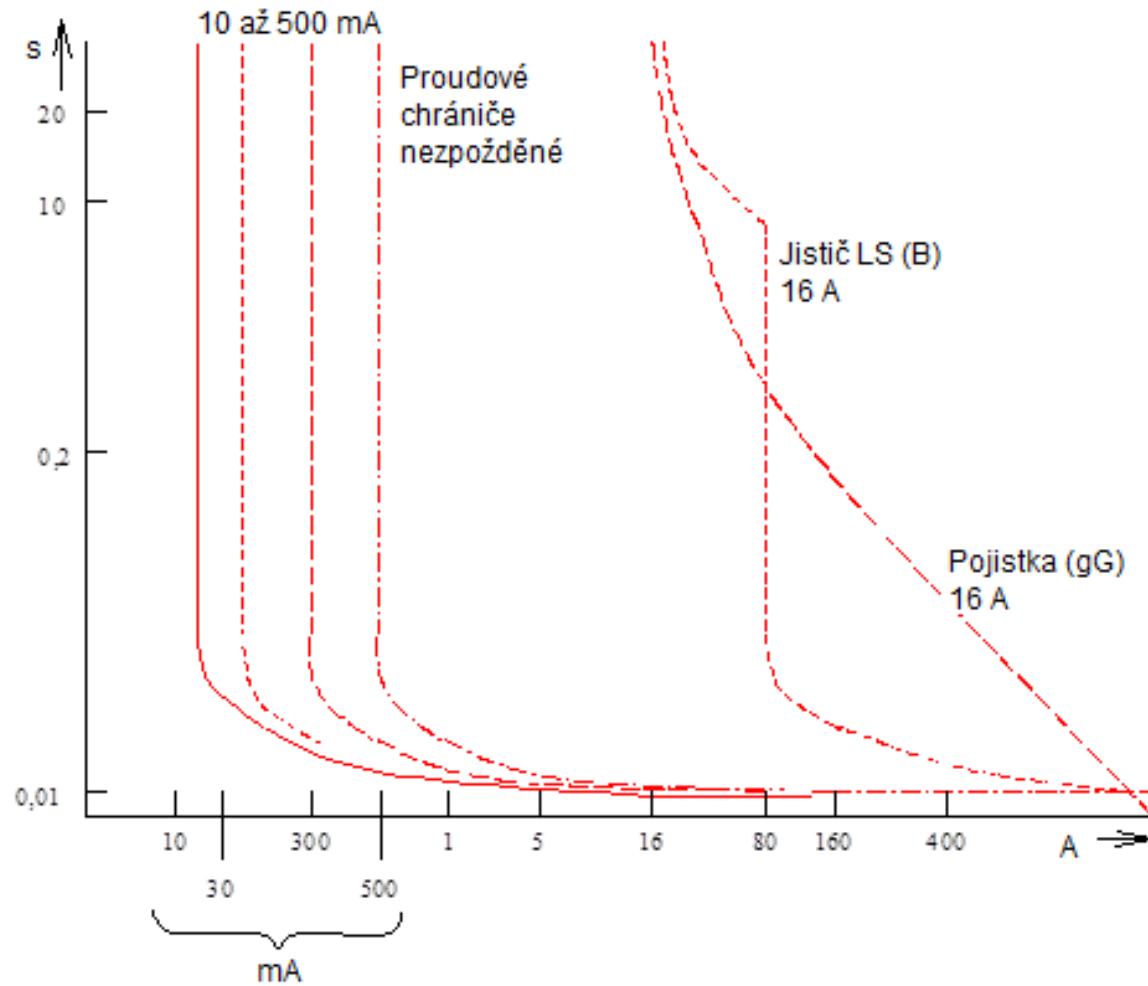
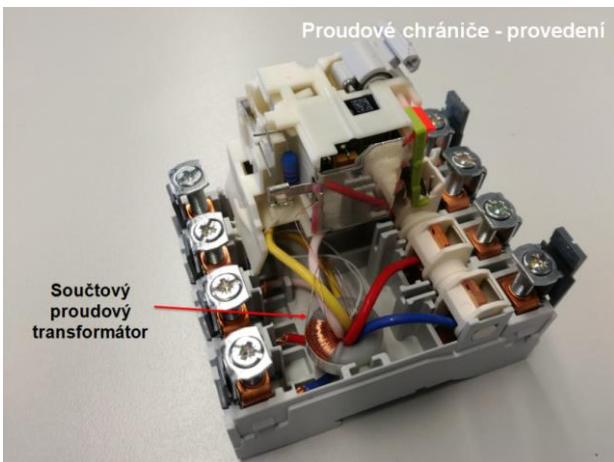


Doplňková ochrana proudovým chráničem

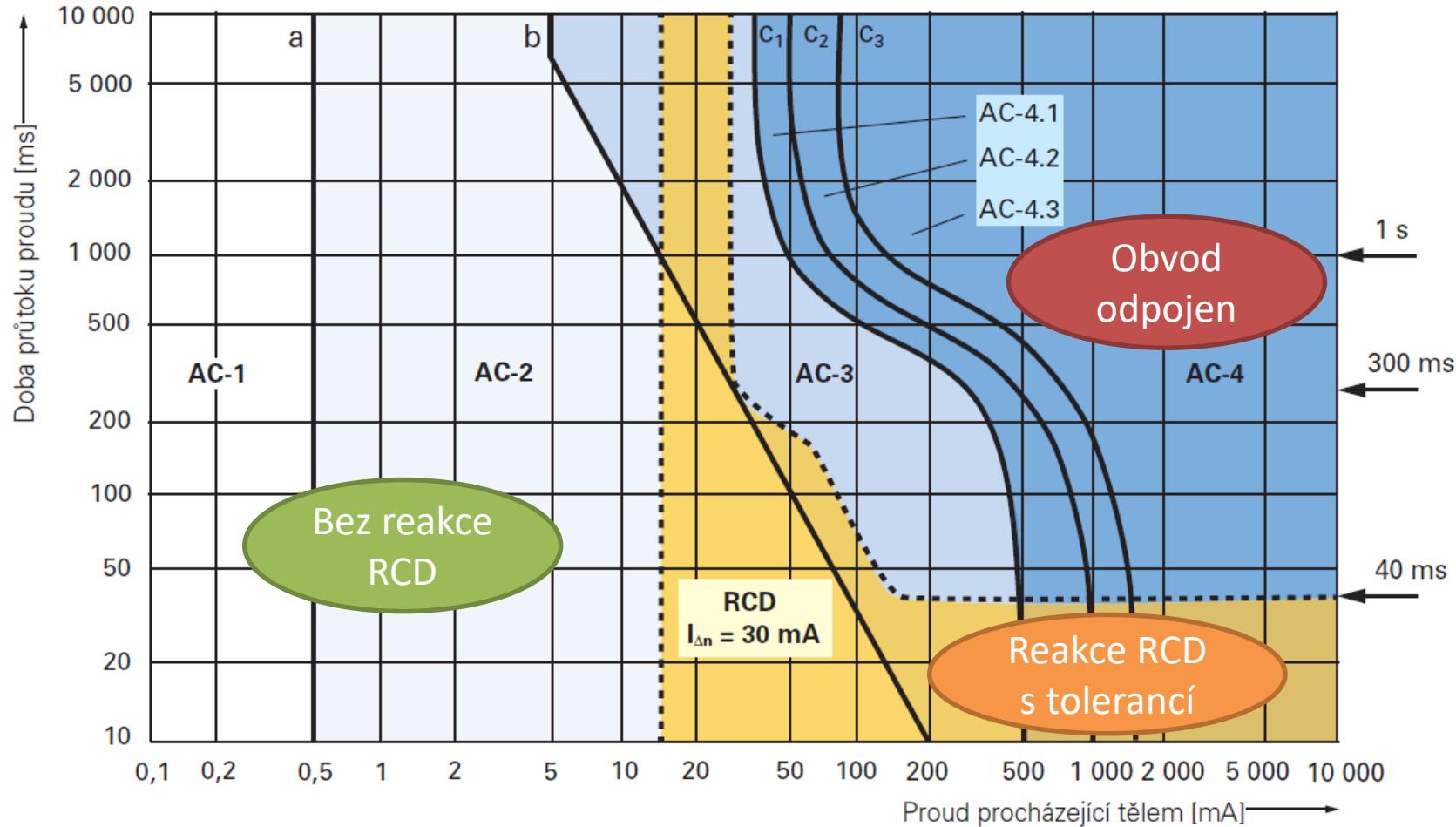




Porovnání proudových chráničů s jisticími prvky



Oblast působení proudového chrániče



Ochranné přístroje - proudový chránič (RCD, FI)

Jmenovitý reziduální pracovní proud $I_{\Delta n}$

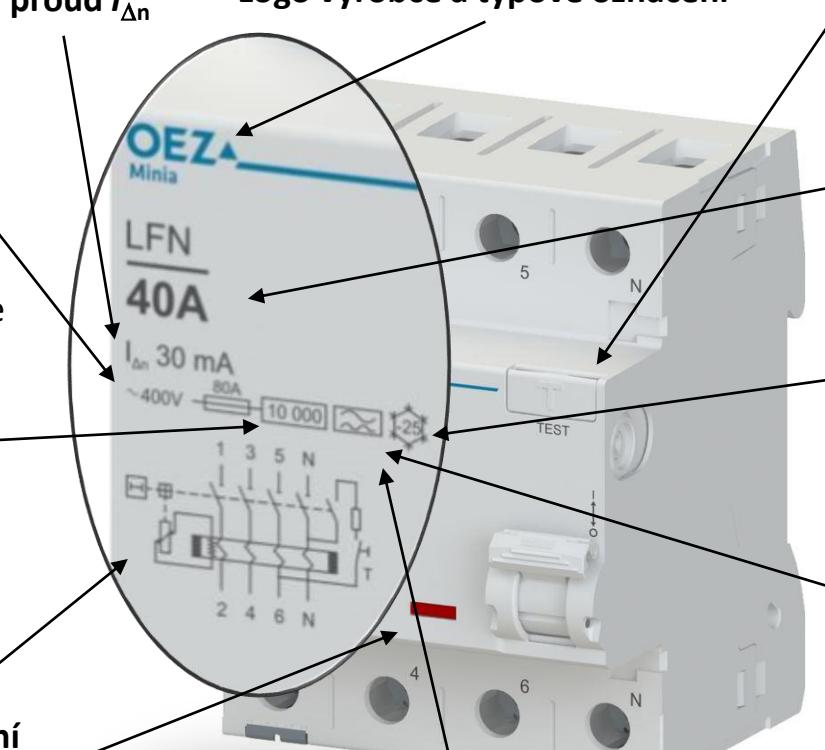
Logo výrobce a typové označení

Jmenovité pracovní napětí U_e

Jmenovitý podmíněný zkratový proud I_{nc} - RCD musí být jištěn proti zkratu. Výrobce udává I_{nc} ve spojení s uvedeným jistícím přístrojem (10 000 A s pojistkou s max. I_n 80 A). Proudový chránič lze tedy použít v místě, kde není překročena hodnota I_{nc} (lze provést i jedním přístrojem např. pojistkou $I_n = 20$ A).

Schématická značka a označení svorek přístroje

Ukazatel stavu (červená – zapnuto, zelená – vypnuto)



Nezpozděné



Doba nepůsobení min. 10 ms.



Selektivní RCD s dobou nepůsobení min. 40 ms.

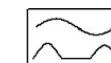
Testovací tlačítko

Jmenovitý proud I_n - hodnota, kterou může RCD převádět nepřetržitě. Jištění proti přetížení jističem se stejným jmenovitým proudem, nebo pojistikou o jeden stupeň nižší.

Teplota okolí T (běžně – 5 až + 40 °C).



Typ AC – jen střídavé reziduální proudy, stejnosměrné snižují citlivost.



Typ A – jak střídavé tak pulzující stejnosměrné reziduální proudy.



Typ B – jak střídavé a stejnosměrné pulzující, tak i hladké stejnosměrné.



bez zpoždění vybavení - pro všeobecné použití



s dobou nepůsobení min. 10 ms - se zvýšenou odolností proti nežádoucímu vybavení

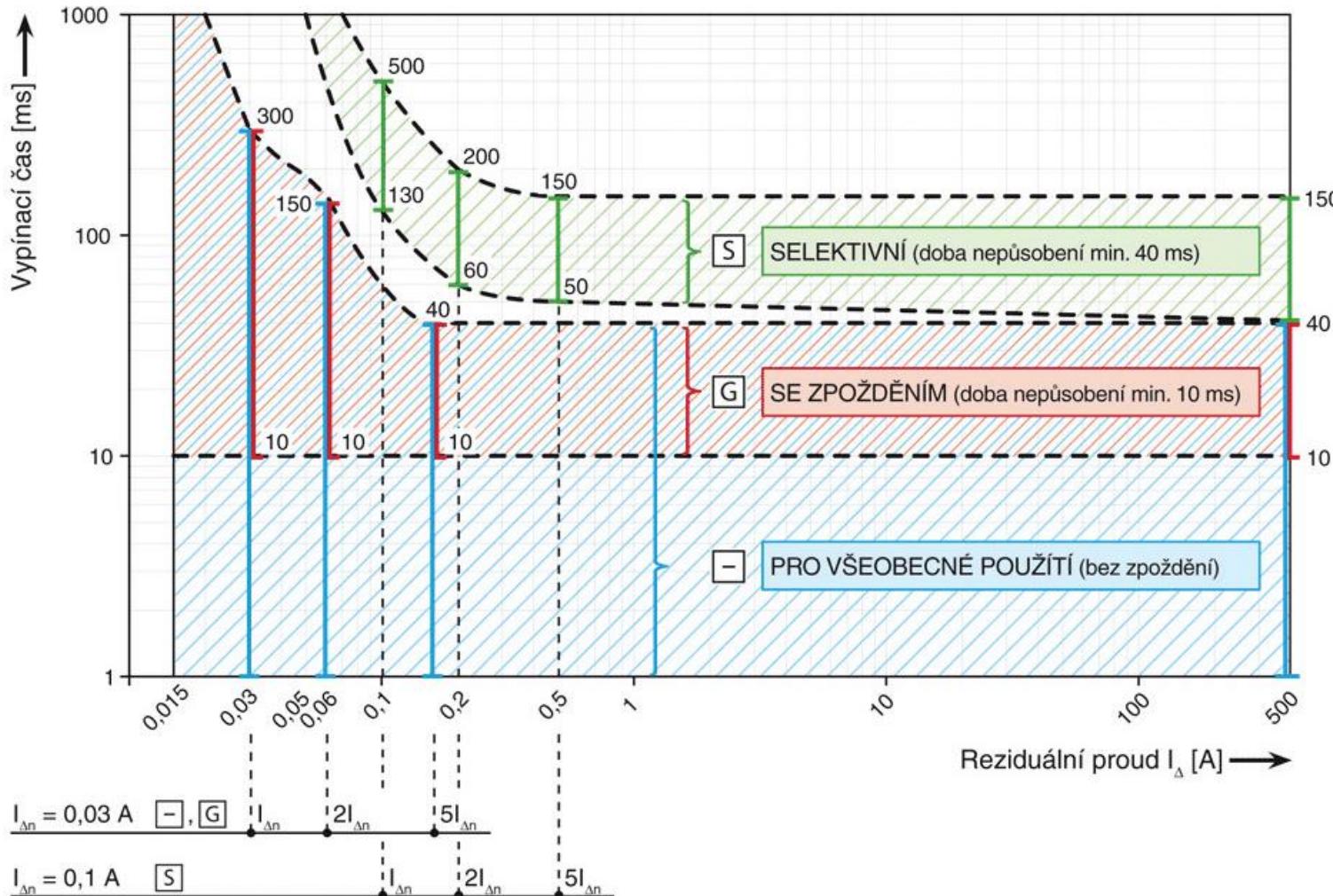


selektivní, s dobou nepůsobení min. 40 ms

- Tento parametr umožňuje selektivní řazení ochran s proudovými chrániči.
- Zpožděný typ je značně odolnější proti nežádoucím vlivům při zachování stejných ochranných charakteristik.
- Např. proudy odtékající přes odrušovací filtr do ochranného vodiče při zapínání daného zařízení (např. zářivka se startérem), mohou způsobit nežádoucí vybavení proudového chrániče. Jelikož jsou však tyto jevy obvykle velmi krátké, dokáže proudový chránič typu G nežádoucí vybavení prakticky zcela odstranit.
- Obdobná je i situace z hlediska rázových proudů, tj. krátkých strmých proudových pulzů vznikajících např. při nepřímém uderu blesku atd.



Charakteristika proudového chrániče

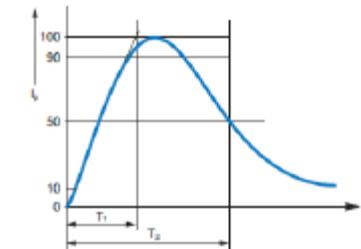


Odolnost proti
vzbuzení (tvar
zkušební vlny
8/20 μ s)

5 kA

3 kA

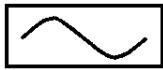
250 A





Citlivost na různé druhy proudů

typ AC:



- citlivé pouze na střídavý reziduální proud,
- není doporučeno používat s výjimkou konkrétních spotřebičů,
- pulzující DC složky reziduálního proudu mohou mít za následek snížení reakční citlivosti, nebo zablokování vybavení.

typ A:



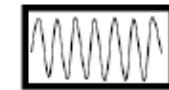
- pro střídavé a pulzující stejnosměrné reziduální proudy jsou určeny proudové chrániče,
- DC složka do 6 mA,
- pulzujícím stejnosměrným proudem se rozumí takový, který prochází nulou (např. průběh za usměrňovačem bez filtru i vyhlazovacího kondenzátoru).
- Obvody s jednocestným usměrňovačem s kondenzátorem nesmí být chráněny pomocí RCD typu A.



Citlivost na různé druhy proudů

Typ F

- speciální variantou typu A s upravenou frekvenční charakteristikou, která zohledňuje citlivost na vysoké frekvence.
- DC složka do 10 mA,
- Je určený pro ochranu obvodů s **měniči kmitočtu napájených mezi fází a nulovým vodičem**, 1 f spínané zdroje (nabíjecí stanice elektromobilů)
- Nemůže se používat pro elektronická zařízení s usměrňovači s dvojitým můstekem napájené ze dvou fází, nebo v případě vyhlazených stejnosměrných proudů.



Typ B

- Pro všechny druhy reziduálních proudů tj. střídavé, pulzující stejnosměrné a hladké stejnosměrné reziduální proudy .
- Může se vyskytnout tam, kde se používají frekvenční měniče, fotovoltaické elektrárny a další zařízení s výkonovými polovodičovými prvky.
- Další typy např. B+ – dokáží pracovat s nižšími unikajícími proudy (300 mA) při vyšších frekvencích.



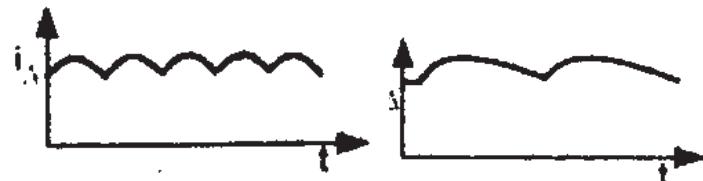
Citlivost na různé druhy proudů



Typ AC, A i B



Typ A i B

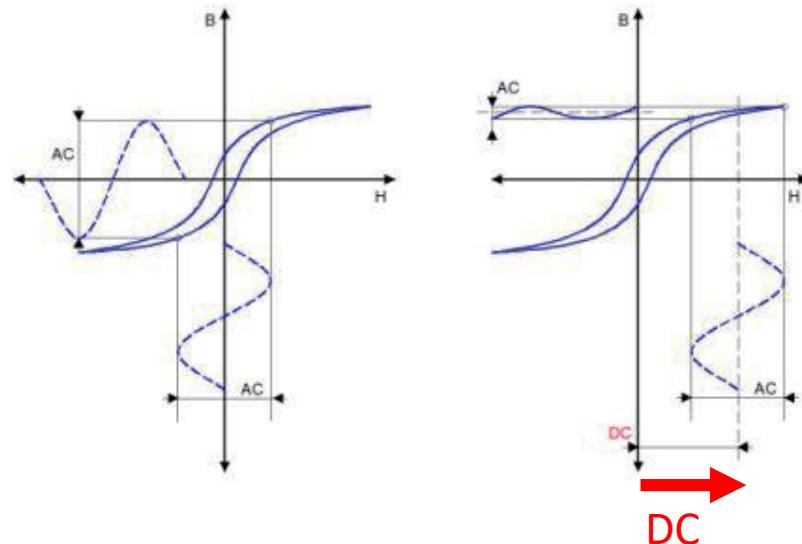


Typ B

Typ	Symboly	Citlivost na reziduální proudy a vlastnosti	Normy
AC		Sinusový AC se jmenovitou frekvencí sítě	ČSN EN 61008 ČSN EN 61009
A		Sinusový AC a pulzující DC (s DC složkou do 6 mA) se jmenovitou frekvencí sítě	ČSN EN 61008 ČSN EN 61009
F		Sinusový AC a pulzující DC (s DC složkou do 10 mA) pro frekvence do 2 kHz, pro jednofázové frekv.enční měniče	ČSN EN 62423 ed.2
B		Všechny druhy proudů, s frekvencí do 2 kHz	ČSN EN 62423 ed.2 ČSV IEC 755

Ovlivnění RCD typu AC, A stejnosměrným proudem

- Typ **A** pro konstantní DC proudy **do 6 mA**.
- Typ **F** pro konstantní DC proudy **do 10 mA**.
- Norma omezuje DC proud v ochranném vodiči u spotřebiče připojovaného přes zásuvku do 4 kVA do 6 mA.
- **V případě, že je DC proud ochranném vodiči větší než 6 mA, musí být použitý vhodný RCD – typ B.**





Ovlivnění RCD typu AC, A stejnosměrným proudem

AC		F		S tepelným čerpadlem
A		B		

Volba nejlépe podle návodu výrobce



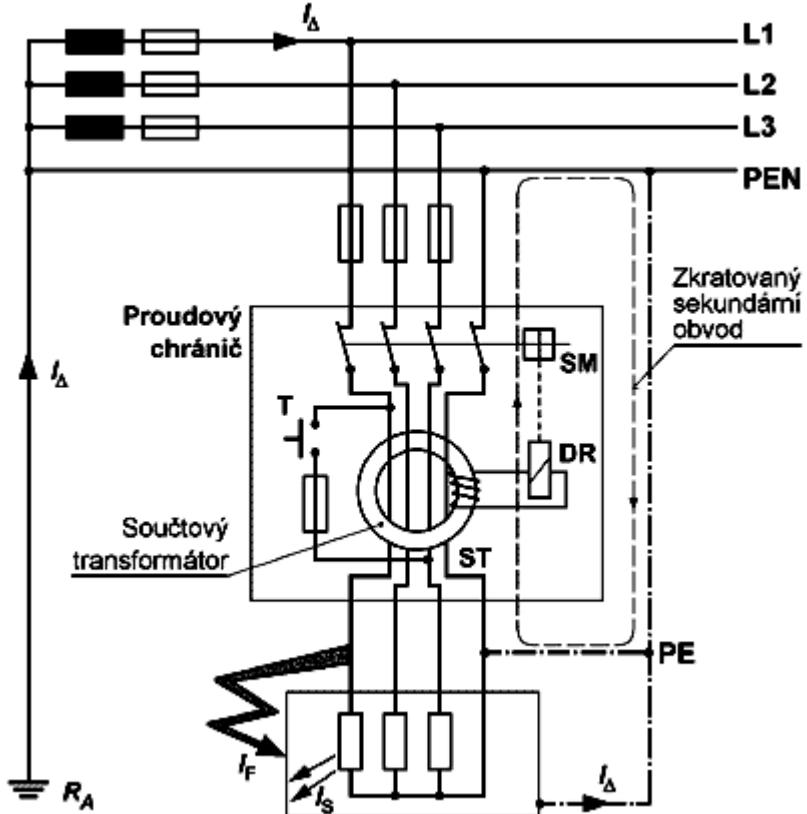
Výběr proudových chráničů

Chcete připojit následující zařízení:

- 3-f frekvenční měniče
- Nabíjecí stanice pro elektromobil
- Fotovoltaické systémy s invertorem bez ochranného oddělení
- Svařovací invertory, stavební jeřáby, kompresory nebo omítací stroje
- Eskalátory, výtahy, lunaparkové atrakce, EMC filtry

NE	ANO	NE	ANO
Je použito EZ s jednofázovým frekvenčním měničem (řízení otáček AC motorů): <ul style="list-style-type: none">• Pračky, tepelná čerpadla• Klimatizace a ostatní	Je zařízení umístěno v jednom z následujících prostor: <ul style="list-style-type: none">• Stodola, dřevozpracovatelský závod• Papírna, sklad papíru, lakovna, ...		
NE	ANO	NE	ANO
RCD Typ A 	RCD Typ F 	RCD Typ B 	RCD Typ B+ 

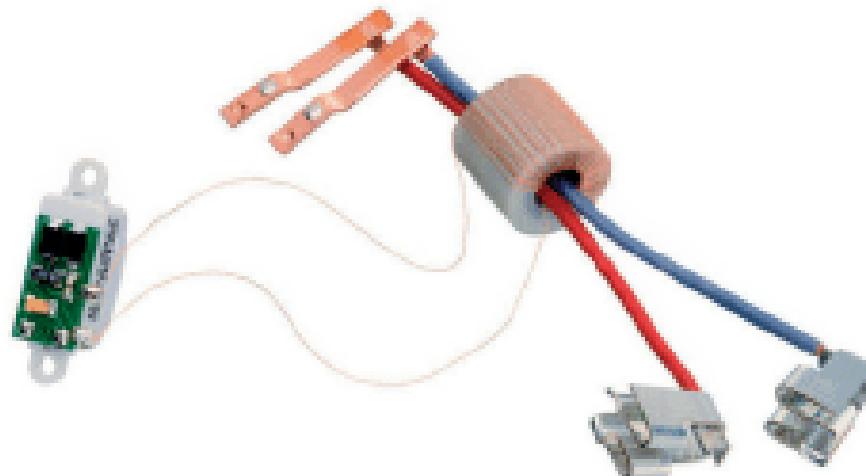
Proudový chránič a síť TN-C, chybné spojení PE a N za RCD



- Na základě laické úvahy by chránič i v takovém případě na poruchový proud reagovat měl, protože by při paralelním vedení vodičů vedených přes chránič a mimo chránič, přeci měla polovina proudu, vedeného mimo chránič způsobit jeho vybavení, sice s poloviční citlivostí ale přeci jen vybavení.

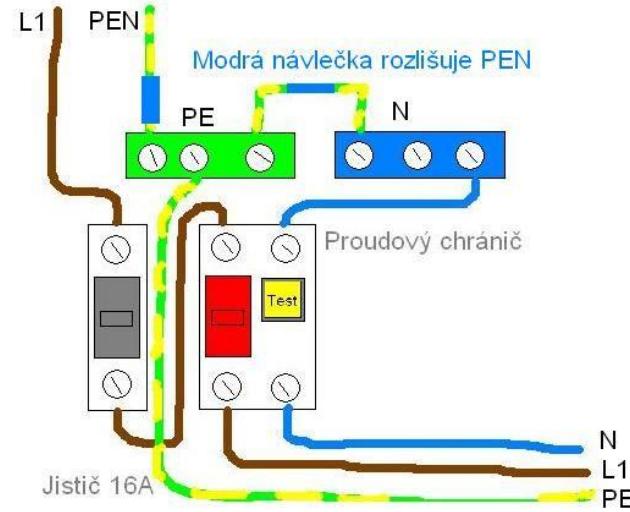
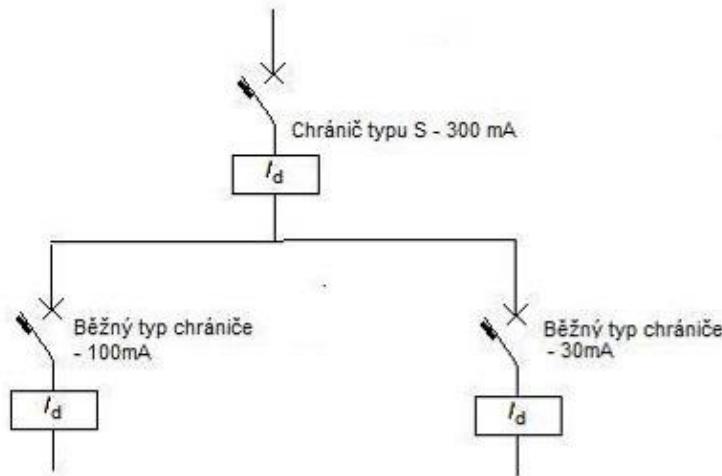
Není tomu tak, protože vodič PEN je rozdělen na dva paralelní vodiče PEN, které tvoří smyčku, která je zkratovaným sekundárním obvodem napájeným z magnetického obvodu chrániče. Tento proud eliminuje proud druhého vodiče PEN procházející mimo chránič.

- Jištění chráničů proti přetížení:
 - jmenovitý proud **pojistky** musí být o stupeň menší než jmenovitý proud proudového chrániče,
 - jmenovitý proud **jističe** musí být roven nebo menší než jmenovitý proud proudového chrániče.



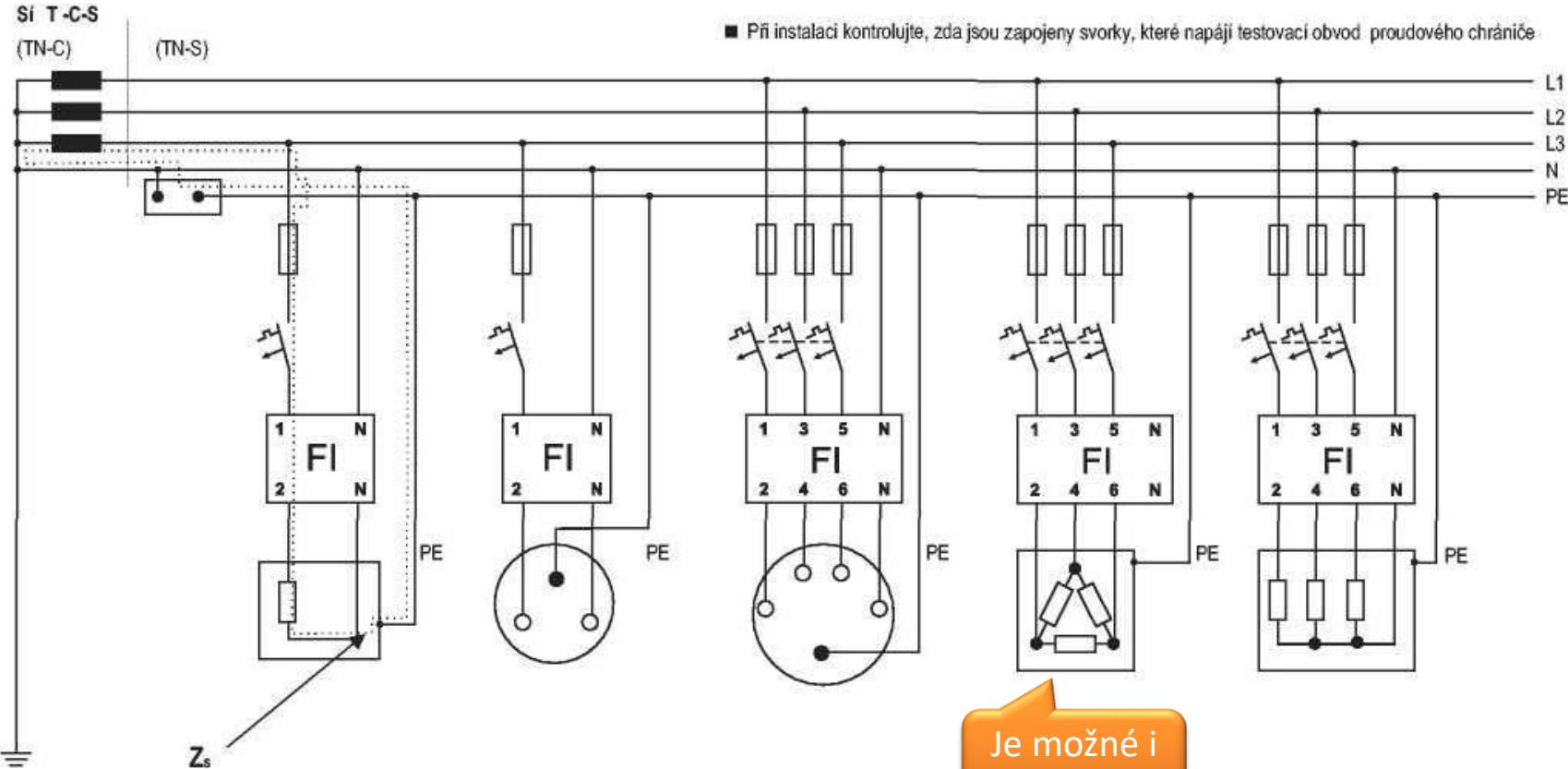


Ochranné přístroje - proudový chránič (RCD, FI)



Násobky střídavého proudu		$I_{\Delta}N/2$	$I_{\Delta}N$	$2 \times I_{\Delta}N$	$5 \times I_{\Delta}N$	$> 500 \text{ mA}$
$I_{\Delta}N = 30 \text{ mA}$		15 mA	30 mA	60 mA	150 mA	500 mA
Vypínačí čas [ms]	<input type="checkbox"/>	bez zpoždění	nevypíná	< 300	< 150	< 40
	G	zpoždění min. 10 ms	nevypíná	10 – 300	10 – 150	10 – 40
	S	zpoždění min. 40 ms	nevypíná	130 – 500	60 – 200	40 – 150

Ochranné přístroje - proudový chránič (RCD, FI)



Předepsané použití proudového chrániče

Proudové chrániče s $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ (\square nebo G):

- Zásuvky se jmenovitým proudem do **32 A**, které jsou používány laiky a jsou pro všeobecné použití (mimo chladničky, kancelářskou a výpočetní tech., ...).

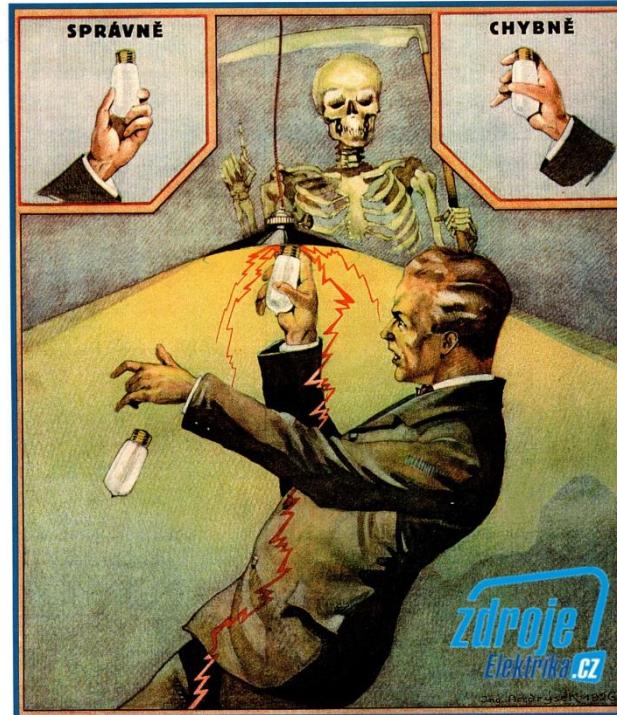


Pracuješ-li s vysavačem,
nedotýkej se topidel!

Předepsané použití proudového chrániče

Proudové chrániče s $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ (\square nebo G):

- Obvody **napájející svítidla** v prostorech samostatné domácnosti.
- Např. byt, RD, pokoje na hotelu a v penzionech,...
- Je doporučeno pro každý světelný obvod použít samostatného proudového chrániče.



Opatrně se žárovkami!



Stojíš-li u sporáku,
nesahej na kovové části svítidel!

Předepsané použití proudového chrániče

Proudové chrániče s $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ (\square nebo G):

- Všechna EZ v místnostech s vanou nebo sprchou, mimo vyjímky.
- Elektrické podlahové a stropní systémy.
- Mobilních zařízení pro venkovní použití se jmenovitým proudem do 32 A.
- Zásuvkové obvody elektrických zařízení stavenišť.



**Pozor! Neutírej vlhkým hadrem
elektrická zařízení!**

Předepsané použití proudového chrániče

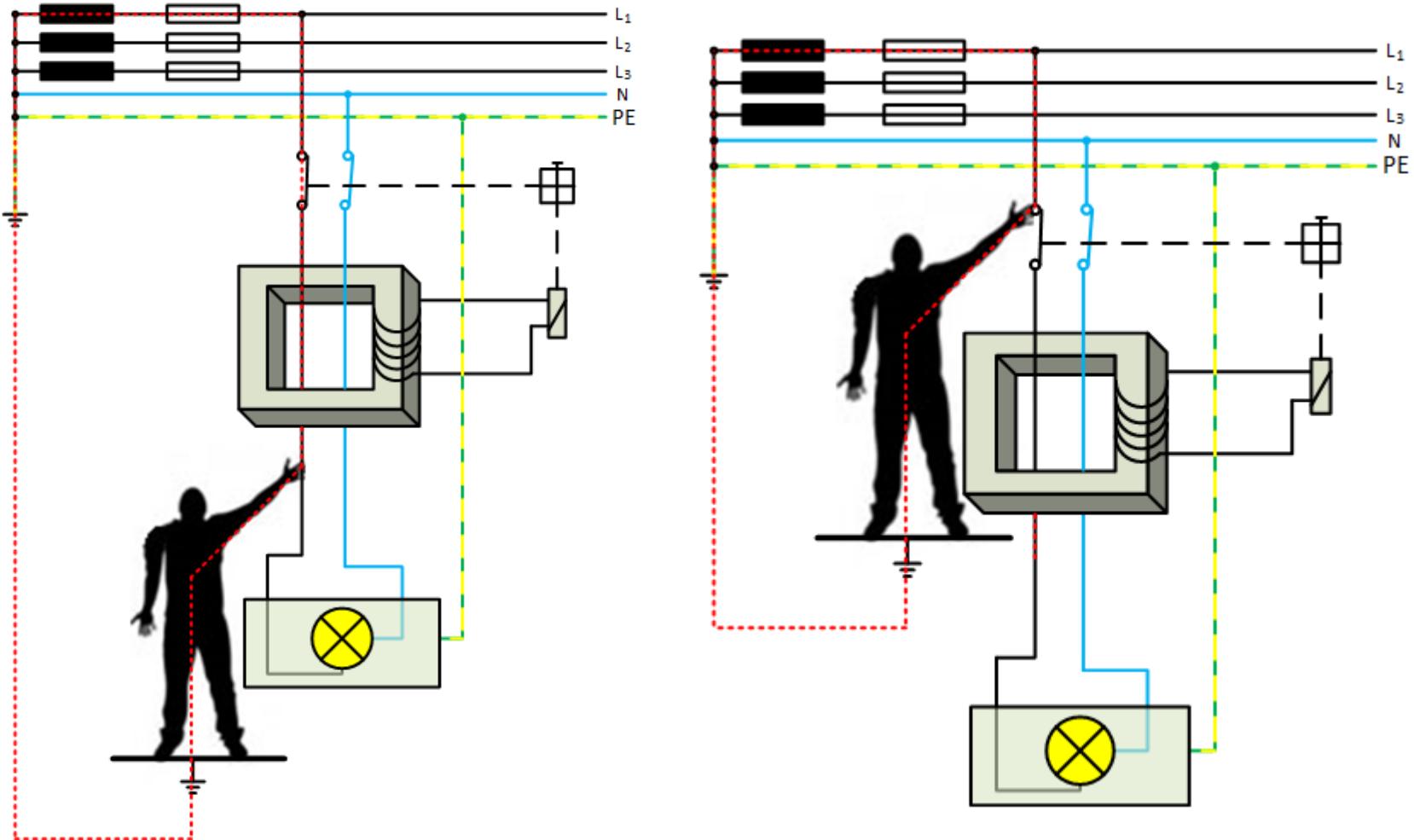
Proudové chrániče s $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ (\square nebo G):

- Zásuvky a zařízení v okolí bazénů a fontán.
- Zásuvky v zemědělských a zahradnických zařízeních.
- Zásuvky pro napájení karavanů na parkovacích místech v kempech.

Objekty vybudované zcela nebo zčásti ze dřeva se používá proudových chráničů s $I_{\Delta n} \leq 300 \text{ mA}$, zamezení požáru od plazivých proudů.

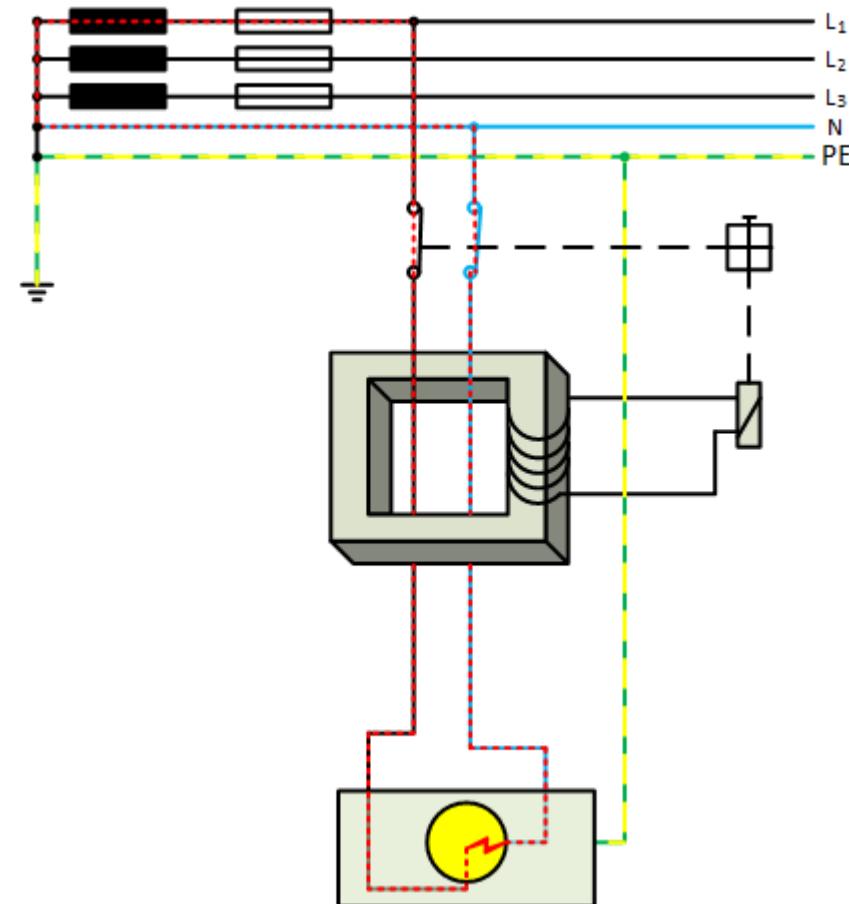
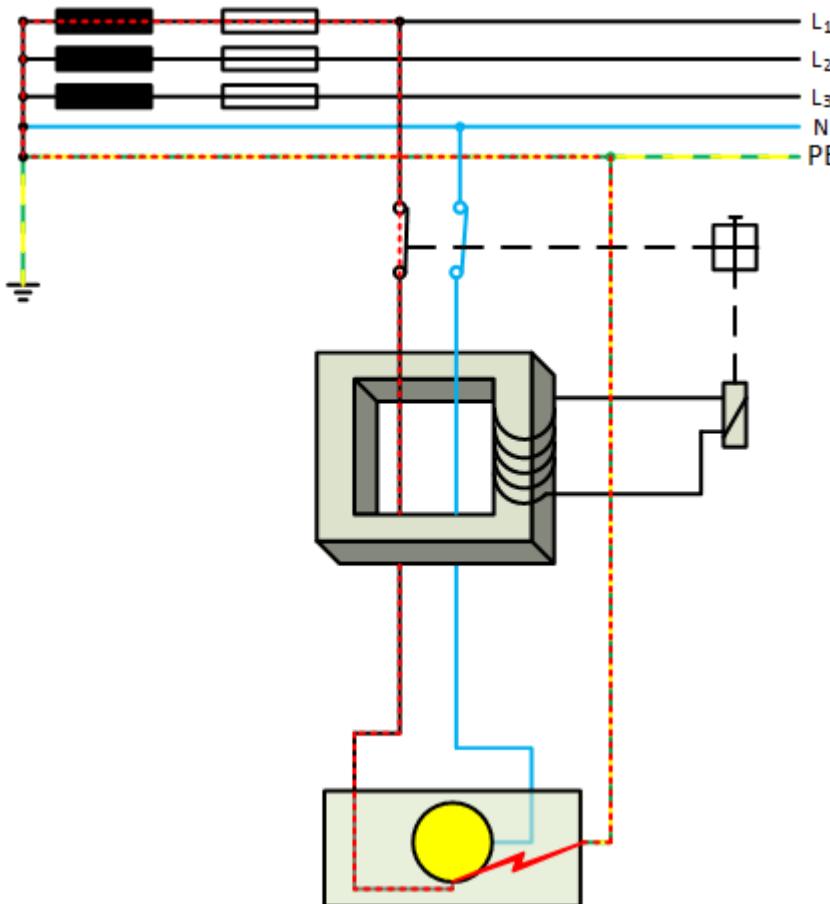


Dotyk v obvodu s proudovým chráničem



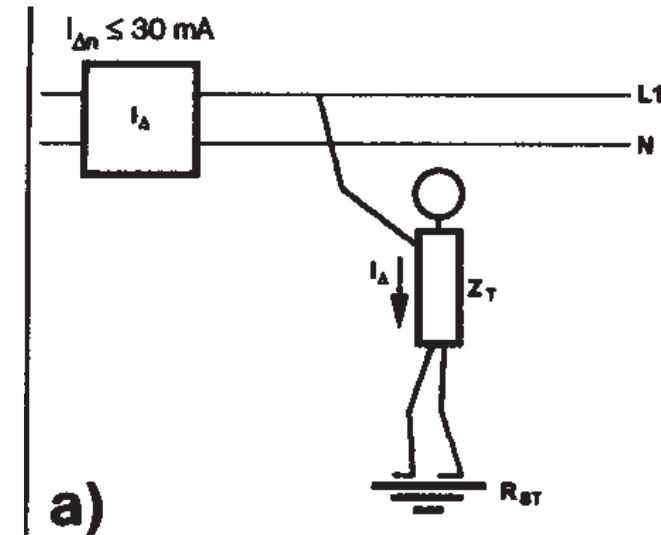


Zkrat v obvodu s proudovým chráničem



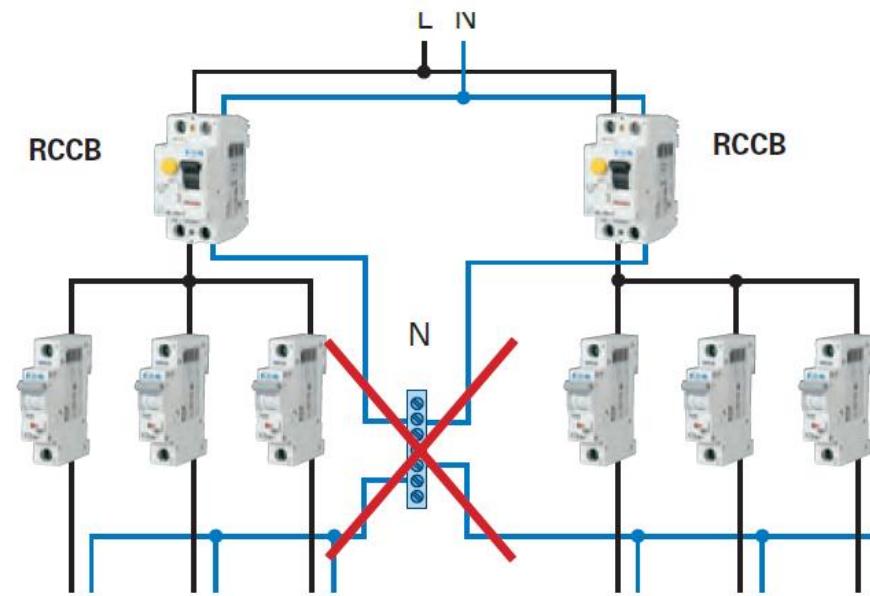
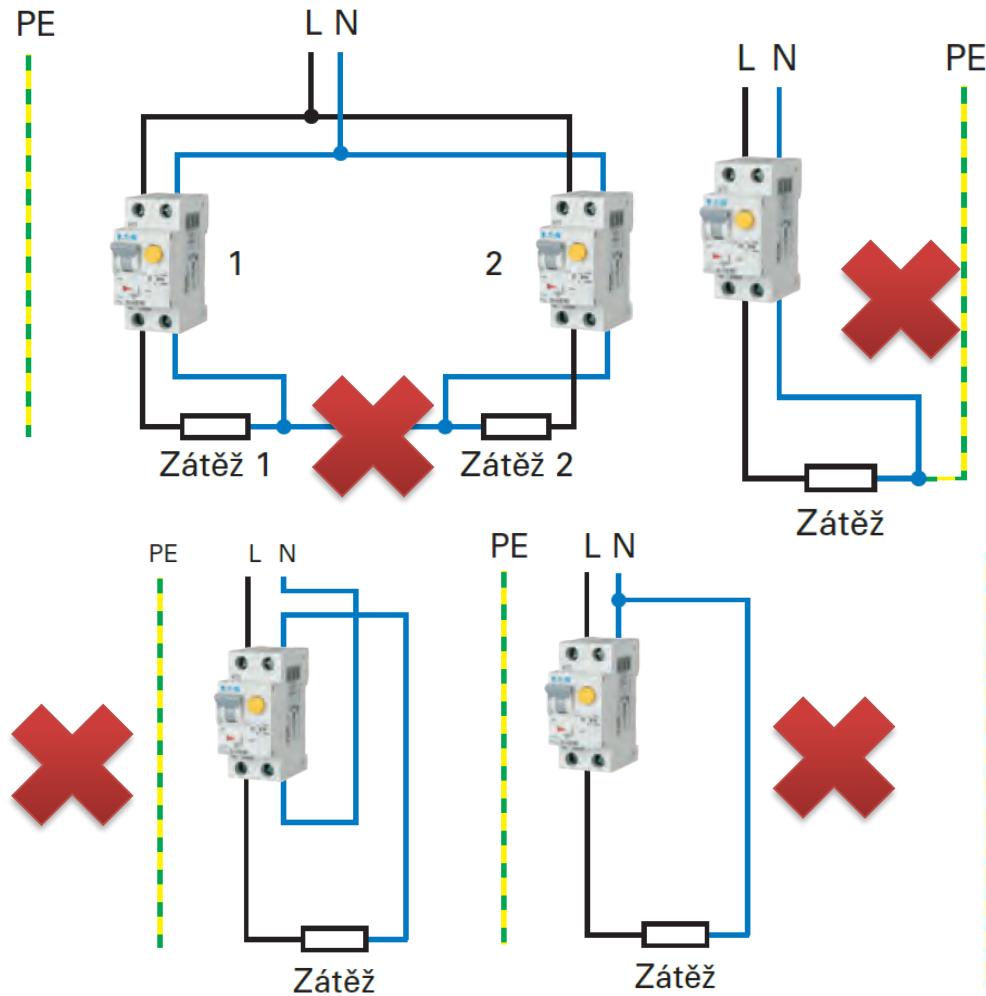
Hlavní příčiny nežádoucích vypnutí:

- spojení vodičů PE a N za proudovým chráničem;
- připojení vodiče N obvodu za proudovým chráničem do společného můstku v rozváděči;
- vzájemné spojení vodičů N za jednotlivými proudovými chrániči do společné svorkovnice N;
- chybná orientace zapojení pracovního vodiče;
- velký rozsah rozvodů za jedním proudovým chráničem.



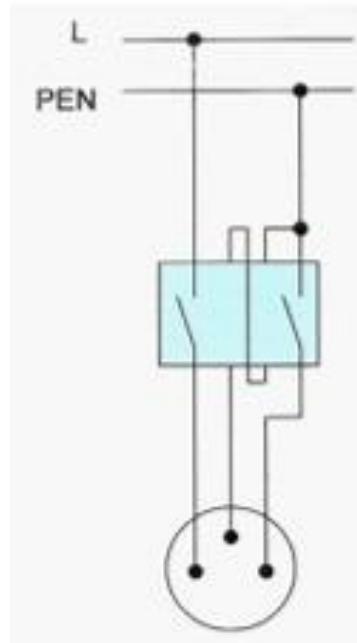
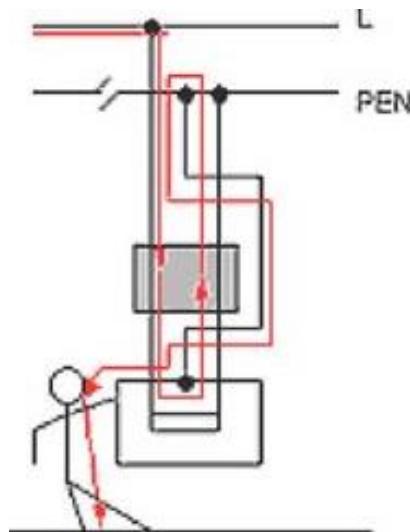
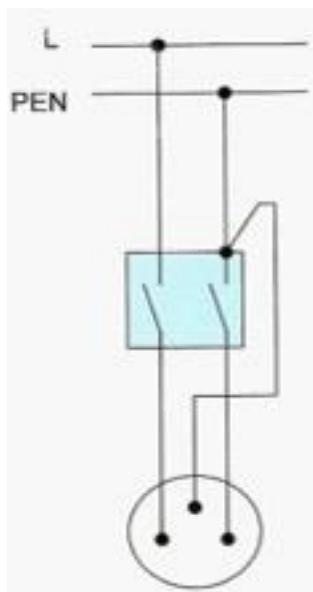


Ochranné přístroje - proudový chránič (RCD, FI)

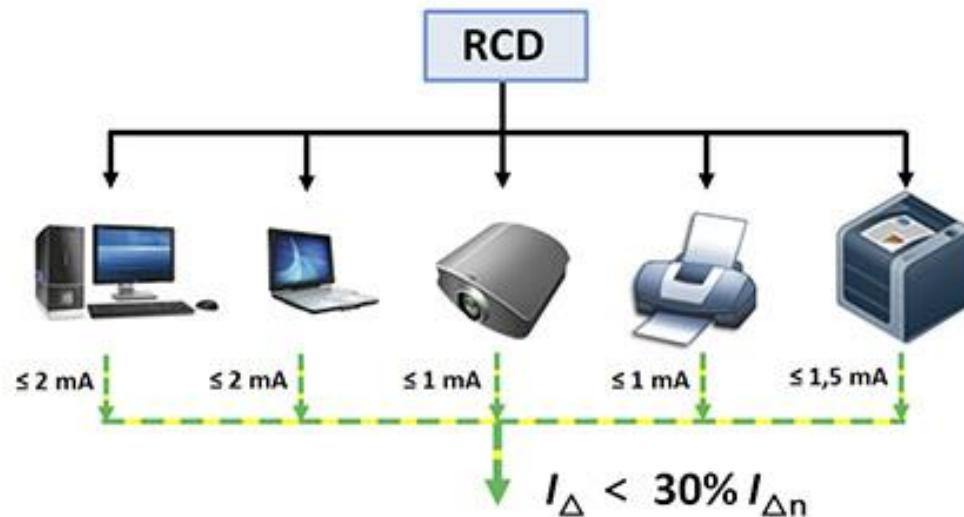


Dodatečná montáž chrániče v síti TN-C

- V suchých prostorách s většinovým zastoupením spotřebičů třídy II, je klasická ochrana zajišťovaná jističi a pojistkami dostatečná.
- Pro elektrická zařízení v koupelnách, na zahradách, garážích, domácích dílnách, ... je vhodné proudové chrániče dodatečně namontovat.



- **Rozčlenění obvodů pod jednotlivé proudové chrániče (RCD)** musí být provedeno tak, aby unikající zemní proud během normálního provozu nezpůsobil nežádoucí odpojení.
 - Doporučuje se, aby součet takových proudů nebyl větší než 0,3násobek jmenovitého reziduálního vypínačového proudu.





Sdružování obvodů za jedním proudovým chráničem

- Proud protékající ochranným vodičem

Typ spotřebiče	Max. hodnota proudu
Všechny s výjimkou uvedených níže	3,5 mA
zařízení informační techniky podle ČSN EN 60950 držená za provozu v ruce	0,75 mA
tepelné spotřebiče s výkonem nad 3,5 kW	1 mA na 1 kW výkonu

- Unikající proud kabeláže (kapacita) je až 10 mA na 1 km – průměrná délka kabelů v RD.

Jmenovitý AC proud spotřebiče na AC proud	Max. DC proud vodičem PE
$0 < I \leq 2 \text{ A}$	5 mA
$2 \text{ A} < I \leq 20 \text{ A}$	2,5 mA/A
$I > 20 \text{ A}$	50 mA



Prou protékající ochranným vodičem

Typ spotřebiče	AC [mA]	DC [mA]
Zdroj notebooku	0,2 – 3,0	0,1 – 5,0
PC	0,5 – 5,0	2,0 – 15,0
Laserová tiskárna	0,5 – 2,5	2,0 – 5,0
Projektor	0,2 – 3,0	0,1 – 2,0
Myčka	0,5 – 2,5	0,1 – 2,0
Pračka, sušička	1,5 – 3,0	1,5 – 5,0
Tepelné čerpadlo 10 kW	1,5 – 25,0	5,0 – 12,0
Rychlovárná konvice	0,5 – 3,0	-
Podlahové vytápění 10 kW	5	-
Průmyslové měniče do 30 kVA	0,5 – 50	1,5 – 150,0



Proudové chrániče

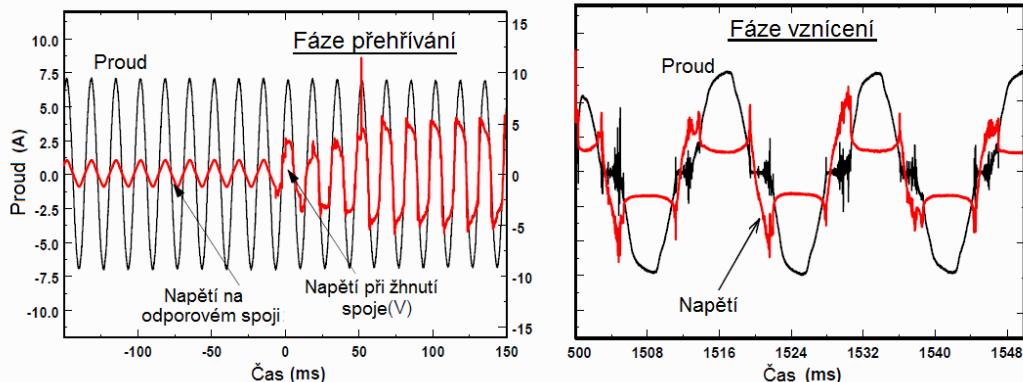
- jsou považovány za ideální ochranné prvky pro ochranu před úrazem elektrickým proudem ($I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$)
- a pro ochranu před iniciací požáru elektrickým zařízením $I_{\Delta n} \leq 300 \text{ mA}$.
- Hodnota trvale unikajících proudů by neměla překročit $1/3 I_{\Delta n}$.
- V běžné praxi však existují další rizika:
 - riziko rychlé koroze kovových částí v mokréém prostředí vzniklé od galvanických proudů, vznik požáru od sériové, či paralelní poruchy.
 - riziko mechanického poškození vodičů – vznik požáru od sériové, či paralelní poruchy.



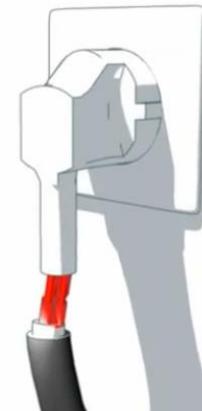
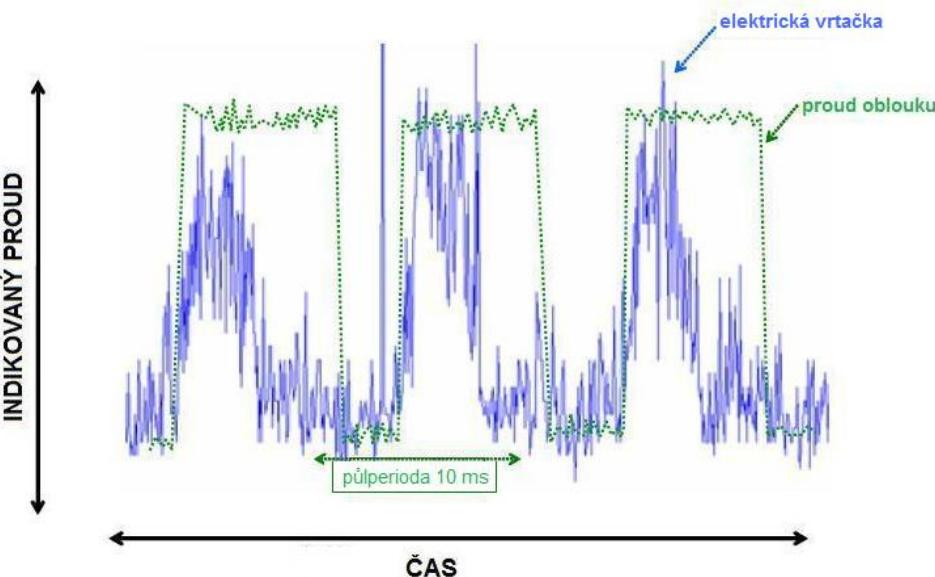
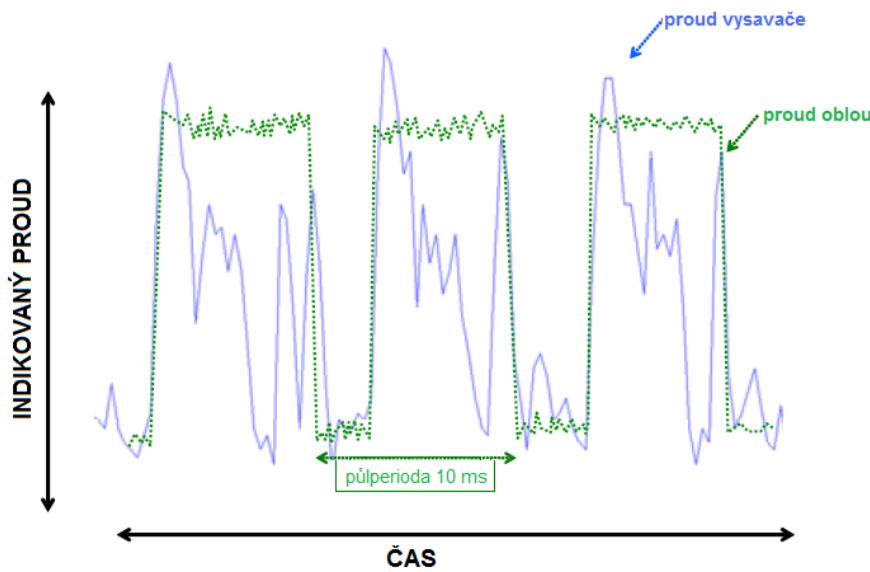
Detektor elektrického oblouku



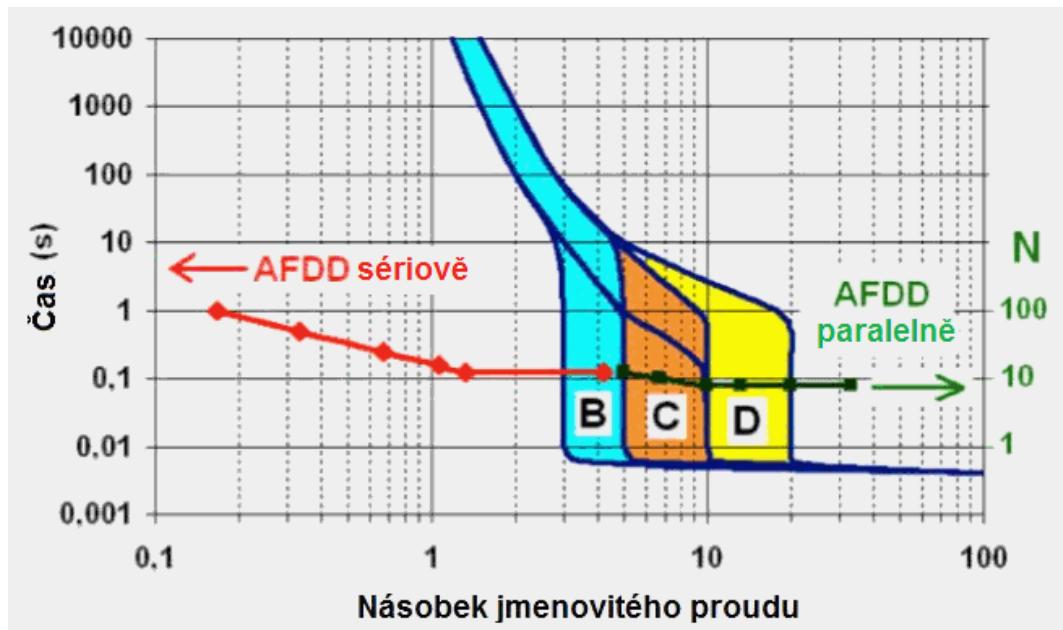
- Arc Fault Detection Device
- Detekce sériového i paralelního.
- Odpojí dříve než klasické ochranné přístroje.
- Zabrání požárům.
- Detekce vysokofrekvenčních kmitů, průběhů napětí a proudů.
- Použití u nových instalací, provozovaných i starších instalací (riziko požáru).



- Přístroj AFDD nesmí reagovat při normální zátěži, která vyvolává nepravidelné proudy (např. vysavače, elektronické spínané zdroje, motory s rozběhovými kondenzátory, stmívače osvětlení). K tomu slouží příslušné zkoušky.



- Doporučuje se, aby se zvláštní opatření na ochranu před účinky obloukových poruch pomocí AFDD provedla v koncových obvodech:
 - v objektech s ložnicemi;
 - v místech s nebezpečím požáru zpracovávaných nebo skladovaných materiálů (např. ve stodolách, v dřevozpracujících provozovnách);
 - v místech s hořlavými stavebními materiály, (např. v dřevěných budovách);
 - ve stavbách s nebezpečím šíření ohně;
 - v místech s ohrožením nenahraditelného bohatství.



- AFDD by měli být na obvodech s vyšším odběrem, které jsou v provozu během noci: myčky nádobí, domácí pekárny, pračky, sušičky, elektrická topidla nebo klimatizační jednotky v místnostech určených ke spánku.
- **Německo** ve své národní normě zavedlo povinné použití AFDD od **18. 12. 2017**.
- **Slovensko** ve své normě vydané v prosinci 2015 v národní poznámce říká, že použití AFDD bude povinné po uplynutí přechodného období 3 let.
- Připravuje se povinná standardizace v Rakousku, Belgii a dalších státech.



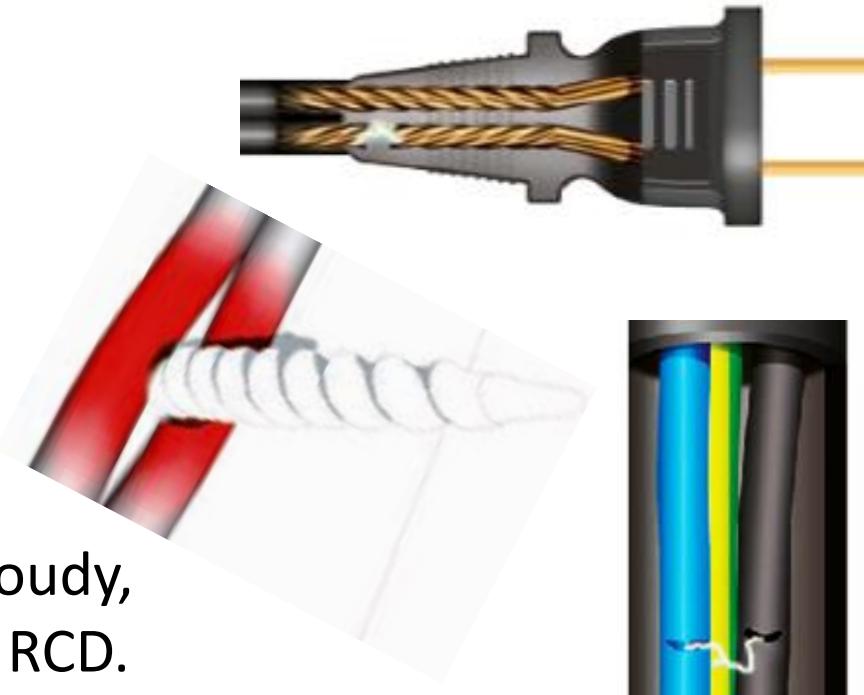
- | | |
|--|--|
| | ARC zapnuta a v provozu |
| | ARC vypnuta: sériový nebo paralelní oblouk |
| | ARC vypnuta: nadpětí > 275 V |
| | ARC není připravena |
| | ARC nemá napájení |

Sériový oblouk

- omezeno impedancí zátěže,
- ochranné přístroje nereagují,
- nereaguje ani proudový chránič,
- častější výskyt.

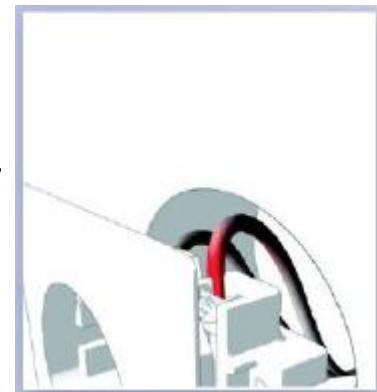
Paralelní oblouk

- rychle přechází do zkratu,
- při zvýšeném odporu jsou malé proudy,
- mezi pracovními vodiči bez reakce RCD.

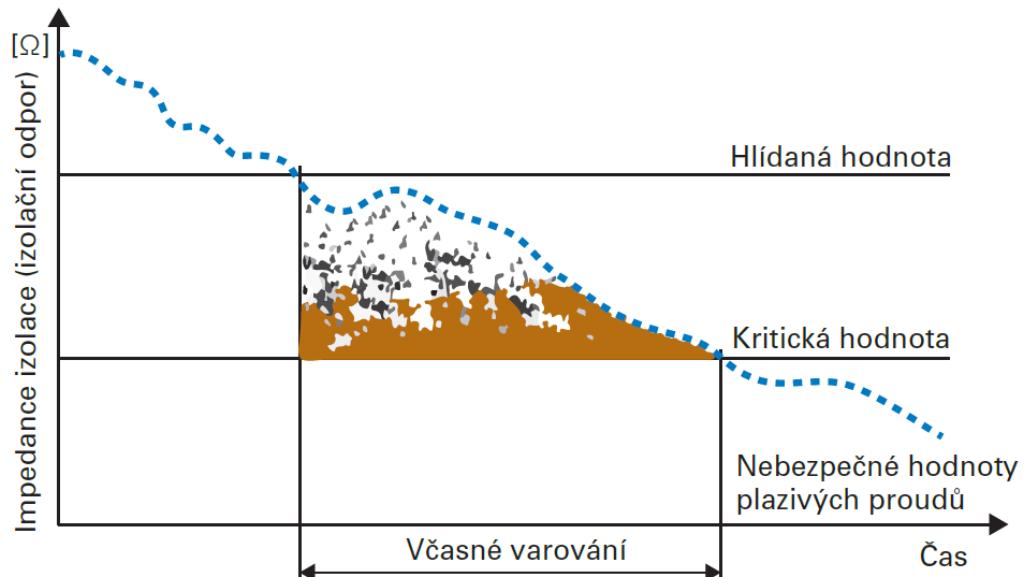


Zkušební proud oblouku	2,5 A	5 A	10 A	16 A	32 A	63 A
Maximální celková doba vypínání	1 s	0,5 s	0,25 s	0,15 s	0,12 s	0,12 s

- Sériová porucha zapříčiní až 90% příčin požárů vzniklých od elektrické instalace!
- Poškozená izolace kabelu (hřebíky, šrouby, ...).
- Zmáčknuté kabely nebo proskřípnutá izolace pode dveřmi, za nábytkem, atd.
- Nedokonalý spoj nebo kontakt (prasklé pérko v zásuvce) způsobí jiskření.
- Prodlužovací kabely a pohyblivé přívody s ostrými ohyby
- UV záření, poškození izolace hlodavci
- Chybějící odlehčení vodičů - špatná montáž vypínačů, zásuvek a svorkovnic.

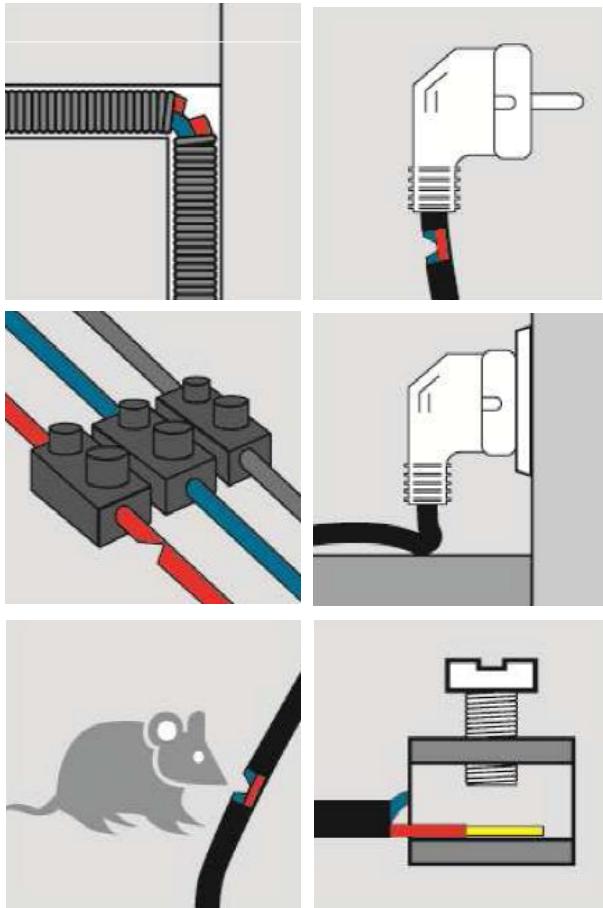


- Příčinou plazivých proudů jsou trhlinky v izolaci.
- S rostoucí teplotou, stárnutím a působením UV záření dochází k odpařování změkčovadel izolace. Izolace křehne a vznikají mikrotrhlinky.
- Cyklickými změnami teplot a vlhkosti se mění vodivost usazeného prachu a to způsobí vznik plazivých proudů proti zemi.

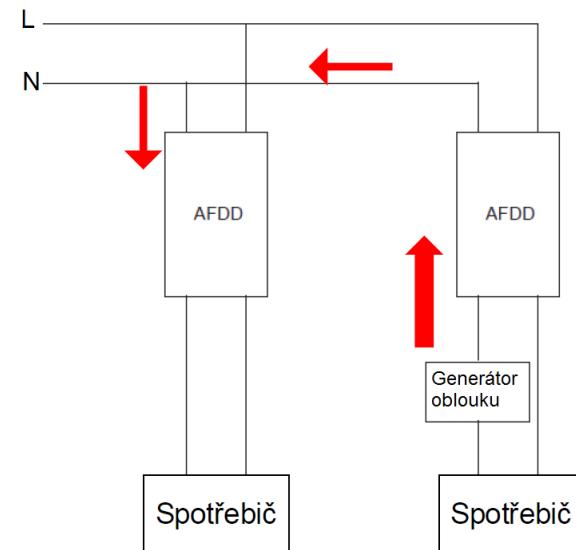


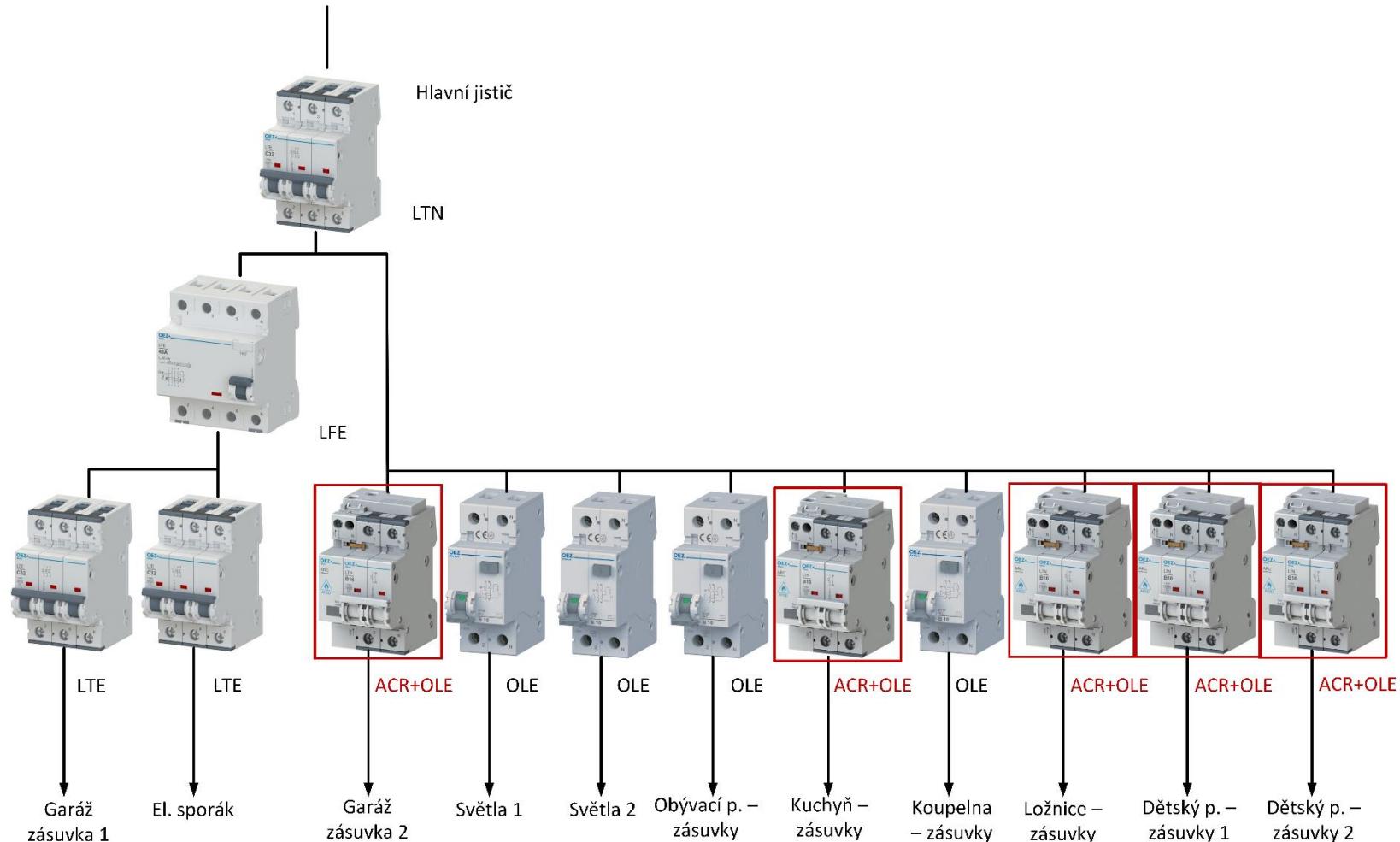
Pokles izolačního odporu elektrických instalací při stárnutí izolace

Typ poruchového oblouku		Ochrana
Sériový		
Paralelní: <ul style="list-style-type: none">• fáze-nula• fáze-fáze		 
Paralelní: <ul style="list-style-type: none">• fáze-PE		  



- AFDD je směrově citlivý - musí selektivně vyhodnocovat a reagovat na rušení od oblouku ze strany spotřebiče, ale musí být imunní proti rušení ze sítě – **Nutno dodržet předepsaná směr zapojení!**
- Spolehlivá detekce oblouků je při proudech nad 700mA (2,5A) – pro obvody s malým odběrem tedy nemají smysl.
- Pravděpodobnost výskytu poruchových oblouků je nejvyšší u středních hodnot (3 až 10 A)
– většina domácích elektrospotřebičů.
- Při větších proudech (10 – 16 A) se konce vodičů „svarí“ a detektor nemusí zaznamenat oblouk.
- Všechny AFDD na trhu odpojují nulový vodič – nelze použít v sítích TN-C.

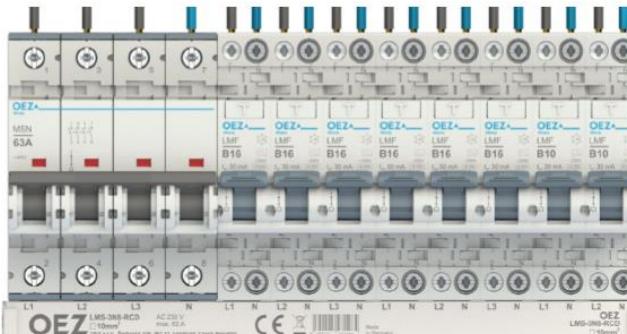




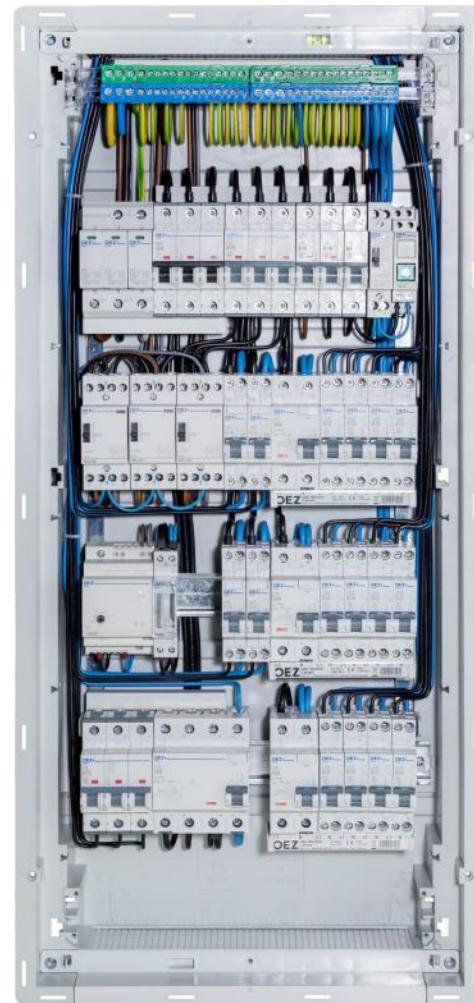


Obloukové ochrany (AFDD) LMA

- Úspora 2 modulů



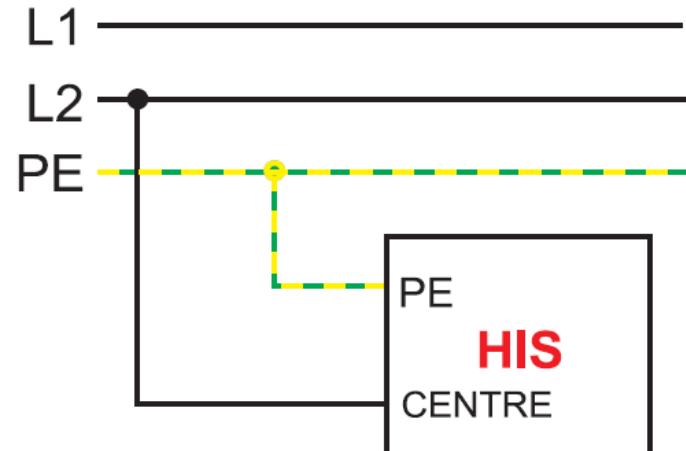
MSN + LMF + LMS-3N8-RCD





Hlídač izolačního stavu

- Je určen k trvalému sledování izolačního odporu v síti IT.
- Přístroj trvale sleduje odpor izolované soustavy proti zemi (PE).
- Hlídáč izolačního stavu rozezná poruchu izolace již v okamžiku jejího vzniku a hlásí pokles izolačního odporu pod minimální nastavenou hodnotu dříve, než dojde k přerušení provozu.
- Závadu hlásí opticky a akusticky.
- V síti IT může mít jeden vodič přímý zkrat na zem, aniž by došlo k poruše provozu. Včasné zjištění vadného zařízení okamžitým hlášením zajišťuje právě HIS.

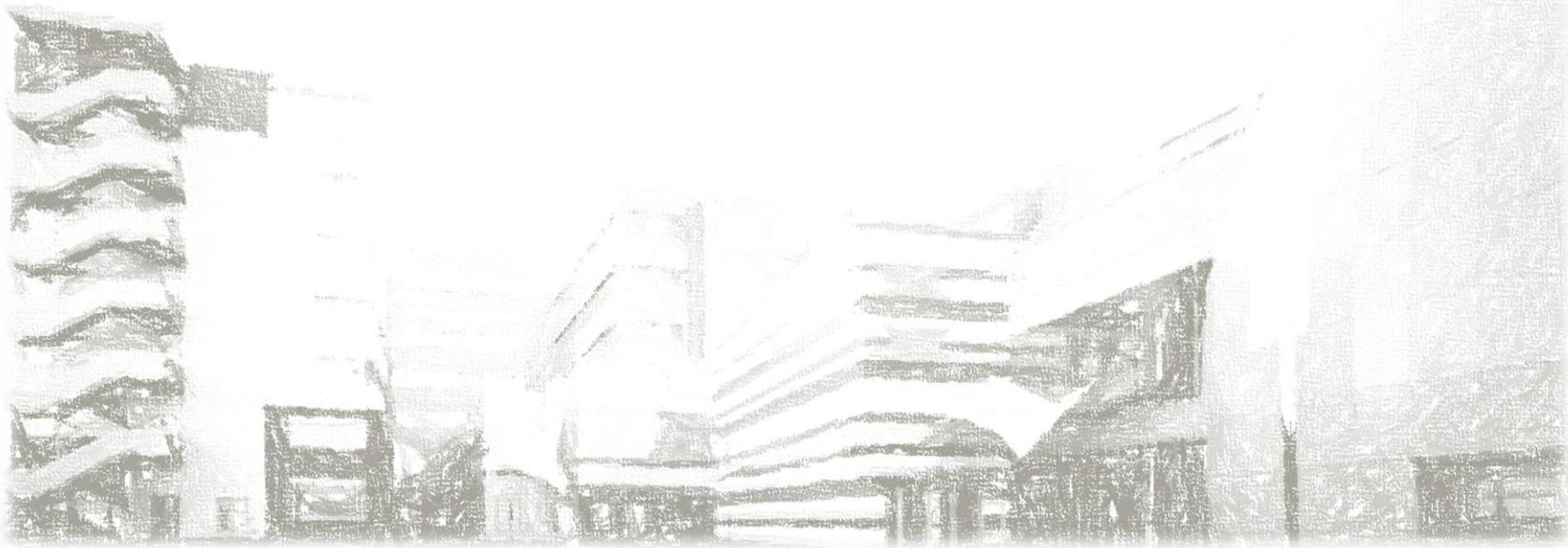




FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH ústav teoretické

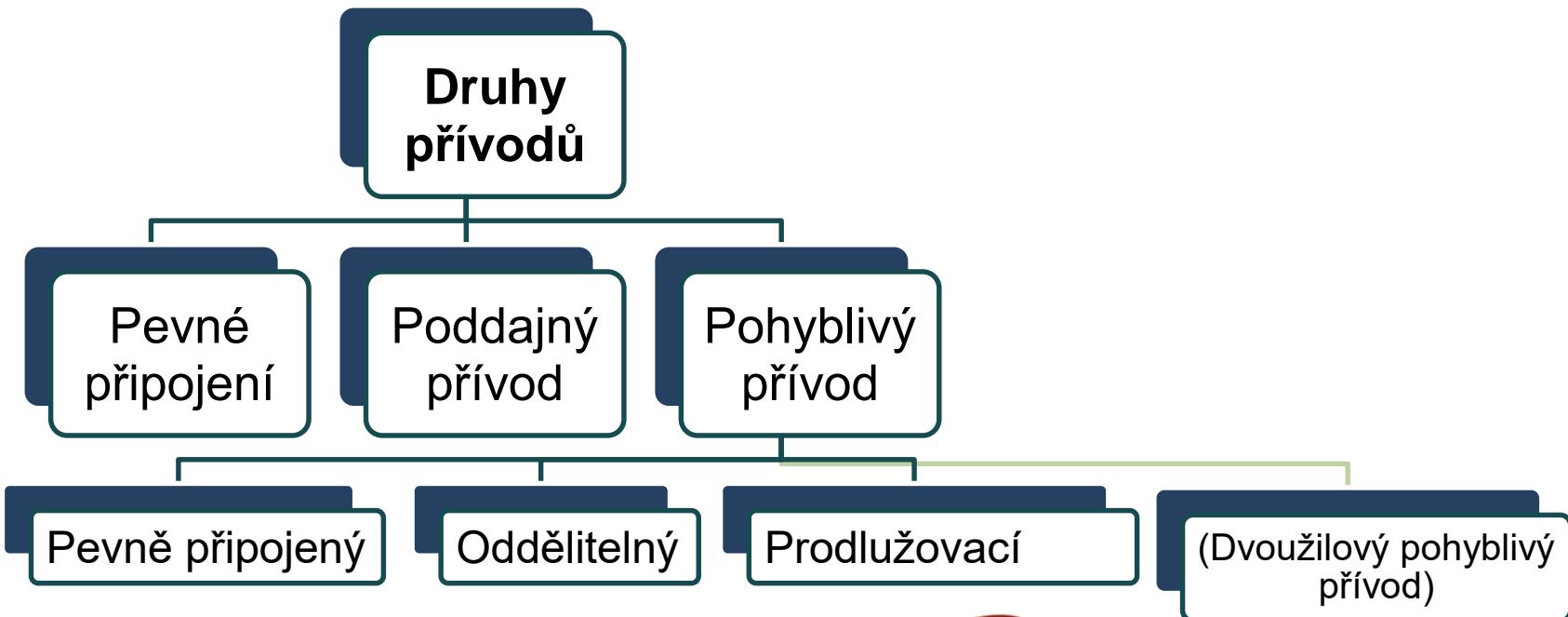
TECHNOLOGIÍ a experimentální elektrotechniky

Přívody k EZ

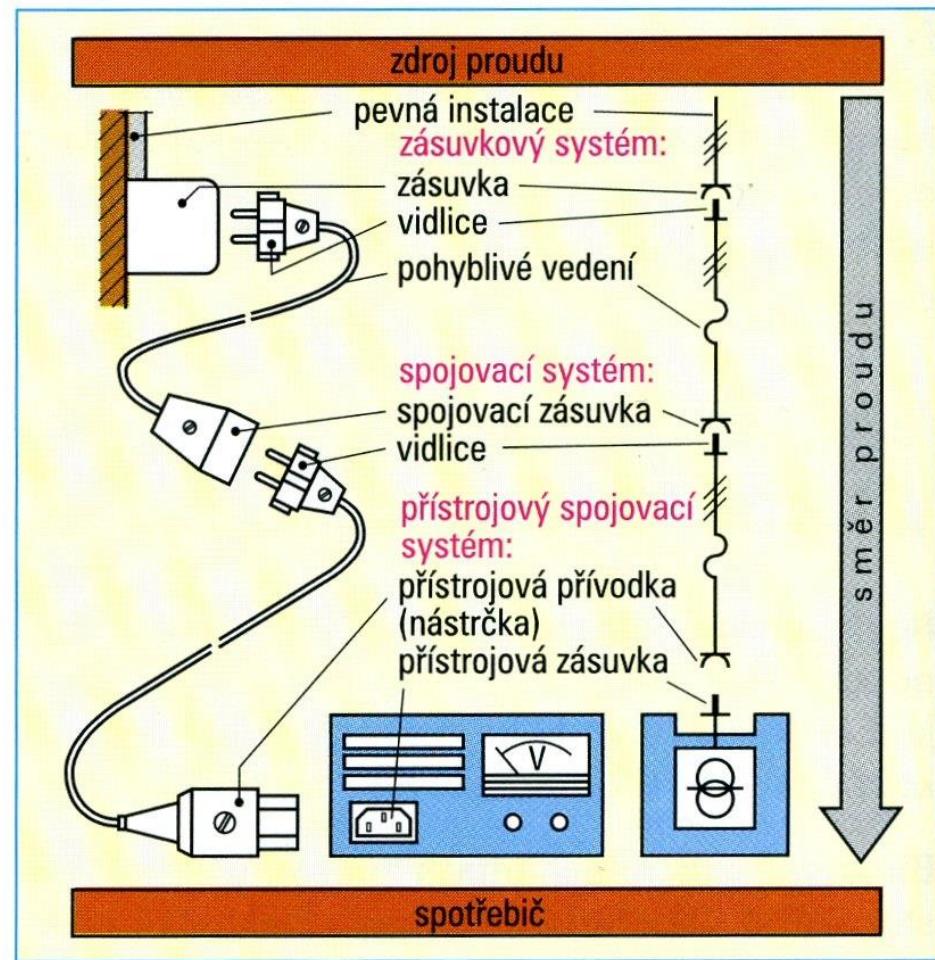




Druhy přívodů k elektrickým předmětům

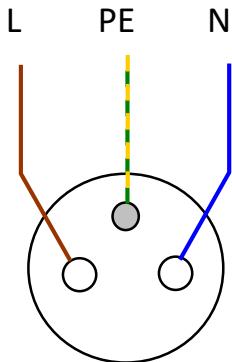


- Dvoužilové prodlužovací přívody v ČR zakazuje: ČSN 34 0350 ed. 2, ČSN IEC 60884-1 a ČSN IEC 60884-2-7+A1: 2015.
- Jde tedy o poměrně komplikovanou oblast provázání různých pohledů, ale určitý rád je patrný a další vývoj normalizace jistě dořeší některé sporné záležitosti a zareaguje na tendence společného trhu, který má snahu přinášet stále nové a inovované výrobky.

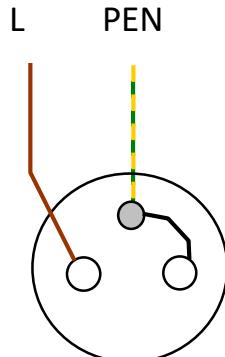
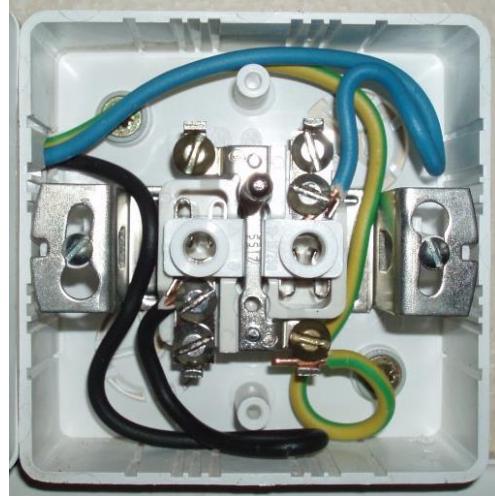




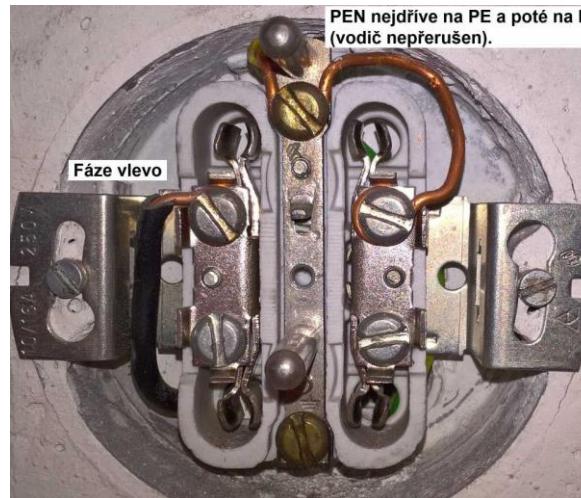
Zásuvky střídavého rozvodu nn



V síti TN-S nebo TT

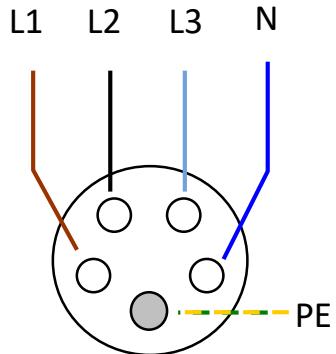


V síti TN-C

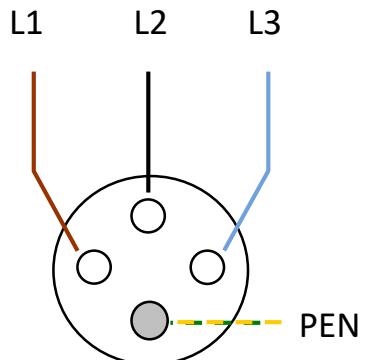
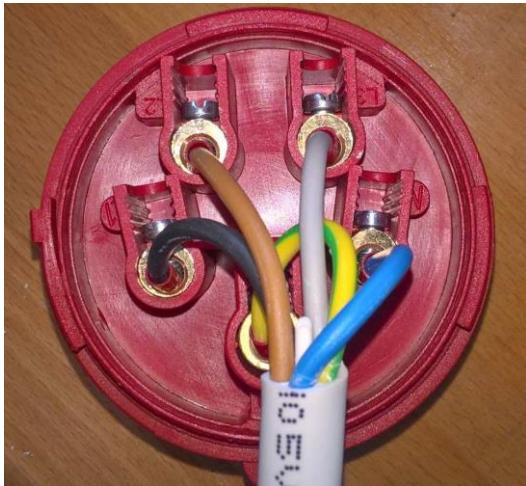




Zásuvky střídavého rozvodu nn



V síti TN-S nebo TT



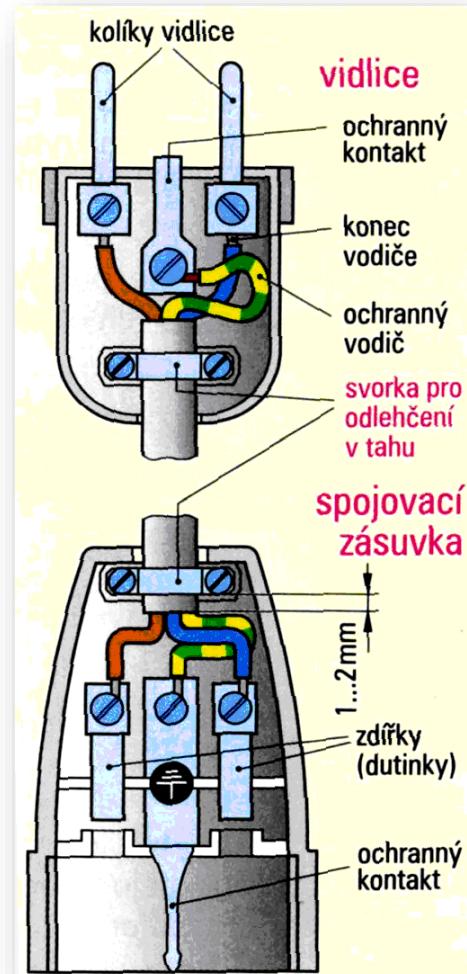
V síti TN-C





Pohyblivé přívody

- Šňůry musí být spolehlivě **odlehčeny** od tahu, zajištěny proti posunutí či vytržení žil.
- **Ochranný vodič se musí přerušit při vytržení až jako poslední**, proto je delší.
- Vidlice i zásuvka na **shodný jmenovitý proud a napětí, stejný počet pólů**.
- Na kolících nezapojených vidlic se **v žádném případě nesmí objevit napětí**.
- Pohyblivé přívody s ochranným vodičem **musí mít vidlici i zásuvku s ochranným kontaktem**.
- Pohyblivé přívody bez ochranného vodiče musí být **neoddělitelně spojeny s vidlicí a na druhém konci bud' pevně připojeny, nebo opatřeny nezáměnnou nástrčkou**.
- Prodlužovací přívody s rozebíratelnou pohyblivou zásuvkou musí mít nápis: „**Nezasahujte do zapojení**“.



Průřezy pohyblivých přívodů

- Kabel na navijáku nebo bubnu, na štítku kabelového navijáku musí být uvedeno proudové nebo výkonové zatížení při rozvinutém a svinutém kabelu.
- *Zásuvky, které se mají používat v prodlužovacích přívodech musí mít clonky.*
- *Pokud je v zásuvce použit ochranný kontakt, musí být připojen k příslušnému ochrannému kontaktu vidlice.*





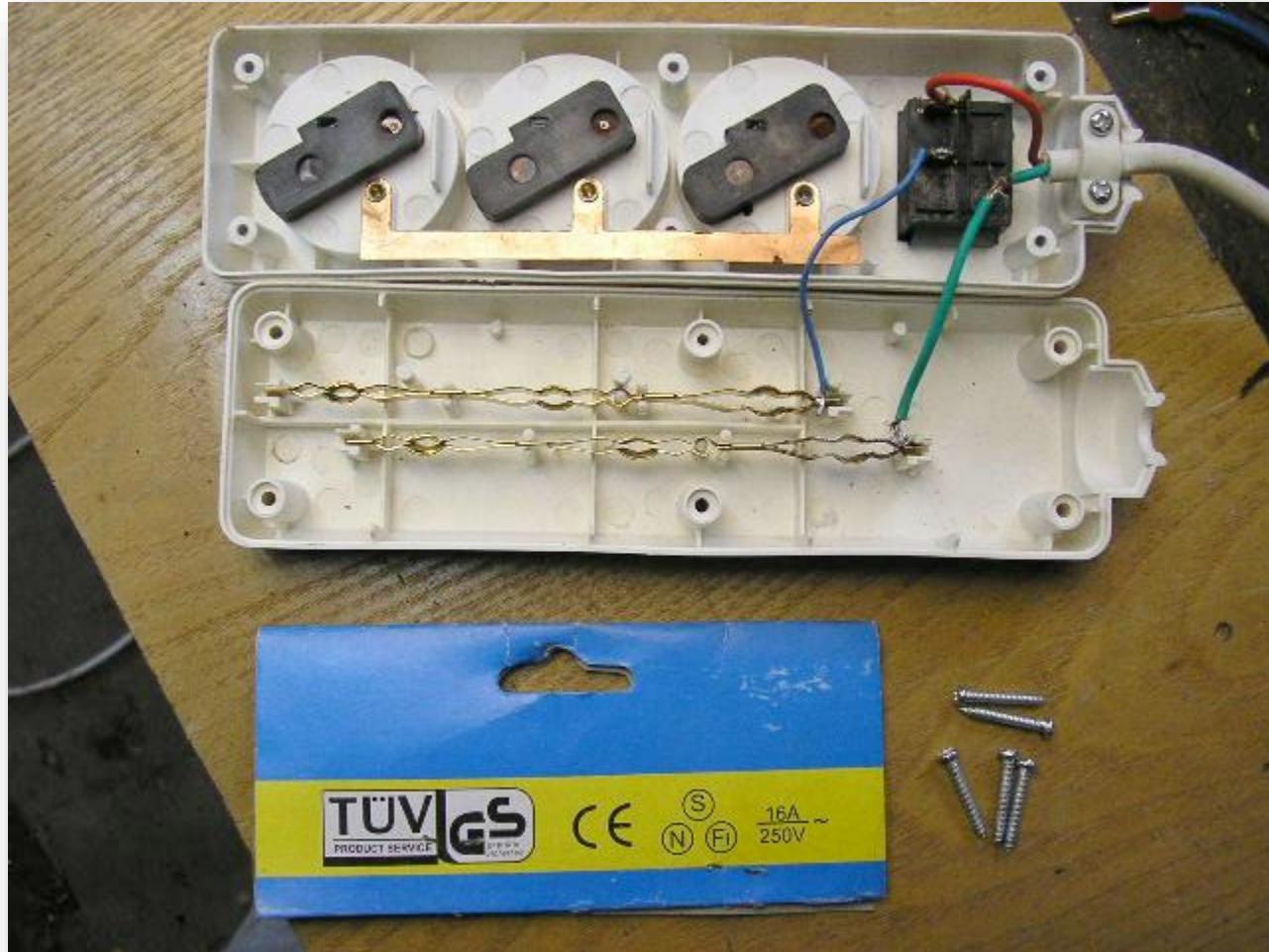
Přehled pravidel pro pohyblivé přívody

- ČSN 34 0350 ed. 2

Průřez jádra [mm ²]	Maximální délka [m]	Jmenovitý proud [A]	Pevně připojený a oddělitelný přívod	Prodlužovací přívod
0,35	2	-	✓	✗
0,5	3	-	✓	✗
0,75	připojení pájením nebo svařením		✓ (pevně přip.)	✗
1	10	10	✓	✓
1,5	50	16	✓	✓
Různá vidlice a nástrčka (nezáměnná)		2,5 (100 W)	✓ (oddělitelný)	✗

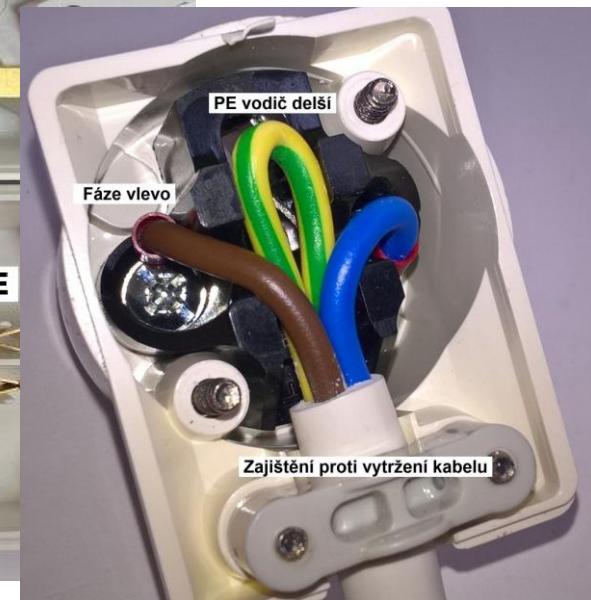
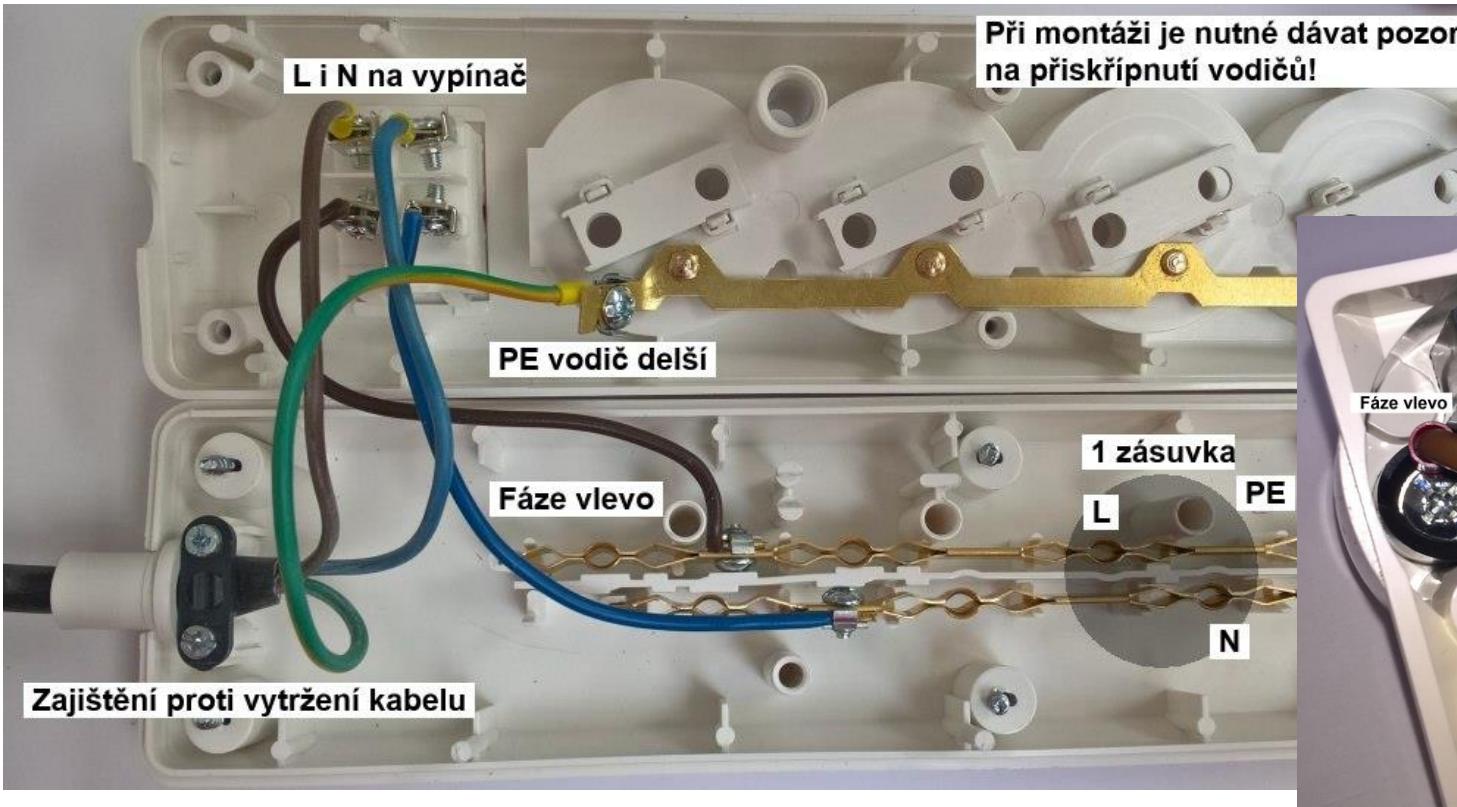


Životu nebezpečná prodlužovačka





Pohyblivé přívody





Děkuji za pozornost



Technická 12, 616 00 Brno, Česká Republika

<http://www.utee.fee.vut.cz>