

## 4.7.9 Bezpečnost při styku s elektřinou

**Předpoklady:** 4207

**Pedagogická poznámka:** Probrat obsah této hodiny je ve 45 minutách velmi těžké (jakmile studenty necháte měřit vlastní odpor a počítat příklady nemožné). Nejlepší je asi využít fakt, že předchozí hodina je také delší a probrat je ve třech hodinách.

### Nezabíjí napětí, ale proud. Proč?

Elektřina nezabíjí, protože je to elektřina, ale protože má nějaké důsledky na organismus.

Napětí – nedělá nic.

Proud – lidský organismus používá elektrický proud pro přenos nervových vzruchů ⇒ procházející elektrický proud:

- vydává nesmyslné pokyny svalům a může zastavit činnost důležitých orgánů (hlavně srdce)
- člověk, přes kterého prochází proud nemůže ovládat svaly (nervové vzruchy přebíjí procházející proud) ⇒ nejde se pustit

Má horší následky proud stejnosměrný nebo střídavý?

Horší je střídavý = rychle po sobě následující navzájem si odporující příkazy ⇒ křeč

Projevy různých velikostí proudu na lidský organismus

Velikost proudu mA	projev střídavého proudu	projev stejnosměrného proudu
0,6 - 2	práh vnímání	žádný pocit
2-3	silnější chvění prstů	žádný pocit
3-5	křeče v ruce, je možné se pustit	pocit tepla
5-10	bolest v prstech, nelze se pustit	pocit tepla, nelze se pustit

stejně jako v ostatních případech týkajících se lidí je tabulka orientační, každý vnímá jinak, každý je jinak odolný

důsledky proudu závisejí nejen na velikosti proudu, ale i na částech těla, pře které prochází (nejhorší jsou všechny cesty přes srdce, proud procházející mezi prsty jedné ruky není takový problém)

### Bezpečný proud: střídavý 3,5 mA. stejnosměrný 10 mA

Elektrický proud neprochází přes člověk jen tak. Prochází pouze v případě, že člověk je součástí uzavřeného elektrického obvodu.

Proud obvodem závisí na: napětí a odporu

**Př. 1:** Změř odpor svého těla mezi pravou a levou rukou. Urči maximální možné střídavé napětí, které by mohlo existovat mezi těmito místy Tvého těla, aby proud nepřekročil hodnotu 3,5 mA.

Hodnoty se liší. Například pro hodnotu  $R = 50000 \Omega$  vychází bezpečné napětí:  
 $U = I \cdot R = 0,0035 \cdot 50000 \text{ V} = 175 \text{ V}$

**Př. 2:** Plochá baterie má napětí 4,5. Vypočti proud, který bude přes Tvé tělo procházet, pokud budeš každou z elektrod držet v jedné ruce. Proč v takovém případě nic necítíš? Proč je naopak napětí ploché baterie cítit, když si obou elektrod najednou lízneš?

Proud procházející tělem:  $I = \frac{U}{R} = \frac{4,5}{50000} \text{ A} = 9 \cdot 10^{-5} \text{ A} = 0,09 \text{ mA}$  proud je daleko menší než hranice vnímání.

Jazyk na mokrý, místa dotyku jsou velmi blízko u sebe  $\Rightarrow$  odpor je daleko menší  $\Rightarrow$  proud je daleko větší.

Náš odpor není nic neměnného, závisí na mnoha okolnostech. Stačí naslinit prsty a odpor se podstatně zmenší  $\Rightarrow$  bezpečná napětí jsou daleko menší než 175 V.

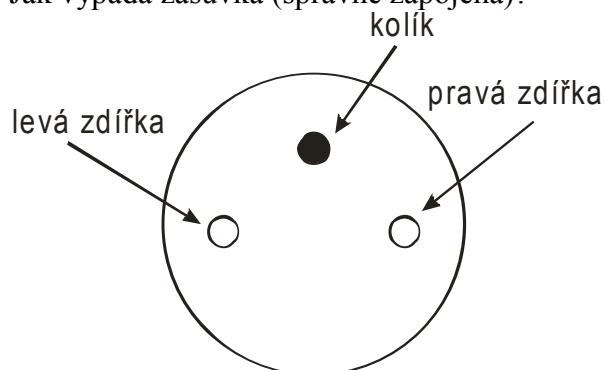
**Bezpečné napětí pro zvláště nepříznivé podmínky: střídavé 12 V, stejnosměrné 24 V** (s větším by se ve škole pracovat nemělo)

Na mnoha místech je napětí větší: zásuvka 230 V, trojfázový proud 400 V, rozvody vysokého napětí až 400 000 V  $\Rightarrow$  je nutné se chránit před dotykem částí předmětů s nebezpečným napětím (říká se jim **živé části**, kdo se jich dotkne je pak mrtvý)

**Př. 3:** Vysvětli, proč napětí 45000 V na Van der Graffově generátoru není nebezpečné.

Napětí Van der Graffova generátoru je sice obrovské, ale náboj nashromážděný na jeho kouli je velmi malý a nedostačuje na udržení nebezpečného proudu více než po tisícinu vteřiny.

Jak vypadá zásuvka (správně zapojená)?



levá zdířka = fázový vodič, zde je 230 V, strkat cokoliv vodivého do této zdířky je sebevražda  
pravá zdířka = pracovní nulový vodič, 0 V vodič by měl být uzemněný, při zapojení spotřebiče tudy prochází proud  
kolík = ochranný nulovací vodič, 0 V, měl by být uzemněný nezávisle na pracovním nulovém vodiči

Rada: Je lepší nespolehat na to, že levá a pravá zdířka nejsou zapojeny obráceně (z hlediska spotřebičů, je to kvůli střídavosti proudu jedno), vždy je lepší odzkoušet zkoušečkou (a radši stejně vyhodit pojistky)

Jak se vůbec uzavírá obvod, ve kterém je člověk?

Všechny nulové vodiče se uzemňují  $\Rightarrow$  v naprosté většině případů se obvod uzavírá ze zdroje napětí přes člověka a přes zem.

$\Rightarrow$  cesta proudu u člověka, který se dotkl zásuvky: levá zdířka, přechodový odpor mezi zdířkou a rukou, ruka, tělo nohy, ponožky, pantofle, parkety, zdivo, zem  $\Rightarrow$  každá vrstva oděvu zvyšuje odpor v obvodu a zvětšuje šanci na přežití

**Př. 4:** Najdi co nejvíce důvodů, proč dotýkat se elektrických spotřebičů z vany je smrti nebezpečno.

V koupelně je vlhko  $\Rightarrow$  malé přechodové odpory na rukou i v dalších místech doteku  
Vana je kovová a je uzemněná  $\Rightarrow$  celkový odpor obvodu je v podstatě roven odporu těla.

Jak jsou lidé chráněni před dotykem živých částí?

- **ochrana polohou** (nebo **zábranou**) – typicky dráty vysokého napětí (jsou tak vysoko, aby se jich nikdo nemohl dotknout  $\Rightarrow$  jakmile padnou na zem ochrana nefunguje, dotyk je životu nebezpečný) nebo zásuvka (vodič s napětím je ve zdírce, do které se bez nástroje nedostanu)
- **ochrana krytím živých částí** – elektrické spotřebiče jsou zkonstruovány tak, aby všechny živé části byly zakryté, živé části se naopak izolují (velmi často dvakrát)
- **ochrana nulováním**

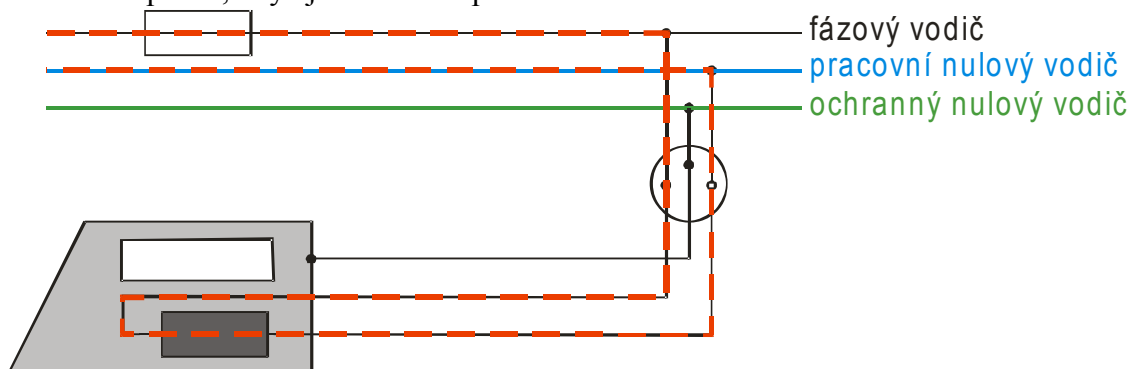
### Ochrana nulováním

u přístrojů, které mají kovové vnější části  $\Rightarrow$  musím zabránit tomu, aby se na tyto části dostalo napětí (pak by byl dotyk smrtelný)

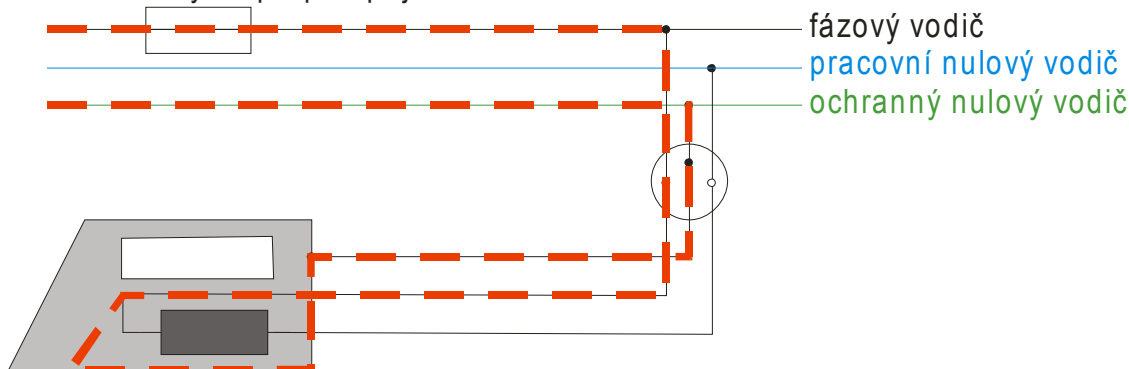
nulování využívá kolík v zásuvce, napájecí kabel má tři vodiče, třetí vodič je přimontován ke kovové vnější části

pokud se na vnější část dostane napětí, uzavře se přes kolík a ochranný nulovací vodič obvod s malým odporem  $\Rightarrow$  teče velmi velký proud  $\Rightarrow$  vyhodí pojistky dříve než se vnějšího kovu stihnou dotknout

Takto teče proud, když je zařízení v pořádku:



Takto teče proud v případě poruchy tady se přepálí pojistka



### Barevné značení vodičů

černý – fáze

modrý – pracovní

žlutozelený – ochranný nulový

### Pojistky a jističe

- role při ochraně nulováním
- ochrana přístrojů před vyhořením (začne-li protékat přístrojem příliš velký proud, přeruší dodávku proudu)
- ochrana rozvodu před přetížením (začne-li protékat příliš velký proud, není něco v pořádku)

Pojistka – tavný drátek se zahřívá, při příliš velkém proudu se přepálí (pojistky na větší proudy jsou naplněny pískem kvůli uhašení elektrického oblouku)

Jistič – stejná funkce, jde znovu zapnout, dva vypínací mechanismy:

- bimetal – vypíná při dlouhodobém odběru, který překračuje nižší proudovou mez (přetížení)
- relé (elektromagnet) – vypíná okamžitě při odběru, který překračuje vyšší proudovou mez (zkrat)

Většina elektrospotřebičů má ihned po spuštění daleko větší odběr než při normálním chodu ⇒ možnost krátkodobého přetížení (i pojistky se dělají jako rychlé nebo pomalé)

### Zapojení domácích rozvodů

hlavní jistič za elektroměrem (na jeho proudové hodnotě závisí paušální poplatek za elektřinu)

jističe jednotlivých okruhů – okruh tvoří paralelně zapojené spotřebiče připojené k jednomu jističi

⇒ proud procházející jističem se rovná součtu proudu přes všechny spotřebiče v okruhu

většinou sporáky, bojlerů mají vlastní okruh na větší proud, 2 a více okruhů na zásuvky, okruh pro světla....

**Př. 5:** Vysvětli, proč ptáci mohou sedat na drátech vysokého napětí. Mohl by se na ně pověsit i člověk? Čemu by se musel vyhnout, aby se nezabil?

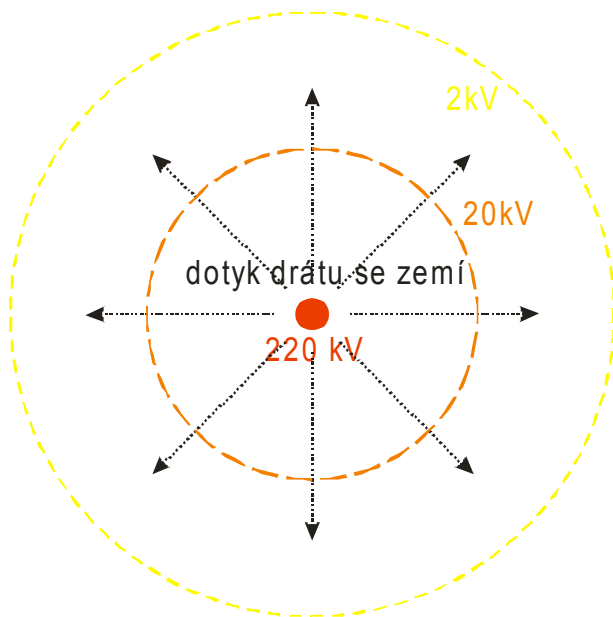
Napětí je vždy definováno mezi dvěma body. Vysoké napětí elektrických rozvodů je napětím mezi fázovým a nulovým vodičem (zemí). Ptáci se oběma nohama dotýkají pouze jednoho drátu, takže mezi místy, kde se dotýkají je velmi malé napětí (v podstatě způsobované pouze odporem vodiče mezi velmi blízkými místy) ⇒ přes jejich tělo teče velmi malý proud (jakmile by se v jednom okamžiku dotkli dvou drátů, ihned by zemřeli)..

Pro člověka platí to samé. Může ručkovat po fázovém vodiči, ale nesmí se dotknout ani jiného drátu ani země (dokonce se k nim nesmí ani přiblížit, aby nepřeskočila jiskra). Na drát nemůže přelézt ze sloupu (ten je uzemněný).

Pokud spadne drát vysokého napětí na zem, nesmíme se ho dotýkat, ale dokonce je nebezpečné se k němu pouze přiblížit.

Proč?

Proud teče od místa dotyku do všech stran ⇒ překonává odpor půdy ⇒ mezi místy různě vzdálenými od místa dotyku se objevuje napětí (hodnoty napětí na obrázku jsou uvedeny vzhledem k velmi vzdálenému místu)



Pokud udělám delší krok, můžu mít mezi nohama velké napětí  $\Rightarrow$  smrt

### Hromosvod

drát, který spojuje tyč a střeše (zachytává blesky) a zem, musí být dobře zakopaný ve větší délce, aby proud z blesku rozvedl do půdy

špatně zakopaný hromosvod zvyšuje riziko úrazu proudem (zvětšuje počet blesků, které do domu uhodí, ale nerozvede jejich energii do půdy)  $\Rightarrow$  v USA se zjistilo, že vyhořených domů s hromosvodem je stejně jako bez hromosvodů  $\Rightarrow$  hromosvody nejsou povinné

**Př. 6:** Kravíny jsou stavěny na betonovém základě se zapuštěným železným roštem. Jak chrání železný rošt krávy přes následky blesku? Co by se mohlo stát, kdyby pod kravínem nebyl?

Pokud uhodí blesk vznikne v okolí hromosvodu podobné rozložení napětí jako u drátu spadlého na zem. Kravíny mají nohy daleko od sebe  $\Rightarrow$  velké napětí  $\Rightarrow$  smrt. Železný rošt dobře vede proud  $\Rightarrow$  vyrovná rozdíly napětí pod kravínem a celý kravín má stejnou hodnotu potenciálu. Mezi nohama krávy není napětí  $\Rightarrow$  neprochází přes ní proud  $\Rightarrow$  nemůže se jí nic stát.

Poslední rada: Pokud se někomu něco stane, uvázne v elektrickém obvodu a nemůže se pustit, nesmíme se ho dotýkat (chytli bychom se taky)  $\Rightarrow$  dvě možnosti:

- vypnout elektriku
- vyprostit ho pomocí nevodivého předmětu (dřevo)

**Př. 7:** Je možné strčit do fázové zdířky zásuvky hřebík, držet ho holou rukou a přitom neutrpět úraz?

Zákaz zkoušení. Možné to je, nesmíme se uzavřít do vodivého obvodu. Například v případě, že budeme stát na tlustém suchém polystyrenu a nebudeme se dotýkat ničeho kromě hřebíku v zásuvce, by se nemělo nic stát.

**Př. 8:** Při demonstracích magnetického pole přímého vodiče jsme zkratovávali autobaterii (napětí 12 V) a obvodem procházel proud desítek A. Není nebezpečné stát se částí takového obvodu?

Nebezpečné to není. Zkratovaný obvod má velice malý odpor (tisíciny až setiny ohmu).

Zapojení člověka do tohoto obvodu znamená milionkrát větší odpor a tedy i milionkrát menší proud.

**Shrnutí:** Při úrazu elektrickým proudem zabíjí proud. Jeho velikost závisí na napětí a odporu, který je v zapojeném obvodu.