

Vysoká škola báňská – TU Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra obecné elektrotechniky

ÚČINKY ELEKTRICKÉHO PROUDU NA LIDSKÝ ORGANIZMUS

Ostrava, březen 2006

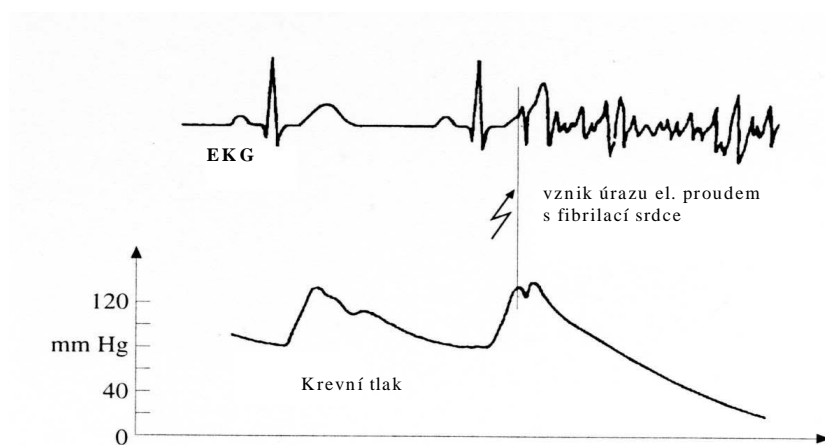
Ing. Vladimír Meduna, Ing. Ctirad Koudelka

Účinek elektrického proudu na lidský organizmus závisí na :

- 1 druhu proudu
- 2 velikosti proudu
- 3 frekvenci proudu
- 4 impedanci lidského těla
- 5 dráze proudu
- 6 době průchodu proudu
- 7 fyziologickém stavu a psychickém stavu organismu
- 8 velikosti dotykového napětí

1 Druh proudu

Obecně lze říci, že působení stejnosměrného proudu je méně nebezpečné než působení střídavého proudu. Oba druhy proudu způsobují rozklad krve i svalové křeče (což vede k neschopnosti okysličování organismu a k zástavě dýchání), avšak střídavý proud navíc od určité hranice způsobuje tzv. fibrilaci srdce, což vede k zástavě srdeční činnosti. Srdce pracuje vlastně jako krevní pumpa s frekvencí cca 70 tepů za minutu. Při průchodu střídavého proudu (např. s frekvencí 50 Hz) se srdce snaží přizpůsobit frekvenci procházejícího proudu a začíná pracovat s frekvencí 50 tepů za 1 sekundu. To však znamená, že srdce ztrácí schopnost pracovat jako krevní pumpa a dochází pouze ke chvění srdce (srdeční fibrilaci) a tím pak k zástavě srdeční činnosti. Proto je střídavý proud pro lidský organizmus nebezpečnější než proud stejnosměrný. Elektrokardiogram srdeční činnosti a průběh krevního tlaku před a po vzniku úrazu elektrickým proudem je znázorněn na obr. 1.



Obr. 1 Průběh EKG a krevního tlaku před a po vzniku úrazu elektrickým proudem

2 Velikost proudu

Účinek el. proudu na lidský organizmus je přímo úměrný velikosti procházejícího proudu. Na základě dlouhodobých zkoumání byla stanovena velikost proudu, který (až na jednotlivé výjimky) není lidskému organizmu nebezpečný (dříve se hovořilo o tzv. bezpečném proudu).

Pro proud stejnosměrný je to velikost 10 mA a pro proud střídavý (10-100Hz) - 3,5 mA. Do roku 1995 byly tyto hranice vyšší: ss proud-25mA, pro střídavý proud- 10mA). Proud, který je větší než uvedené hodnoty, může lidskému organizmu uškodit.

- 0,5 až 1 mA – práh vnímání el. proudu,
- 1 až 8 mA – podráždění v nervech, stoupání krevního tlaku,
- 6 až 15 mA – způsobuje tetanickou křeč, člověk se nemůže uvolnit,
- 25 mA – tetanická křeč dýchacího svalstva,
- 60 mA – chvění srdeční komory (fibrilace), přechodná zástava srdce,
- nad 80 mA – zpravidla trvalá zástava srdce.

3 Frekvence proudu

Nebezpečné kmitočty jsou v pásmech 10 - 100Hz a dále pak 200 - 500 Hz. Podrobnější výklad vlivu frekvence je již nad rámec tématu.

4 Impedance lidského těla

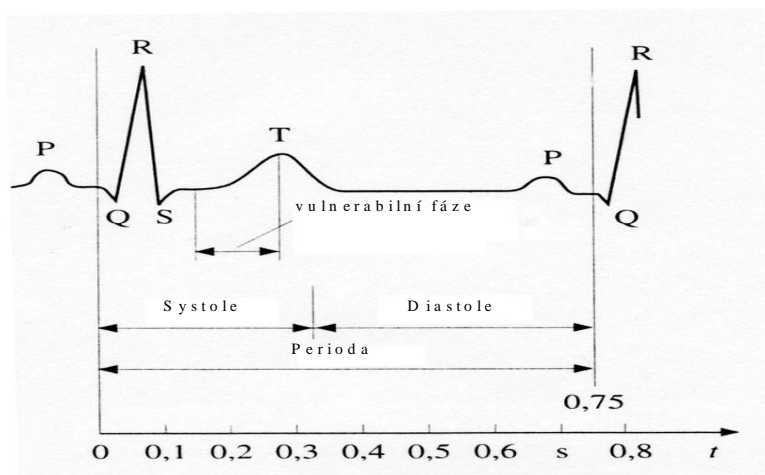
Velikost impedance lidského těla je rozdílná u každého jednotlivého člověka (je dána fyziologickým stavem organismu) a jeho velikost se pohybuje v rozmezí od 1000 Ω až do 10000 Ω . Průměrná hodnota byla stanovena na 2000 Ω .

5 Dráha proudu

Velikost působení elektrického proudu je také dána tím, kudy elektrický proud tělem protéká. Nejnebezpečnější dráha proudu je dráha hlava - ruka, hlava - noha a pod., protože protékající proud zasahuje mimo jiné hlavně také mozkové centrum. Dále je pak nebezpečná dráha levá ruka - pravá ruka a levá ruka - levá noha, kdy proud prochází přímo srdeční oblastí.

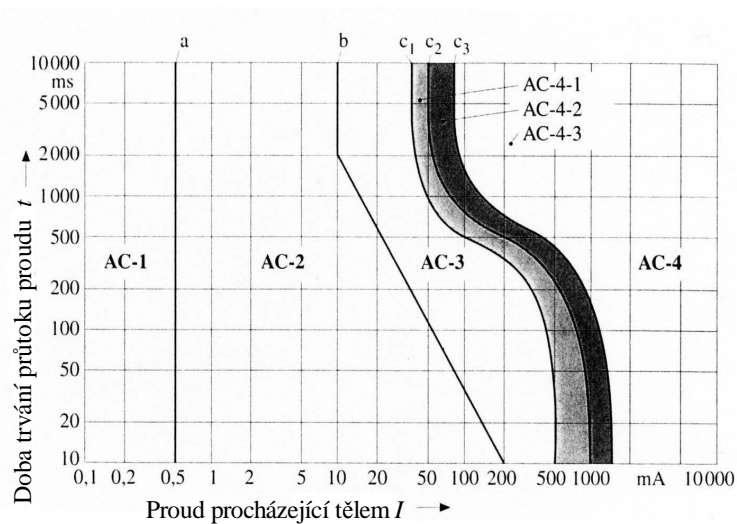
6 Doba průchodu proudu

Je asi pochopitelné, že delší působení proudu bude mít větší následky než působení kratší. V poslední době bylo prokázáno, že jestliže průchod proudu lidským tělem trvá 0,8 sec. a více, zasáhne minimálně jedenkrát tzv. vulnerabilní fázi srdeční činnosti, tzv. T – vlnu (viz obr. 2 - Elektrokardiogram srdeční činnosti). Během této fáze srdeční činnosti je srdce mimořádně náchylné k zástavě. Při trvání tělového proudu 0,4 sekundy je pravděpodobnost vyhnutí se vulnerabilní fázi třiceti- procentní a při trvání 0,2 sekundy už šedesátiprocentní.



Obr. 2 Elektrokardiogram srdeční činnosti

Účinky střídavého proudu o frekvenci 50 Hz na člověka jsou znázorněny na obr. 3 (Zpráva IEC č.479).



Obr. 3 Účinek elektrického proudu v závislosti na době jeho působení

Rozsah:

- AC 1** zpravidla žádná reakce
- AC2** zpravidla žádný patofyziologický účinek
- AC3** přechodový rozsah bez pevných hranic (svalové reakce, ztížené dýchání, zpravidla žádné organické škody, žádné nebezpečí fibrilací srdce)
- AC 4** kmitání srdeční komory se stoupající vnímavostí
 - AC 4-1 hranice fibrilací
 - AC4-2 pravděpodobnost fibrilací 5%
 - AC4-3 pravděpodobnost fibrilací 50%

Navíc se vzrůstající dobou průchodu proudu klesá impedance lidského organismu a tím následně dochází také ke vzrůstu tělového proudu.

7 Fyziologický a psychický stav organismu

Jak již bylo uvedeno, impedance lidského těla je dána fyziologickou stavbou organismu a je tedy u každého jedince rozdílná. Avšak i u téhož člověka se impedance lidského těla mění také v závislosti na jeho psychickém stavu. Se zhoršujícím se psychickým stavem (stavy únavy, duševní deprese a pod.) impedance lidského těla klesá (až na hodnotu $400\ \Omega$). Tím však zároveň stoupá velikost tělového proudu a nebezpečí větších následků.

8 Velikost dotykového napětí

Všechny orgány lidského těla nejsou stejně vodivé a citlivé na elektrický proud. Pokožku si můžeme představit jako nedokonalý izolační obal lidského těla, protože má asi dvacetkrát menší vodivost než sliznice a měkké vnitřní orgány lidského těla. Působením napětí vyšších než asi 60V však kůže tuto vlastnost velmi rychle ztrácí. Tato skutečnost má podstatný vliv na stanovení meze bezpečných napětí.