

# ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA

ICS 13.260; 13.200; 29.020 **Duben 2013**

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

**ČSN**  
**IEC/TS 60479-1**  
33 2010

Effects of current on human beings and livestock –  
Part 1: General aspects

Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques –  
Partie 1: Aspects généraux

Tato norma je českou verzí mezinárodní normy IEC/TS 60479-1:2005. Překlad byl zajištěn Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Má stejný status jako oficiální verze.

This standard is the Czech version of the International Standard IEC/TS 60479-1:2005. It was translated by the Czech Office for Standards, Metrology and Testing. It has the same status as the official version.

Národní předmluva

Upozornění na používání této normy

Tato norma přejímá technickou specifikaci IEC/TS 60479-1:2005 vydanou v souladu se směrnicemi ISO/IEC, část 1.

Převzetí TS do národních norem členů ISO/IEC není povinné a tato TS nemusí být na národní úrovni převzata jako normativní dokument.

Informace o citovaných dokumentech

IEC 61201:1992 nezavedena

Guide 104:1997 nezaveden

Vypracování normy

Zpracovatel: MEDIT Consult s. r. o., IČ 26837021, Ing. Michal Kříž, Ing. Bohuslav Kramerius

Technická normalizační komise: TNK 22 Elektrotechnické předpisy

Pracovník Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Ing. Vincent Csirik

## MEZINÁRODNÍ NORMA

Účinky proudu na člověka a domácí zvířectvo – IEC/TS 60479-1

Část 1: Obecná hlediska Čtvrté vydání

2005-07

### Obsah

Strana

Předmluva 6

Úvod 8

**1** Rozsah platnosti 9

**2** Citované dokumenty 9

**3** Termíny a definice 9

**3.1** Obecné definice 9

**3.2** Účinky střídavého proudu sinusového průběhu v kmitočtovém rozsahu 15 Hz až 100 Hz 10

**3.3** Účinky stejnosměrného proudu 11

**4** Elektrická impedance lidského těla 11

**4.1** Vnitřní impedance lidského těla ( $Z_i$ ) 11

**4.2** Impedance kůže ( $Z_s$ ) 12

**4.3** Celková impedance lidského těla ( $Z_T$ ) 12

**4.4** Faktory ovlivňující počáteční odpor lidského těla ( $R_0$ ) 12

**4.5** Hodnoty celkové impedance lidského těla ( $Z_T$ ) 12

**4.6** Hodnota počátečního odporu lidského těla ( $R_0$ ) 19

**5** Účinky sinusového střídavého proudu v rozsahu 15 Hz až 100 Hz 19

**5.1** Práh vnímaní 19

**5.2** Práh reakce 19

**5.3** Znehybnění 20

**5.4** Práh odpoutání 20

**5.5** Práh komorové fibrilace 20

**5.6** Jiné účinky spojené s úrazem elektrickým proudem 20

**5.7** Účinky proudu na kůži 21

**5.8** Popis zón čas/proud (viz obrázek 20) 21

**5.9** Uplatnění faktoru proudu procházejícího srdcem ( $F$ ) 22

**6** Účinky stejnosměrného proudu 22

**6.1** Práh vnímání a práh reakce 22

**6.2** Práh znehybnění a práh odpoutání 23

**6.3** Práh komorové fibrilace 23

**6.4** Jiné účinky proudu 23

**6.5** Popis zón čas/proud (viz obrázek 22) 24

**6.6** Faktor proudu procházejícího srdcem 24

**Příloha A** (normativní) Měření celkových impedancí lidského těla  $Z_T$  provedená na živých lidských bytostech a na mrtvolách a statistická analýza jejich výsledků 44

**Příloha B** (normativní) Vliv kmitočtu na celkovou impedanci lidského těla  $Z_T$  46

**Příloha C** (normativní) Celková rezistance ( $R_T$ ) lidského těla 47

**Příloha D** (informativní) Příklady výpočtů  $Z_T$  48

Bibliografie 51

Strana

Obrázky

Obrázek 1 - Impedance lidského těla 24

Obrázek 2 - Vnitřní dílčí impedance  $Z_{ip}$  lidského těla 25

Obrázek 3 - Zjednodušené schéma pro vnitřní impedance  $Z_{ip}$  lidského těla 26

Obrázek 4 - Celková impedance  $Z_T$  (50%) pro dráhu proudu z ruky do ruky pro velké plochy kontaktního povrchu v suchých podmínkách, podmínkách vodní vlhkosti a podmínkách vlhkosti způsobené slanou vodou pro procentní rozsah 50 % populace pro střídavá dotyková napětí  $U_T = 25$  V až 700 V, 50/60 Hz 27

Obrázek 5 - Závislost celkové impedance  $Z_T$  jedné živé osoby na ploše kontaktního povrchu za suchých podmínek na dotykových napětích (50 Hz) 28

Obrázek 6 - Závislost celkové impedance  $Z_T$  na dotykovém napětí  $U_T$  pro dráhu proudu od konečků prstů od pravého k levému ukazováčku ve srovnání s velkými plochami kontaktních povrchů pro dráhu proudu

z pravé k levé ruce v suchých podmínkách měřené na jedné živé osobě, pro střídavá dotyková napětí v rozsahu  $U_T = 25 \text{ V}$  až  $200 \text{ V}$ ,  $50 \text{ Hz}$ , trvání průtoku proudu maximálně  $25 \text{ ms}$  29

Obrázek 7 - Závislost celkové impedance  $Z_T$  pro procentní rozsah 50 % z populace živých lidských bytostí pro velké, střední a malé plochy kontaktních povrchů (o velikostech v pořadí řádově  $10\,000 \text{ mm}^2$ ,  $1\,000 \text{ mm}^2$  a  $100 \text{ mm}^2$ ) za suchých podmínek pro střídavá dotyková napětí v rozsahu  $U_T = 25 \text{ V}$  až  $200 \text{ V}$ ,  $50/60 \text{ Hz}$  30

Obrázek 8 - Závislost celkové impedance  $Z_T$  pro procentní rozsah 50 % z populace živých lidských bytostí pro velké, střední a malé plochy kontaktních povrchů (o velikostech v pořadí řádově  $10\,000 \text{ mm}^2$ ,  $1\,000 \text{ mm}^2$  a  $100 \text{ mm}^2$ ) za podmínek vodní vlhkosti pro střídavá dotyková napětí v rozsahu  $U_T = 25 \text{ V}$  až  $200 \text{ V}$ ,  $50/60 \text{ Hz}$  31

Obrázek 9 - Závislost celkové impedance  $Z_T$  pro procentní rozsah 50 % z populace živých lidských bytostí pro velké, střední a malé plochy kontaktních povrchů (o velikostech v pořadí řádově  $10\,000 \text{ mm}^2$ ,  $1\,000 \text{ mm}^2$  a  $100 \text{ mm}^2$ ) za podmínek vlhkosti způsobené slanou vodou pro střídavá dotyková napětí v rozsahu  $U_T = 25 \text{ V}$  až  $200 \text{ V}$ ,  $50/60 \text{ Hz}$  32

Obrázek 10 - Hodnoty celkové impedance lidského těla  $Z_T$  měřené na deseti živých lidských bytostech pro dráhu proudu z ruky do ruky a pro velké plochy kontaktního povrchu v suchých podmínkách při dotykovém napětí  $10 \text{ V}$  a kmitočtech od  $25 \text{ Hz}$  do  $20 \text{ kHz}$  33

Obrázek 11 - Hodnoty celkové impedance lidského těla  $Z_T$  měřené na jedné živé lidské bytosti pro dráhu proudu z ruky do ruky a pro velké plochy kontaktních povrchů v suchých podmínkách při dotykovém napětí  $25 \text{ V}$  a kmitočtech od  $25 \text{ Hz}$  do  $2 \text{ kHz}$  33

Obrázek 12 - Kmitočtová závislost celkové impedance lidského těla  $Z_T$  pro procentní rozsah 50 % z populace pro dotyková napětí od  $10 \text{ V}$  do  $1\,000 \text{ V}$  a kmitočtový rozsah od  $50 \text{ Hz}$  do  $2 \text{ kHz}$  pro dráhu proudu z ruky do ruky nebo z ruky do chodidla pro velké plochy kontaktních povrchů v suchých podmínkách 34

Obrázek 13 - Statistické hodnoty celkové impedance lidského těla  $Z_T$  a rezistance lidského těla  $R_T$  pro procentní rozsah 50 % z populace živých lidských bytostí pro dráhu proudu z ruky do ruky, pro velké plochy kontaktního povrchu v suchých podmínkách, pro dotyková napětí do  $700 \text{ V}$ , pro střídavý proud  $50/60 \text{ Hz}$  a pro stejnosměrný proud 35

Obrázek 14 - Závislost změn stavu lidské kůže na hustotě proudu  $i_T$  a době průtoku proudu (pro podrobnosti týkající se zón, viz 5.7) 36

Obrázek 15 – Elektrody použité pro měření závislosti impedance lidského těla  $Z_T$  na ploše kontaktního povrchu 37

Obrázek 16 – Oscilogramy střídavých dotykových napětí  $U_T$  a dotykových proudů  $I_T$  pro dráhu proudu od ruky k ruce, velké plochy kontaktního povrchu v suchých podmínkách sejmuté během měření 38

Obrázek 17 – Doba zranitelnosti srdečních komor během srdečního cyklu 39

Obrázek 18 – Spuštění komorové fibrilace v době zranitelnosti – Účinky patrné na elektrokardiogramu (EKG) a na krevním tlaku 39

Obrázek 19 – Experimentálně získané hodnoty fibrilací pro psy, vepře a ovce a hodnoty fibrilací pro osoby vypočítané na základě statistik úrazů elektrickým proudem při příčném průtoku proudu z ruky do ruky a při střídavých dotykových napětích  $U_T = 220 \text{ V}$  a  $380 \text{ V}$  při impedancích lidského těla  $Z_T$  (5 %) 40

Obrázek 20 – Konvenční zóny čas/proud účinků střídavých proudů (15 Hz až 100 Hz) na osoby pro dráhu proudu odpovídající dráze z levé ruky do chodidel (vysvětlení viz v tabulce 11) 41

Obrázek 21 – Oscilogram dotykových napětí  $U_T$  a dotykových proudů  $I_T$  pro stejnosměrný proud, dráhu proudu z ruky do ruky, velkou plochu kontaktního povrchu v suchých podmínkách 41

Obrázek 22 – Konvenční zóny čas/proud účinků stejnosměrných proudů na osoby pro podélnou dráhu proudu směřujícího vzhůru (vysvětlení viz v tabulce 13) 42

Obrázek 23 – Proudý odpoutání pro sinusový průběh proudu 60 Hz 42

Strana

## Tabulky

Tabulka 1 – Celkové impedance těla  $Z_T$  pro dráhu střídavého proudu o kmitočtu 50/60 Hz z ruky do ruky pro velké plochy kontaktního povrchu za suchých podmínek 13

Tabulka 2 – Celkové impedance těla  $Z_T$  pro dráhu střídavého proudu o kmitočtu 50/60 Hz z ruky do ruky pro velké plochy kontaktního povrchu za podmínek vodní vlhkosti 14

Tabulka 3 – Celkové impedance těla  $Z_T$  pro dráhu střídavého proudu o kmitočtu 50/60 Hz z ruky do ruky pro velké plochy kontaktního povrchu za podmínek způsobených slanou vodou 15

Tabulka 4 – Celkové impedance těla  $Z_T$  pro dráhu střídavého proudu z ruky do ruky pro střední plochy kontaktního povrchu za suchých podmínek při střídavých dotykových napětích  $U_T = 25 \text{ V}$  až  $200 \text{ V}$ , 50/60 Hz (hodnoty jsou zaokrouhleny v řádu 25 W) 16

Tabulka 5 – Celkové impedance těla  $Z_T$  pro dráhu střídavého proudu z ruky do ruky pro střední plochy kontaktního povrchu za podmínek vodní vlhkosti při střídavých dotykových napětích  $U_T = 25$  V až 200 V, 50/60 Hz (hodnoty jsou zaokrouhleny v řádu 25 W) 16

Tabulka 6 – Celkové impedance těla  $Z_T$  pro dráhu střídavého proudu z ruky do ruky pro střední plochy kontaktního povrchu za podmínek způsobených slanou vodou při střídavých dotykových napětích  $U_T = 25$  V až 200 V, 50/60 Hz (hodnoty jsou zaokrouhleny v řádu 5 W) 17

Tabulka 7 – Celkové impedance těla  $Z_T$  pro dráhu střídavého proudu z ruky do ruky pro malé plochy kontaktního povrchu za suchých podmínek při střídavých dotykových napětích  $U_T = 25$  V až 200 V, 50/60 Hz (hodnoty jsou zaokrouhleny v řádu 25 W) 17

Tabulka 8 – Celkové impedance těla  $Z_T$  pro dráhu střídavého proudu z ruky do ruky pro malé plochy kontaktního povrchu za podmínek vodní vlhkosti při střídavých dotykových napětích  $U_T = 25$  V až 200 V, 50/60 Hz (hodnoty jsou zaokrouhleny v řádu 25 W) 17

Tabulka 9 – Celkové impedance těla  $Z_T$  pro dráhu střídavého proudu z ruky do ruky pro malé plochy kontaktního povrchu za podmínek způsobených slanou vodou při střídavých dotykových napětích  $U_T = 25$  V až 200 V, 50/60 Hz (hodnoty jsou zaokrouhleny v řádu 5 W) 18

Tabulka 10 – Celkové rezistance těla  $R_T$  pro dráhu stejnosměrného proudu z ruky do ruky pro velké plochy kontaktního povrchu za suchých podmínek 19

Tabulka 11 – Zóny čas/proud pro střídavý proud o kmitočtu 15 Hz až 100 Hz pro dráhu proudu z ruky do chodidel – Přehled zón z obrázku 20 21

Tabulka 12 – Faktor proudu procházejícího srdcem  $F$  pro různé dráhy proudu 22

Tabulka 13 – Zóny čas/proud pro stejnosměrný proud pro dráhu proudu z ruky do chodidel – Přehled zón z obrázku 22 24

Tabulka A.1 – Celkové impedance lidského těla  $Z_T$ , elektrody typu A pro suché podmínky a součinitele odchyly  $F_D$  (5 % a 95 %) 44

Tabulka A.2 – Celkové impedance lidského těla  $Z_T$ , elektrody typu B pro suché podmínky, podmínky vodní vlhkosti a vlhkosti způsobené slanou vodou a součinitele odchyly  $F_D$  (5 % a 95 %) 44

Tabulka A.3 – Celkové impedance lidského těla  $Z_T$ , pro suché podmínky, podmínky vodní vlhkosti a vlhkosti způsobené slanou vodou a součinitele odchyly  $F_D$  (5 % a 95 %) 44

Tabulka A.4 – Součinitele odchyly  $F_D$  (5 %) a  $F_D$  (95 %) pro suché podmínky a pro podmínky vodní vlhkosti při dotykových napětích v rozsahu  $U_T = 25$  V až 400 V pro velké, střední a malé kontaktní povrchy 45

Tabulka D.1 – 50 procentní hodnoty pro celkovou impedanci těla pro dráhu proudu od rukou k chodidlům, střední plochu kontaktního povrchu pro ruce, velkou pro chodidla, redukční součinitel 0,8, pro suché podmínky, dotykové proudy  $I_T$  a elektrofyziologické účinky 49

## Předmluva

1. IEC (Mezinárodní elektrotechnická komise) je celosvětová normalizační organizace zahrnující všechny národní elektrotechnické komitety (národní komitety IEC). Cílem IEC je podporovat mezinárodní spolupráci ve všech otázkách, které se týkají normalizace v oblasti elektrotechniky a elektroniky. Za tím účelem, kromě jiných činností, IEC vydává mezinárodní normy, technické specifikace, technické zprávy, veřejně dostupné specifikace (PAS) a pokyny (dále „publikace IEC“). Jejich vypracování je svěřeno technickým komisím, každý národní komitét IEC, který se zajímá o projednávaný předmět, se může těchto prací zúčastnit. Mezinárodní vládní i nevládní organizace, s nimiž IEC navázala pracovní styk, se těchto prací rovněž zúčastňují. IEC úzce spolupracuje s Mezinárodní organizací pro normalizaci (ISO) v souladu s podmínkami dohodnutými mezi těmito dvěma organizacemi.
2. Oficiální rozhodnutí nebo dohody IEC týkající se technických otázek vyjadřují v největší možné míře mezinárodní shodu v názoru na předmět, kterého se týkají, protože v každé technické komisi jsou zastoupeny všechny zainteresované národní komitety.
3. Publikace IEC mají formu doporučení pro mezinárodní používání a v tomto smyslu jsou přijímány národními komitety IEC. Přestože je věnováno velké úsilí tomu, aby byl obsah publikací IEC přesný, IEC nemůže nést odpovědnost za způsob, jakým jsou používány, nebo za jakoukoliv chybnou interpretaci uživatelem.
4. Na podporu mezinárodního sjednocení národní komitety IEC transparentně přejímají publikace IEC v maximální možné míře do svých národních a regionálních publikací. Každý rozdíl mezi publikací IEC a odpovídající národní nebo regionální publikací v nich musí být jasně vyznačen.
5. IEC se nezabývá ověřováním shody. Služby posuzování shody a v některých oblastech přístup ke značkám shody poskytují nezávislé certifikační orgány. IEC nenes odpovědnost za žádné služby prováděné nezávislými certifikačními orgány.
6. Všichni uživatelé se mají ujistit, že mají poslední vydání této publikace.
7. IEC ani její řídicí pracovníci, zaměstnanci, pomocné síly nebo zástupci, včetně samostatných expertů a členů technických komisí a národních komisí IEC, neodpovídají za jakékoliv zranění osob, poškození majetku nebo poškození čehokoliv, ať už přímé, nebo nepřímé, ani za náklady (včetně právních poplatků) a výdaje spojené s publikováním, používáním a spoléháním se na tuto publikaci IEC nebo na jiné publikace IEC.
8. Je věnována pozornost normativním odkazům citovaným v této publikaci. Používání citovaných publikací je nezbytné ke správnému používání této publikace.
9. Upozorňuje se na možnost, že některé prvky této publikace IEC mohou být předmětem patentových práv. IEC nelze činit odpovědnou za identifikaci jakéhokoliv nebo všech patentových práv.

Hlavním úkolem technických komisí IEC je vypracovat mezinárodní normy. Ve zvláštních případech mohou technické komise navrhnout vydání technické specifikace, jestliže

- navzdory opakovaným úsilím nelze získat potřebnou podporu ke schválení jako mezinárodní normy, nebo
- předmětná záležitost je stále ve stadiu technického vývoje, nebo z jakéhokoliv jiného důvodu znemožňující její okamžité schválení jako mezinárodní normy.

Technické specifikace podléhají do tří let od vydání revizi, aby se rozhodlo, zda mohou být převedeny na mezinárodní normy.

Tuto technickou specifikaci, vypracovala technická komise IEC/TC 64 *Elektrické instalace a ochrana před úrazem elektrickým proudem*.

Toto čtvrté vydání zrušuje a nahrazuje třetí vydání vydané jako technická zpráva v roce 1994 a je jeho technickou revizí.

Hlavní změny vzhledem k předchozímu vydání jsou vyjmenovány níže:

- Závislost celkové impedance lidského těla  $Z_T$  pro 50 procentní soubor populace živých lidských bytostí pro větší, průměrné a malé povrchové plochy kontaktu pro suché, mokré a slane mokré podmínky na střídavých

dotykových napětích od  $U_T = 25$  V do 200 V 50/60 Hz.

- Oscilogramy dotykových napětí  $U_T$  a dotykových proudů  $I_T$  pro střídavé proudy, proudovou dráhu ruka-ruka, velkou povrchovou plochu kontaktu pro suché podmínky převzaté z měření uvedených na obrázku 16 s odpovídajícími vysvětleními v textu.
- Data fibrilací pro psy, prasata a ovce získaná z experimentů a vypočítaná pro osoby ze statistických údajů o úrazech elektrickým proudem ve směru toku proudu ruka-ruka a střídavá dotyková napětí  $U_T = 220$  V až 380 V pro impedanci těla  $Z_T$  (5 %) uvedených na obrázku 19 s odpovídajícími vysvětleními v textu.
- Změna křivky „b“ v obrázku 20 z 10 mA na 5 mA: konvenční zóny čas/proud účinků střídavého proudu (15 Hz až 100 Hz) na osoby s odpovídajícími vysvětleními v hlavním textu.
- Proudové odpoutání pro sinusový průběh proudu 60 Hz uvedené na obrázku 23 s odpovídajícími vysvětleními v hlavním textu.
- Nové uspořádání základní části normy.

Tato technická specifikace má status základní bezpečnostní publikace v souladu s Pokynem IEC 104.

Text této technické specifikace vychází z těchto dokumentů:

Dotazník	Zpráva o hlasování
64/1427/DTS	64/1463/RVC

Úplné informace o hlasování při schvalování této technické specifikace je možné nalézt ve zprávě o hlasování uvedené v tabulce.

Tato publikace byla vypracována podle směrnic ISO/IEC, část 2.

IEC 60479 se společným názvem *Účinky proudu na člověka a domácí zvířectvo* se skládá z těchto částí.

*Část 1: Obecná hlediska*

*Část 2: Zvláštní hlediska<sup>1)</sup>*

*Kapitola 4: Účinky střídavého proudu o kmitočtech nad 100 Hz*

*Kapitola 5: Účinky zvláštních průběhů proudu*

*Kapitola 6: Účinky jednorázových jednosměrných krátkodobých impulsních proudů*

*Část 3: Účinky proudů protékajících těly domácích zvířat<sup>1)</sup>*

*Část 4: Účinky úderů blesku<sup>1)</sup>*

*Část 5: Mezní hodnoty dotykových napětí z hlediska fyziologických účinků<sup>1)</sup>*

Komise rozhodla, že obsah základní publikace a jejích změn se nebude měnit až do výsledného data aktualizace uvedeného na webových stránkách IEC (<http://webstore.iec.ch>) v údajích o této publikaci. K tomuto datu bude publikace buď

- převedena na mezinárodní normu,
- znovu potvrzena;
- zrušena;
- nahrazena revidovaným vydáním, nebo
- změněna.



## Úvod

Tato technická specifikace zajišťuje základní poučení o účincích elektrického proudu na lidské bytosti a zvířectvo z hlediska úrazu pro stanovení požadavků na elektrickou bezpečnost.

Aby se zabránilo omylům ve výkladu této specifikace, zdůrazňuje se, že údaje v ní obsažené vycházejí hlavně z pokusů na zvířatech a z informací, které jsou k dispozici z klinických pozorování. Jen několik pokusů zasažení šokovým elektrickým proudem krátké doby trvání bylo provedeno na živých lidech.

Na základě současných znalostí vycházejících hlavně z výzkumu na zvířatech jsou tyto hodnoty tak konzervativní, že se zpráva vztahuje na osoby v normálních fyziologických podmínkách včetně dětí bez ohledu na jejich věk a hmotnost.

Existují však další hlediska, která mají být brána v úvahu, jako je pravděpodobnost poruch, pravděpodobnost dotyku s živými nebo vadnými částmi, poměr mezi dotykovým napětím a napětím při poruše, získané zkušenosti, technická proveditelnost a hospodárnost. Pro stanovení bezpečnostních požadavků, např. pracovních charakteristik ochranných zařízení v elektrických instalacích, musejí být tyto parametry pečlivě zváženy.

Byla přijata forma specifikace, poněvadž shrnuje dosud dosažené výsledky, které technická komise 64 využívá jako základ pro stanovení požadavků na ochranu před elektrickým úrazem. Tyto výsledky se považují za natolik závažné, aby zdůvodňovaly normu IEC, která může též sloužit jako pokyn pro jiné komise IEC a země, které takovou informaci potřebují.

Tato technická specifikace platí zejména pro meze komorové fibrilace, která je hlavní příčinou úmrtí v důsledku úrazu elektrickým proudem. Rozbor výsledků posledních výzkumných prací z oblasti fyziologie srdce a prahu fibrilace umožnily lépe pochopit vliv hlavních fyzikálních parametrů a zejména vliv doby průchodu proudu.

IEC 60479-1 obsahuje informace o impedanci těla a mezních hodnotách proudu z hlediska různých fyziologických účinků. Tyto informace mohou být vzájemně zkombinovány, aby se z nich odvodily odhadnuté meze střídavých a stejnosměrných dotykových napětí pro určité dráhy lidským tělem, podmínky vlhkosti místa dotyku a dotýkající se kůže v kontaktních místech. Informace o mezích dotykových napětí z hlediska fyziologických účinků je obsažena v IEC 61201.

Tato specifikace se vztahuje zvláště na účinky elektrického proudu. Jestliže se vyhodnocují škodlivé účinky jakýchkoliv událostí na lidské bytosti a zvířectvo, je nutno brát v úvahu i jiné než elektrické účinky, jako jsou pády, žár, oheň a další. Tyto záležitosti nespádají do rozsahu této specifikace, ale mohou být ze svého pohledu nesmírně závažné.

Poslední výzkumné práce se zabývaly také dalšími fyzikálními parametry úrazu, zejména tvarem vlny a kmitočtem proudu a impedancí lidského těla. Tato čtvrtá revize IEC 60479-1 by měla být považovaná za pokračování logického vývoje a rozvinutí třetího vydání.

Článek 2 IEC 60479-1 (třetí vydání) o impedanci lidského těla obsahoval málo informací o závislosti impedance na ploše dotýkaného povrchu, a to pouze za suchých podmínek.

Proto byla provedena měření na 10 osobách s použitím středních a malých ploch kontaktního povrchu za podmínek suchého stavu, vodní vlhkosti a vlhkosti dosažené slanou vodou, dráhy proudu ruka - ruka při střídavém dotykovém napětí 25 V, 50 Hz. Z těchto měření byly vypočítány hodnoty impedancí pro procentní rozsahy 5 %, 50 % a 95 % (tj. pro kolik procent z lidské populace se tyto hodnoty uvažují).

V důsledku nepříjemných pocitů a možných neodmyslitelných nebezpečí, byla měření při použití větších kontaktních povrchů (řádově o velikosti 10 000 mm<sup>2</sup>) za podmínek suchého stavu, vodní vlhkosti a vlhkosti dosažené slanou vodou a malých ploch kontaktního povrchu (řádově o velikosti 1 000 mm<sup>2</sup> a 100 mm<sup>2</sup>) za suchého stavu při střídavých dotykových napětích od 25 V až do 200 V včetně provedena pouze na jedné osobě. S použitím součinitelů odchylky bylo nicméně možno odvodit hodnoty celkové impedance lidského těla  $Z_T$  pro procentní rozsahy 5 %, 50 % a 95 % z lidské populace. Na stejné osobě bylo provedeno měření s ještě menší plochou kontaktního povrchu (10 mm<sup>2</sup> a 1 mm<sup>2</sup>) a mezi špičkami prstů.

Pro výpočet celkové impedance lidského těla  $Z_T$  pro procentní rozsahy 5 %, 50 % a 95 % z lidské populace pro velké plochy kontaktního povrchu pro dotyková napětí nad 200 V až do 700 V a vyšší až k asymptotickým hodnotám byla použita metoda přizpůsobení hodnot  $Z_T$  měřených na tělech těch osob použitých pro druhé vydání IEC 60479-1 vylepšená tím, že se vzala v úvahu rozdílná teplota mrtvých těl během měření oproti teplotě 37 °C pro lidi.

Je představen současný stav znalostí o střídavé impedanci  $Z_T$  lidského těla pro větší, střední a malé kontaktní povrchy za podmínek suchého stavu, vodní vlhkosti a vlhkosti dosažené slanou vodou a stejnosměrné rezistance  $R_T$  lidského těla pro větší kontaktní povrchy za suchého stavu.

Za zmínku stojí, že meze, pokud se řádově týká jejich velikosti, platí pro veškeré osoby (muže, ženy a děti) nezávisle na stavu jejich zdraví. V tomto ohledu se často vyjadřují určité obavy. Jestliže však se prozkoumá pozadí těchto námitek, tak se objeví, že vyjadřují názor bez experimentálního důkazu. Některá měření ukazují, že mez vnímání a mez uvolnění (odpoutání) jsou nižší pro ženy než pro muže. Totéž může platit i pro děti.

Navíc je v článku 5 zaveden faktor proudu procházejícího srdcem  $F$  pro dráhu proudu noha – noha. To je důležité z hlediska elektrických rizik, jejichž příčinou jsou kroková napětí.

## 1 Rozsah platnosti

U dané dráhy průchodu proudu přes lidské tělo závisí nebezpečí pro osoby zejména na velikosti a době působení proudu. Nicméně zóny doba/proud stanovené v následujících člancích nejsou v mnoha případech přímo uplatnitelné v praxi pro navrhování ochrany před elektrickým úrazem, neboť nutným kritériem je přípustná mez dotykového napětí (tj. součin proudu procházejícího tělem a impedance těla) jako funkce času. Vztah mezi proudem a napětím není lineární, poněvadž impedance lidského těla se mění s dotykovým napětím, a proto se vyžadují údaje o tomto vztahu. Různé části lidského těla – jako je kůže, krev, svaly, jiné tkáně a klouby – představují pro elektrický proud určitou impedanci složenou z odporových a kapacitních složek.

Hodnoty těchto impedancí jsou závislé na počtu faktorů a zejména na dráze proudu, na dotykovém napětí, trvání průtoku proudu, kmitočtu, stupni vlhkosti kůže, ploše kontaktního povrchu, tlaku, který působí, a na teplotě.

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

Znalost účinků střídavého proudu je založena především na zjištěních, vztahujících se na účinky proudu při kmitočtech 50 Hz nebo 60 Hz, které jsou v elektrických instalacích nejběžnější. Uvedené hodnoty se však považují za uplatnitelné v kmitočtovém rozsahu od 15 Hz do 100 Hz, přičemž prahové hodnoty na mezích tohoto rozsahu jsou vyšší než při 50 Hz nebo 60 Hz. V zásadě se při osudových úrazech elektrickým proudem za hlavní mechanismus způsobující smrt považuje nebezpečí komorové fibrilace.

Úrazy stejnosměrným proudem jsou mnohem méně časté, než by se očekávalo z rozsahu používání stejnosměrného proudu a smrtelné úrazy se vyskytují pouze za velmi nepříznivých podmínek, například v dolech. Děje se tak částečně proto, že u stejnosměrného proudu je odpoutání od uchopených částí méně nesnadné a že u doby trvání zasažení elektrickým proudem delším, než je perioda srdečního cyklu, zůstává práh komorové fibrilace podstatně vyšší než u střídavého proudu.

POZNÁMKA Soubor IEC 60479 obsahuje informace o impedanci lidského těla a mezích proudů protékajících lidským tělem z hledisek různých fyziologických účinků. Tyto informace mohou být kombinovány, aby se odvodily meze střídavého a stejnosměrného dotykového napětí pro určité proudové dráhy tělem, podmínky vlhkosti na kontaktním povrchu a ploše kontaktního povrchu kůže. Informace o mezích dotykových napětí pro fyziologické účinky je obsažena v IEC 61201.

Konec náhledu - text dále pokračuje v placené verzi ČSN.