
Vplivi električnega toka na ljudi in živali – 2. del: Posebnosti

Effects of current on human beings and livestock – Part 2: Special aspects

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[SIST IEC 60479-2:2020](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fbcc73c0-b518-4b4b-b7a0-3f4fb24bcf96/sist-iec-60479-2-2020>



Referenčna oznaka
SIST IEC 60479-2:2020 (sl)

Nadaljevanje na straneh 2 do 53

ICS 13.200; 29.020

NACIONALNI UVOD

Standard SIST IEC 60479-2 (sl), Vplivi električnega toka na ljudi in živali – 2. del: Posebnosti, 2020, ima status slovenskega standarda in je istoveten mednarodnemu standardu IEC 60479-2 (en), Effects of current on human beings and livestock – Part 2: Special aspects, 2019.

NACIONALNI PREDGOVOR

Mednarodni standard IEC 60479-2:2019 je pripravil tehnični odbor IEC/TC 64 Električne inštalacije in zaščita pred električnim šokom.

Slovenski standard SIST IEC 60479-2:2020 je prevod mednarodnega standarda IEC 60479-2:2019. V primeru spora glede besedila slovenskega prevoda v tem standardu je odločilen izvirni mednarodni standard v angleškem jeziku. Slovensko izdajo standarda je potrdil tehnični odbor SIST/TC ELI Nizkonapetostne in komunikacijske električne inštalacije.

Odločitev za privzem tega standarda je junija 2020 sprejel tehnični odbor SIST/TC ELI Nizkonapetostne in komunikacijske električne inštalacije.

ZVEZA Z NACIONALNIMI STANDARDI

S privzemom tega evropskega standarda veljajo za omejeni namen referenčnih standardov vsi standardi, navedeni v izvirniku, razen tistih, ki so že sprejeti v nacionalno standardizacijo:

SIST IEC 60479-1:2020 Vplivi električnega toka na ljudi in živali – 1. del: Splošno

SIST EN 60990 Metode merjenja toka dotika in toka v zaščitnem vodniku

OSNOVA ZA IZDAJO STANDARDA

- privzem standarda IEC 60479-2:2019

[SIST IEC 60479-2:2020](#)

OPOMBI <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fbcc73c0-b518-4b4b-b7a0-3f4fb24bcf96/sist-iec-60479-2-2020>

- Povsod, kjer se v besedilu standarda uporablja izraz "mednarodni standard", v SIST IEC 60479-2:2020 to pomeni "slovenski standard".
- Nacionalni uvod in nacionalni predgovor nista sestavna dela standarda.

VSEBINA	Stran
Predgovor	6
Uvod	8
1 Področje uporabe	9
2 Zveze s standardi	9
3 Izrazi in definicije	10
4 Učinki izmeničnih tokov s frekvencami nad 100 Hz	12
4.1 Splošno.....	12
4.2 Učinki izmeničnega toka v frekvenčnem območju nad 100 Hz in do vključno 1 000 Hz	12
4.2.1 Prag zaznavanja.....	12
4.2.2 Prag sprostitve.....	13
4.2.3 Prag ventrikularne fibrilacije	14
4.3 Učinki izmeničnega toka v frekvenčnem območju nad 1 000 Hz in do vključno 10 000 Hz	14
4.3.1 Prag zaznavanja.....	14
4.3.2 Prag sprostitve.....	15
4.3.3 Prag ventrikularne fibrilacije	16
4.4 Učinki izmeničnega toka v frekvenčnem območju nad 10 000 Hz	16
4.4.1 Splošno.....	16
4.4.2 Prag zaznavanja.....	16
4.4.3 Prag sprostitve.....	16
4.4.4 Prag ventrikularne fibrilacije	16
4.4.5 Drugi učinki	17
5 Učinki posebnih valovnih oblik toka.....	17
5.1 Splošno.....	17
5.2 Enakovrednost velikosti, frekvence in praga	17
5.3 Učinki izmeničnega toka z enosmernimi komponentami	18
5.3.1 Valovne oblike in frekvence ter tokovni pragi	18
5.3.2 Prag odziva na strah.....	19
5.3.3 Prag sprostitve.....	19
5.3.4 Prag ventrikularne fibrilacije	20
6 Učinki izmeničnega toka s faznim krmiljenjem	23
6.1 Valovne oblike in frekvence ter tokovni pragi	23
6.2 Prag odziva na strah in prag sprostitve	24
6.3 Prag ventrikularne fibrilacije	25
6.3.1 Splošno.....	25
6.3.2 Simetrično krmiljenje	25
6.3.3 Nesimetrično krmiljenje	25
7 Učinki izmeničnega toka z večperiodnim krmiljenjem	26
7.1 Valovne oblike in frekvence.....	26
7.2 Prag odziva na strah in prag sprostitve	26
7.3 Prag ventrikularne fibrilacije	26

7.3.1 Splošno	26
7.3.2 Trajanja udara, daljša od 1,5-kratne periode srčnega cikla	27
7.3.3 Trajanja udara, krajša od 0,75-kratne periode srčnega cikla	27
8 Ocena enakovrednosti tokovnega praga za mešane frekvence	27
8.1 Prag zaznavanja in sprostitve	27
8.2 Prag ventrikularne fibrilacije	28
9 Učinki rafalov udarov toka in naključnih zapletenih nepravilnih valovnih oblik	28
9.1 Prag ventrikularne fibrilacije pri večkratnih udarilih toka, medsebojno ločenih za 300 ms ali več	28
9.2 Prag ventrikularne fibrilacije pri večkratnih udarilih toka, medsebojno ločenih za manj kot 300 ms	28
9.2.1 Splošno	28
9.2.2 Primeri	29
9.2.3 Naključne zapletene nepravilne valovne oblike	31
10 Učinki električnega toka skozi potopljeno človeško telo	33
10.1 Splošno	33
10.2 Specifična upornost vodnih raztopin in človeškega telesa	33
10.3 Prevajani tok skozi potopljeno telo	35
10.4 Fiziološki učinki toka skozi potopljeno telo	35
10.5 Vrednosti tokovnih pragov	36
10.6 "Lastnovarne" vrednosti napetosti	36
11 Učinki kratkotrajnih posameznih udarov enosmernega toka	37
11.1 Splošno	37
11.2 Učinki kratkotrajnih udarov enosmernega toka	37
11.2.1 Valovne oblike	37
11.2.2 Ugotavljanje specifične fibrilacijske energije F_e	38
11.3 Prag zaznavanja in prag bolečine za praznjenje kondenzatorja	39
11.4 Prag ventrikularne fibrilacije	41
11.4.1 Splošno	41
11.4.2 Primeri	42
Dodatek A (informativni): Analiza naključne zapletene nepravilne valovne oblike	44
A.1 Splošno	44
A.2 Formalna teoretična izjava metode	44
A.3 Prikaz izračuna	45
A.3.1 Splošno	45
A.3.2 Izbera nastavljenega toka	47
A.3.3 Izbera velikosti koraka vzorčenja	47
A.4 Primera 1 in 2	48
Literatura	51
Slika 1: Spreminjanje praga zaznavanja v frekvenčnem območju 50/60 Hz do 1 000 Hz	13
Slika 2: Spreminjanje praga sprostitve v frekvenčnem območju 50/60 Hz do 1 000 Hz	13

Slika 3: Spreminjanje praga ventrikularne fibrilacije v frekvenčnem območju 50/60 Hz do 1 000 Hz pri trajanju udarov, daljšem od enega srčnega cikla, in vzdolžnih poti toka skozi trup telesa	14
Slika 4: Spreminjanje praga zaznavanja v frekvenčnem območju 1 000 Hz do 10 000 Hz	15
Slika 5: Spreminjanje praga sprostitev v frekvenčnem območju 1 000 Hz do 10 000 Hz.....	15
Slika 6: Spreminjanje praga ventrikularne fibrilacije pri stalnem sinusnem toku (1 000 Hz do 150 kHz)	16
Slika 7: Valovne oblike tokov.....	18
Slika 8: Pragi sprostitev za moške, ženske in otroke	19
Slika 9: 99,5-odstotni prag sprostitev za kombinacije sinusnega izmeničnega toka 50/60 Hz in enosmernega toka	20
Slika 10: Sestavljen izmenični in enosmerni tok z enako verjetnostjo nastanka ventrikularne fibrilacije	21
Slika 11: Valovne oblike usmerjenih izmeničnih tokov	22
Slika 12: Valovne oblike izmeničnih tokov s faznim krmiljenjem	24
Slika 13: Valovne oblike izmeničnih tokov, izračunanih s faktorjem večperiodnega krmiljenja	26
Slika 14: Prag ventrikularne fibrilacije (povprečna vrednost) za izmenični tok z večperiodnim krmiljenjem za različne kote krmiljenja (rezultati poskusov z mladimi prašiči)	27
Slika 15: Serija štirih pravokotnih udarov enosmernega toka	29
Slika 16: Serija štirih pravokotnih udarov enosmernega toka	30
Slika 17: Serija štirih pravokotnih udarov enosmernega toka	31
Slika 18: Primer časovne odvisnosti toka čez kontaminiran izolator	32
Slika 19: PC, prikazan na krivuljah čas-tok izmeničnega toka (IEC 60479-1:2018, slika 20)	33
Slika 20: Oblike tokov za pravokotne udare, sinusne udare in toke pri razelektritvi kondenzatorja	38
Slika 21: Pravokotni udar, sinusni udar in praznjenje kondenzatorja imajo isto specifično fibrilacijsko energijo in isto trajanje udara	39
https://standards.iec.ch/catalog/standards/sist/iec/60479-2-2020/section-2/2020/sistema-izmenicnega-toka-pri-raz elektritvi-kondenzatorja-suhimi-roki-obsezena-sticna-povrsina	40
Slika 22: Prag zaznavanja in prag bolečine za tok, ki je posledica praznjenja kondenzatorja (suhí roki, obsežna stična površina)	40
Slika 23: Verjetnost tveganja fibrilacije za tok, ki teče po poti leva roka–stopala	41
Slika A.1: Definicija odseka naključne zapletene valovne oblike	44
Slika A.2: Definicija trajanja znotraj vzorca	44
Slika A.3: PC za prikaz primera metode za naključno zapleteno valovno obliko, narisano glede na krivulje čas-tok za efektivno vrednost izmeničnega toka	47
Slika A.4: Tipična naključna zapletena valovna oblika, ena od uporabljenih v primeru 1	48
Slika A.5: Tipična naključna zapletena valovna oblika, ena od uporabljenih v primeru 2	49
Slika A.6: PC za primera 1 in 2 metode z naključno zapleteno valovno obliko, narisano glede na krivulje čas-tok za efektivno vrednost izmeničnega toka	50
Preglednica 1: Ocena praga ventrikularne fibrilacije po vsakem udaru toka v seriji udarov, od katerih vsak tako vzbudi srčno tkivo, da sproži ventrikularne odzive	29
Preglednica 2: Specifična upornost vodnih raztopin [24], [25]	34
Preglednica 3: Specifična upornost tkiv človeškega telesa.....	34
Preglednica 4: Relativni medsebojni vpliv med specifično upornostjo vodne raztopine in karakteristikami impedance električnega vira	35
Preglednica 5: Učinki udarov.....	42
Preglednica 6 – Učinki udarov.....	43

MEDNARODNA ELEKTROTEHNIŠKA KOMISIJA

VPLIVI TOKA NA LJUDI IN ŽIVALI –

2. del: Posebnosti

Predgovor

1. Mednarodna elektrotehniška komisija (IEC) je svetovna organizacija za standardizacijo, ki združuje vse nacionalne elektrotehnične komiteje (nacionalni komiteji IEC). Cilj IEC je pospeševati mednarodno sodelovanje v vseh vprašanjih standardizacije s področja elektrotehnike in elektronike. V ta namen poleg drugih aktivnosti izdaja mednarodne standarde, tehnične specifikacije, tehnična poročila, javno dostopne specifikacije (PAS) in vodila (v nadaljevanju: publikacije IEC). Za njihovo pripravo so odgovorni tehnični odbori; vsak nacionalni komite IEC, ki ga zanima obravnavana tema, lahko sodeluje v tem pripravljalnem delu. Prav tako lahko v pripravi sodelujejo mednarodne organizacije ter vladne in nevladne ustanove, ki so povezane z IEC. IEC deluje v tesni povezavi z mednarodno organizacijo za standardizacijo ISO skladno s pogoji, določenimi v soglasju med obema organizacijama.
2. Uradne odločitve ali sporazumi IEC o tehničnih vprašanjih, pripravljeni v tehničnih odborih, kjer so prisotni vsi nacionalni komiteji, ki jih tema zanima, izražajo, kolikor je mogoče, mednarodno soglasje o obravnavani temi.
3. Publikacije IEC imajo obliko priporočil za mednarodno uporabo ter jih kot takšne sprejmejo nacionalni komiteji IEC. Čeprav IEC skuša zagotavljati natančnost tehničnih vsebin v publikacijah IEC, IEC ni odgovoren za način uporabe ali za možne napačne interpretacije končnih uporabnikov.
4. Da bi se pospeševalo mednarodno poenotenje, so nacionalni komiteji IEC v svojih nacionalnih in regionalnih standardih dolžni čim pregledejte uporabljati mednarodne standarde. Vsako odstopanje med standardom IEC in ustreznim nacionalnim ali regionalnim standardom je treba v slednjem jasno označiti.
5. IEC sam ne izvaja potrjevanja (stavki in tehnika). Storitve ugotavljanja skladnosti in na nekaterih območjih tudi dostop do znakov skladnosti IEC izvajajo neodvisni certifikacijski organi. IEC ni določil nobenega postopka v zvezi z označevanjem kot znakom strinjanja in ne prevzema nikakršne odgovornosti za storitve, ki jih izvajajo neodvisni certifikacijski organi.
6. Vsi uporabniki naj bi si zagotovili zadnjo izdajo teh publikacij.
<https://standards.iec.ch/catalog/standards/sist/fbcc73c0-b518-4b4b-b7a0-3f4fb24bcf96/sist-standards>
7. IEC ali njegovi direktorji, zaposleni, uslužbenci ali agenti, vključno s samostojnimi strokovnjaki ter člani tehničnih odborov in nacionalnih komitejev IEC, ne prevzemajo nobene odgovornosti za kakršnokoli osebno poškodbo, škodo na premoženju ali katerokoli drugo škodo kakršnekoli vrste, bodisi posredne ali neposredne, ali za stroške (vključno z zakonitim lastništvom) in izdatke, povezane s publikacijo, njenou uporabo ali zanašanjem na to publikacijo IEC ali katerokoli drugo publikacijo IEC.
8. Posebno pozornost je treba posvetiti normativnim virom, na katere se sklicuje ta publikacija. Uporaba navedenih publikacij je nujna za pravilno uporabo te publikacije.
9. Opozoriti je treba na možnost, da bi lahko bil kateri od elementov tega mednarodnega standarda predmet patentnih pravic. IEC ne odgovarja za identifikacijo nobene od teh patentnih pravic.

Mednarodni standard IEC 60479-2 je pripravil tehnični odbor IEC/TC 64 Električne inštalacije in zaščita pred električnim udarom.

Ta prva izdaja razveljavlja in nadomešča IEC/TS 60479-2:2017. Ta izdaja predstavlja tehnično spremembo.

Ta izdaja vključuje naslednje pomembne tehnične spremembe glede na IEC/TS 60479-2:2017:

- a) spremenjen je status iz tehnične specifikacije v mednarodni standard.

Dokument ima status osnovne varnostne publikacije v skladu z IEC Vodilom 104.

Besedilo tega mednarodnega standarda temelji na naslednjih dokumentih:

CDV	Poročilo o glasovanju
64/2300/CDV	64/2362/RVC

Vse informacije o glasovanju za potrditev tega mednarodnega standarda so v poročilu o glasovanju, navedenem v gornji preglednici.

Ta dokument je bil pripravljen v skladu z 2. delom Direktiv ISO/IEC.

Seznam vseh delov v skupini IEC 60479, objavljen pod splošnim naslovom *Vplivi električnega toka na ljudi in živali*, je na voljo na spletnih straneh IEC.

Tehnični odbor je sklenil, da bo vsebina tega standarda ostala nespremenjena do datuma stabilnosti, ki je določen na spletni strani IEC "http://webstore.iec.ch" pri podatkih za to publikacijo. Po tem datumu bo dokument:

- ponovno potrjen,
- razveljavljen,
- zamenjan z novo izdajo ali
- dopolnjen.

Dvojezična različica te publikacije je lahko izdana pozneje.

POMEMBNO: Logotip "v barvah" na platnicah te publikacije opozarja, da vsebuje barve, ki so potrebne za pravilno razumevanje njene vsebine. Uporabniki naj zato tiskajo ta dokument z barvnim tiskalnikom.

[SIST IEC 60479-2:2020](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fbcc73c0-b518-4b4b-b7a0-3f4fb24bcf96/sist-iec-60479-2-2020>

Uvod

Da bi se izognili napačnim interpretacijam tega dokumenta, je treba poudariti, da so podatki v njem pridobljeni večinoma s poskusi na živalih in z razpoložljivimi informacijami iz kliničnih opazovanj. Le nekaj preskusov udarov s kratkotrajnimi toki je bilo izvedenih na živih ljudeh.

Opisani so učinki toka, ki teče skozi človeško telo, za:

- sinusni izmenični tok z enosmernimi komponentami,
- sinusni izmenični tok s faznim krmiljenjem,
- sinusni izmenični tok z večperiodnim krmiljenjem,
- enakovrednost tokovnih pragov za mešane frekvence,
- rafale udarov toka in zapletene nepravilne valovne oblike,
- električni tok skozi potopljeno človeško telo in
- kratkotrajne posamezne udare enosmernega toka.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[SIST IEC 60479-2:2020](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fbcc73c0-b518-4b4b-b7a0-3f4fb24bcf96/sist-iec-60479-2-2020>

Učinki toka na ljudi in živali – 2. del: Posebnosti

1 Področje uporabe

Ta del IEC 60479 opisuje učinke na človekovo telo, ko skozenj teče sinusni izmenični tok v frekvenčnem območju nad 100 Hz.

Podani so učinki toka, ki teče skozi človeško telo, za:

- sinusni izmenični tok z enosmernimi komponentami,
- sinusni izmenični tok s faznim krmiljenjem in
- sinusni izmenični tok z večperiodnim krmiljenjem,

vendar se štejejo, da so uporabni le za izmenični tok s frekvenco od 15 Hz do 100 Hz.

Podani so načini za širitev uporabne frekvence čistih sinusoid do frekvence 150 kHz, s čimer dopolnjujejo podatke v IEC 60479-1.

Podani so načini za preverjanje zapletenih nepravilnih oblik.

Ta dokument opisuje učinke toka, ki teče skozi človeško telo v obliki enega ali več zaporednih pravokotnih udarov enosmernega toka, sinusnih udarov in udarov, ki so posledica razelektritev kondenzatorja.

Šteje se, da so podane vrednosti uporabne za dolžine udarov od 0,1 ms do vključno 10 ms.

Ta dokument upošteva samo prevajani tok, ki je posledica neposrednega priklopa tokovnega vira na telo, kot je pri IEC 60479-1. Ne upošteva toka, ki se inducira v telesu zaradi njegove izpostavljenosti zunanjemu elektromagnetcnemu polju.

Ta osnovna varnostna publikacija je primarno namenjena tehničnim odborom za pripravo standardov skladno z načeli, podanimi v IEC Vodilu 104 in ISO/IEC Vodilu 51. Ni namenjena, da bi jo uporabljali proizvajalci ali certifikacijski organi.

Ena od odgovornosti tehničnega odbora je, kjerkoli je uporabno, zagotoviti uporabo osnovne varnostne publikacije pri pripravi svojih publikacij. Zahteve, preskusne metode ali preskusni pogoji te osnovne varnostne publikacije veljajo samo, če so izrecno navedeni ali so vključeni v ustrezne publikacije.

2 Zveze s standardi

Za uporabo tega standarda so, delno ali v celoti, nujno potrebni spodaj navedeni referenčni dokumenti. Pri datiranih sklicevanjih se uporablja le navedena izdaja. Pri nedatiranih sklicevanjih se uporablja zadnja izdaja publikacije (vključno z dopolnilji).

IEC 60479-1:2018	Učinki toka na ljudi in živali – 1. del: Splošni vidiki
IEC 60990	Metode merjenja toka dotika in toka zaščitnega vodnika
IEC Vodilo 104	Priprava varnostnih publikacij in uporaba osnovnih varnostnih publikacij in publikacij o skupinski varnosti
ISO/IEC Vodilo 51	Varnostni vidiki – Smernice za njihovo vključitev v standarde

3 Izrazi in definicije

V tem dokumentu se uporabljajo naslednji izrazi in definicije iz IEC 60479-1, ter tudi naslednji.

ISO in IEC hranita terminološke zbirke podatkov za uporabo v standardizaciji na naslednjih naslovih:

- IEC Electropedia: na voljo na spletnem mestu <http://www.electropedia.org/>
- platforma za brskanje po spletu ISO: na voljo na spletnem mestu <http://www.iso.org/obp>

3.1

faktor frekvence

F_f

razmerje med tokovnim pragom za ustrezne fiziološke učinke pri frekvenci f in tokovnim pragom pri 50/60 Hz

OPOMBA: Faktor frekvence je različen za zaznavanje, sprostitev in ventrikularno fibrilacijo.

3.2

fazno krmiljenje

proces spremenjanja trenutka v ciklu, pri katerem se začne prevajanje toka v elektronskem ventilu ali veji ventila

[VIR: IEC 60050-551:1998, 551-16-23]

3.3

kot faznega krmiljenja

kot zakasnitve toka

čas, izražen v kotnih merah, s katerim je s faznim krmiljenjem zakasnjena trenutek prevajanja toka

[VIR: IEC 60050-551:1998, 551-16-32, spremenjen – dodan je izraz "kot faznega krmiljenja"]

3.4

večperiodno krmiljenje

proses spremenjanja razmerja števila period, v katerih teče tok, in števila period brez prevajanja toka

[VIR: IEC 60050-551:1998, 551-16-31]

3.5

faktor večperiodnega krmiljenja

p

razmerje med številom period s prevajanjem ter vsoto period s prevajanjem in brez prevajanja pri večperiodnem krmiljenju

Glej sliko 13.

[VIR: IEC 60050-551:1998, 551-16-37, spremenjen – dodan je simbol in sklic na sliko 13]

3.6

specifična fibrilacijska energija

F_e

najmanjša vrednost $I^2 \cdot t$ kratkotrajnega udara enosmernega toka, ki pod danimi pogoji (tokovna pot, srčna faza) z veliko verjetnostjo povzroči ventrikularno fibrilacijo

OPOMBA 1: F_e je določen z obliko udara kot integral

$$\int_0^{t_i} i^2 dt$$

Kjer je t_i definiran v slikah 20 in 21. F_e , pomnožen z upornostjo telesa, da energijo, ki se v času udara porazgubi v človeškem telesu.

OPOMBA 2: F_e je izražen v Ws/Ω ali A^2s .

3.7

specifičen fibrilacijski naboj

F_q

najmanjsa vrednost $I \cdot t$ kratkotrajnega udara enosmernega toka, ki pod podanimi pogoji (tokovna pot, srčna faza) z veliko verjetnostjo povzroči ventrikularno fibrilacijo

OPOMBA 1: F_q je določen z obliko udara kot integral

$$\int_0^{t_i} idt$$

Kjer je t_i definiran v slikah 20 in 21.

OPOMBA 2: Enota za F_q je C ali As.

3.8

časovna konstanta

čas, ki je potreben, da amplituda eksponencialno padajoče veličine pade na

$$\frac{1}{e} = 0,367 \text{ s}$$

kratnik začetne amplitude

iten STANDARD PREVIEW
[VIR: IEC 60050-801:1994, 801-21-45, spremenjen – definicija je popravljena]
(standards.iten.ai)

3.9

trajanje udara

t_i

<razelektritev kondenzatorja> časovni interval od začetka razelektritve do časa, ko praznilni tok pade na 5 % svoje temenske vrednosti

OPOMBA 1: Če je časovna konstanta razelektritve kondenzatorja podana s T , je trajanje udara zaradi razelektritve kondenzatorja enako $3T$. V času trajanja udara zaradi razelektritve kondenzatorja se praktično porabi vsa energija udara.

OPOMBA 2: Glej slike 20 in 21.

3.10

trajanje udara

t_i

<za zapleteno asimptotično valovno obliko> najkrajše trajanje dela udara, ki vsebuje 95 % energije celotnega udara

3.11

prag zaznavanja

najmanjsa vrednost električnega naboja, ki pod danimi pogoji povzroči zaznavanje osebi, skozi katero teče

3.12

prag bolečine

najmanjsa vrednost naboja ($I \cdot t$) ali specifične energije ($I^2 \cdot t$), ki se lahko brez povzročitve bolečine kot udar uporabi na osebi, ki v roki drži veliko elektrodo

3.13

bolečina

neprijetna izkušnja, ki je oseba, ko ji je ponovno izpostavljena, ne more več enostavno sprejeti

PRIMER: Električni udar nad pragom bolečine, opisan v 11.3, pik čebele ali cigaretna opeklina.

4 Učinki izmeničnih tokov s frekvencami nad 100 Hz

OPOMBA: Vrednosti za 50/60 Hz so podane v IEC 60479-1. Za frekvence do 100 Hz se uporabijo določbe iz IEC 60479-1.

4.1 Splošno

Z moderno električno opremo se povečuje poraba električne energije v obliki izmeničnega toka pri frekvencah, višjih od 50/60 Hz, na primer v letalu (400 Hz), pri električnem orodju in električnem varjenju (večinoma do 450 Hz), elektroterapiji (uporablja večinoma 4 000 Hz do 5 000 Hz) in stikalnih napajalnikih (20 kHz do 1 MHz).

Za točko 4 je na voljo malo podatkov iz poskusov, zato naj se tukaj podane informacije štejejo samo za začasne informacije, ki pa se lahko uporabijo za oceno tveganj v obravnavanih frekvenčnih območjih (glej literaturo).

Sedanji poskusi potekajo v vladno podprtih projektih z namenom izkoriščanja in preiskovanja učinkov višjih frekvenc z uporabo zadnjih tehnologij in metod, ki naj potrdijo obstoječo ekstrapolacijo faktorja frekvence za prag ventrikularne fibrilacije (VF).

Prav tako je treba upoštevati dejstvo, da impedanca človeške kože pada približno obratno sorazmerno s frekvenco napetosti dotika reda nekaj deset volтов, tako da je impedanca kože pri 500 Hz samo okoli eno desetino impedance kože pri 50 Hz in se v mnogih primerih lahko zanemari. Ta impedanca človeškega telesa pri takih frekvencah je torej znižana na njeno notranjo impedanco Z_i (glej IEC 60479-1).

OPOMBA: Uporaba meritev temen: pri nivojih tokov, ki povzročijo fiziološke odzive zaznavanja, odzive na strah in nezmožnost sprostitev, se fiziološki odzivi na nesinusne in periodične toke mešanih frekvenc najbolje prikažejo s temensko vrednostjo izhodnega signala iz merilnih vezij, ki vsebujejo frekvenčno utežena vezja, kot so vezja, ki so opisana v IEC 60990.

Ta frekvenčno utežena vezja slabijo signal skladno s faktorji frekvence, podanimi v točki 4 standarda IEC 60479-1:2018, tako da izhodni signal ustreza stalnemu nivoju fiziološkega odziva. Slabljenje zagotavlja, da ozki udari toka ne bi povzročili manj fiziološkega odziva zaradi kratkega trajanja njihove temenske vrednosti. Vezje omogoča odčitavanje fiksne vrednosti neodvisno od valovne oblike ali mešanice frekvenc, ki so potrebne za ugotavljanje uhajavega toka in oceno nivoja prisotnega ogrožanja.

Primerljivi fiziološki učinki so povzročeni z nesinusnimi in sinusnimi toki, ki pri tej merilni metodi povzročijo enake temenske vrednosti.

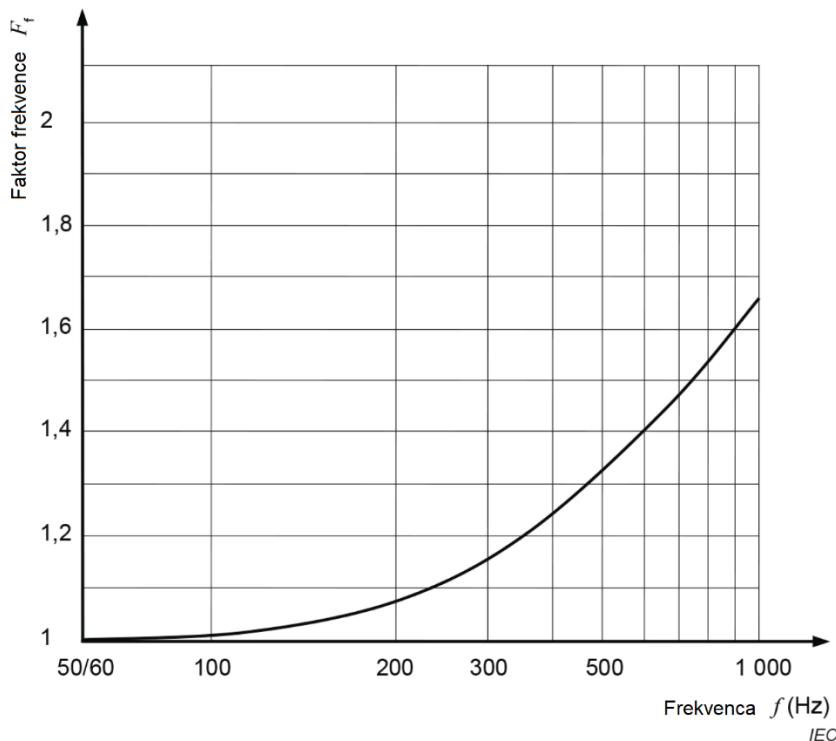
Značilno vezje je na voljo v IEC 60990 in v [16]¹⁾.

4.2 Učinki izmeničnega toka v frekvenčnem območju nad 100 Hz do vključno 1 000 Hz

4.2.1 Prag zaznavanja

Za prag zaznavanja je faktor frekvence, podan na sliki 1.

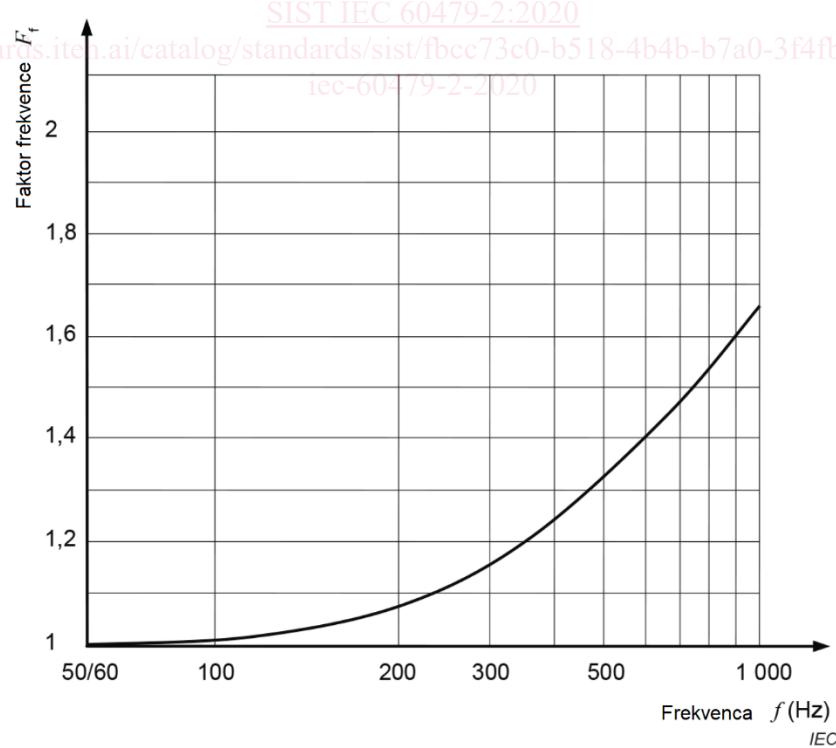
¹⁾ Številke v oglatih oklepajih se nanašajo na literaturo.



Slika 1: Spreminjanje praga zaznavanja v frekvenčnem območju 50/60 Hz do 1 000 Hz

4.2.2 Prag sprostitve (standards.iteh.ai)

Za prag sprostitve je faktor frekvence, podan v sliki 2.

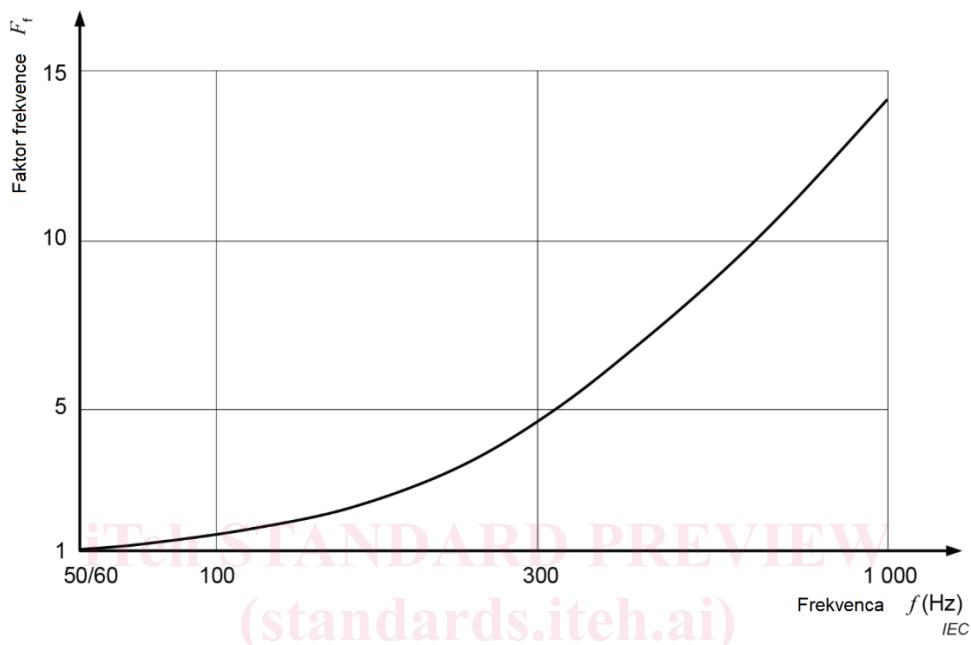


Slika 2: Spreminjanje praga sprostitve v frekvenčnem območju 50/60 Hz do 1 000 Hz

4.2.3 Prag ventrikularne fibrilacije

Pri trajanjih udara, daljših od srčnega cikla, je faktor frekvence za prag fibrilacije za vzdolžne poti toka skozi trup telesa podan v sliki 3.

Za trajanja udarov, krajša od enega srčnega ciklusa, ni na voljo podatkov iz poskusov o učinkih frekvence.



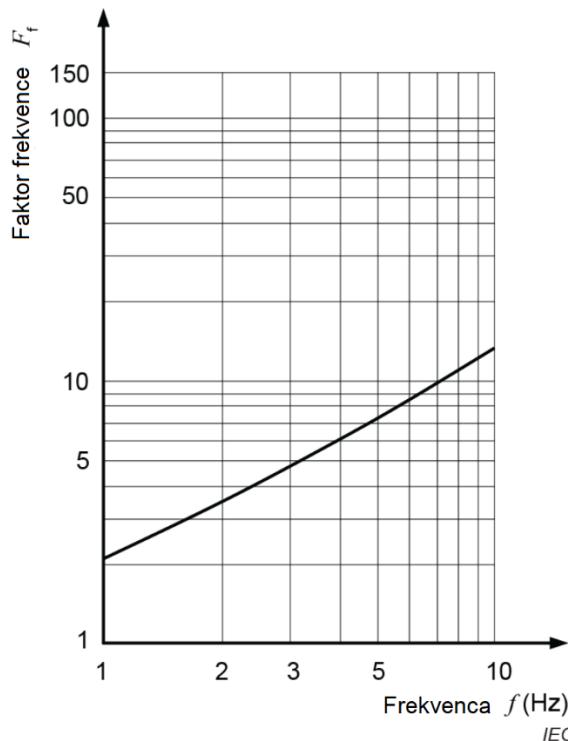
Slika 3: Spreminjanje praga ventrikularne fibrilacije v frekvenčnem območju 50/60 Hz do 1 000 Hz pri trajanju udarov, daljšem od enega srčnega cikla, in vzdolžnih poteh toka skozi trup telesa

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/60479-2-2020>

4.3 Učinki izmeničnega toka v frekvenčnem območju nad 1 000 Hz do vključno 10 000 Hz

4.3.1 Prag zaznavanja

Za prag zaznavanja je faktor frekvence podan na sliki 4.

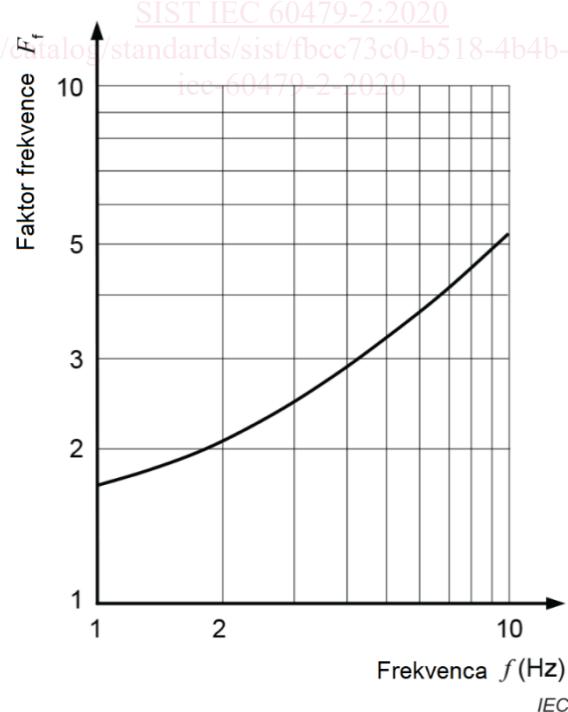


Slika 4: Spreminjanje praga zaznavanja v frekvenčnem območju 1 000 Hz do 10 000 Hz

4.3.2 Prag sprostitve

(standards.iteh.ai)

Za prag sprostitve je faktor frekvence podan v sliki 5.



Slika 5: Spreminjanje praga sprostitve v frekvenčnem območju 1 000 Hz do 10 000 Hz