

Az ipari frekvenciájú váltakozó áram **hatása** az emberre

Az érzetküszöbre, az elengedési értékre, valamint a pitvar-, ill. kamraremegési küszöbre vonatkozó mérések túlnyomó részét ipari frekvenciájú (50 Hz vagy 60 Hz) váltakozó árammal végezték. Azonban mind a fiziológiai alapú, mind az egyedi vizsgálatok eredményeit tekintve elmondható, hogy a felsorolt mennyiségekre vonatkozó értékek a 15...100 Hz közötti frekvenciatartományban közel azonos értéket adnak, azaz nem mutatnak lényeges eltérést.

A szívkamraremegés szempontjából veszélytelen áramtartomány

Számos mérést végeztek az érzetküszöb és az elengedési áramérték közötti tartomány tisztázására. Definíció szerint az érzetküszöb az a legkisebb emberen átfolyó áramérték, amelynek hatását az ember érzékeli. Az elengedési áram az a legnagyobb áramérték, amelynél az elektródát fogó ember azt még el képes engedni. Ennél nagyobb áramerősség esetén az izmok görcsbe rándulnak, és az ember nem tud kiszabadulni az áramkörből.

A sok mérési eredmény közül Osypka kéz–törzs–kéz áramúton mért érzékenységi méréseit mutatja az 1. táblázat. Osypka a különböző érzékenységi lépéseket statisztikai alapon állapította meg, miszerint a tartomány alsó határértékét ott határozta meg, ahol a kísérleti csoport 5%-a érzékelt ugyanazt, míg a tartomány felső határát 95%-os érzékelési szintnél állapította meg.

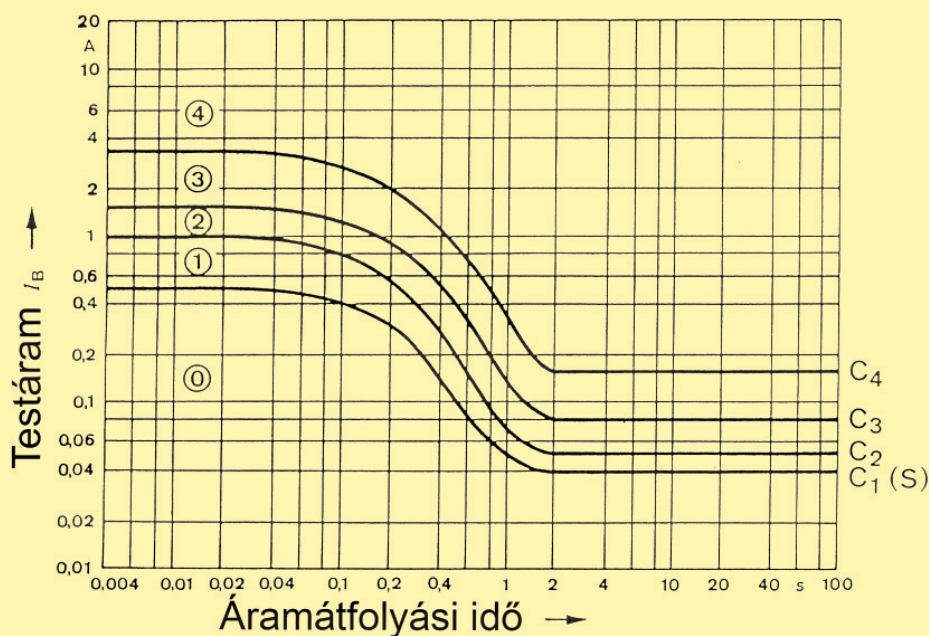
Az egész tartományra vonatkozóan (az érzetküszöbtől az elengedési áramig) megállapítható azonban, hogy egy egészséges ember semmilyen káros utóhatást nem szenved, ha az elengedési áramérték alatti ipari frekvenciájú váltakozó áram – akár többszöri – hatásának teszi ki magát. Izomgörcs lép fel a vele járó vérnyomás-növekedéssel, esetleg nehézlégzés, de semmilyen szervi károsodás nem várható.

A mérések során kiderült, hogy mind az érzetküszöb, mind az elengedési áram, de a görcsküszöb is számos különböző körülménytől függ: ilyenek pl. az érintkezési felület, az érintkezés módja (nedvesség, hőmérséklet, nyomás), a pszichológiai állapot stb. Ennek ismeretében – a kellő biztonságot is figyelembe vevő – általános meg egyezés szerint:

- az érzetküszöb 50/60 Hz váltakozó áram esetén 0,5 mA,
- az elengedési áram 50/60 Hz váltakozó áram esetén 10 mA.

1. táblázat. Kéz–test–kéz áramúton, 50 Hz frekvenciájú váltakozó árammal végzett érzékenységi mérések (Osypka)

Kéz–test–kéz testáram (mA)			Érzet
5%	50%	95%	
0,7	1,2	1,7	Az áram a tenyéren épp érzékelhető
1,0	2,0	3,0	Enyhe bizsergés a tenyérben, mintha a kéz „elaludt volna”
1,5	2,5	3,5	A bizsergés a csuklóokban is érezhető
2,0	3,2	4,4	Enyhe rázásérzet a kézben, nyomásérzet a csuklóban
2,5	4,0	5,5	Enyhe görcs az alkarban, mintha bilincsbe lenne préselve
3,2	5,2	7,2	Enyhe görcs az felkarokban
4,2	6,2	8,2	A kezek merevek és görcsbe rándultak, elengedés még lehetséges, már enyhe fájdalomérzet
4,3	6,6	8,9	Görcs a felkarokban, a kezek elnehezültek és érzéketlenekké váltak, bizsergés a felkar egész felületén
7,0	11,0	15,0	Karizmok általános görcsben egészen a vállakig, az elengedés még lehetséges (let go current)
8,5	12,0	16,5	Teljes görcs a kezekben és karokban, kiszabadulás nem lehetséges, 20 másodperc után már fájdalomérzet



Emberi szív kamraremegési küszöbértékei, életkortól és testsúlytól független normál egészségi állapotú emberre, 50/60 Hz frekvenciájú váltakozó áramátfolyás esetén

C1 biztonsági küszöb,
C2 5% valószínűségű kamraremegési küszöb,
C3 50% valószínűségű kamraremegési küszöb,
C4 95% valószínűségű kamraremegési küszöb

Veszélyes küszöbérték

a szívkamraremegés szempontjából

Számos állatkísérletet végeztek a villamos áram okozta szívkamraremegés-veszély küszöbértékének meghatározására. Azonban a modellállatokon mért eredmények emberre vonatkoztatása számos problémát vetett fel. Mind a testsúly, mind a villamos térerősség, mint extrapolációs faktor csődöt mondott. Azonban a kísérletek rávilágítottak arra, hogy egy normális egészségi állapotban lévő ember szívkamraremegési veszélyküszöbe mind a testsúlytól, mind az életkortól független.

Miután az élő szervezeten mérés nem végezhető – a balesetben elhunytakon a mérések nem kivitelezhetőek, ezért más utat kellett keresni az élő szervezet tónusának figyelembevételére. Green intrakardinalis (közvetlenül a szívbe vezetett) elektródákkal végzett mérései bizonyították, hogy az emberi szív intrakardinalis ingerekre érzékletlenebbül reagál (80 μ A), mint a kutyaszív (60 μ A).

Ezután sok kutató számos kísérletet végzett kutyákon annak igazolására, hogy a legkülönbözőbb szempontokat figyelembe véve, a kutyákon mért 5, 50, ill. 95%-os

kamraremegési valószínűségekből biztonsággal megállapítható az egészséges emberre vonatkozó, 50/60 Hz-es, az emberen átfolyó váltakozó áram okozta kamraremegési küszöbérték. Az 1. ábra jelleggörbéiből megállapítható:

- a biztonsági küszöbérték a 15...100 Hz frekvenciájú szinuszos váltakozó áram tartós átfolyása esetén 40 mA,
- 2 másodperces áramátfolyási időtartamnál rövidebb időtől kezdve nő a küszöbérték, 1 másodperc esetén eléri az 50 mA-t,
- rövid idejű áramterhelések esetén tovább emelkedik a küszöbérték:

2. táblázat. Veszélyességi zónák és határgörbék az emberi szívkamraremegés fellépése szempontjából, a testen hosszirányban átfolyó 50/60 Hz frekvenciájú váltakozó áram esetére

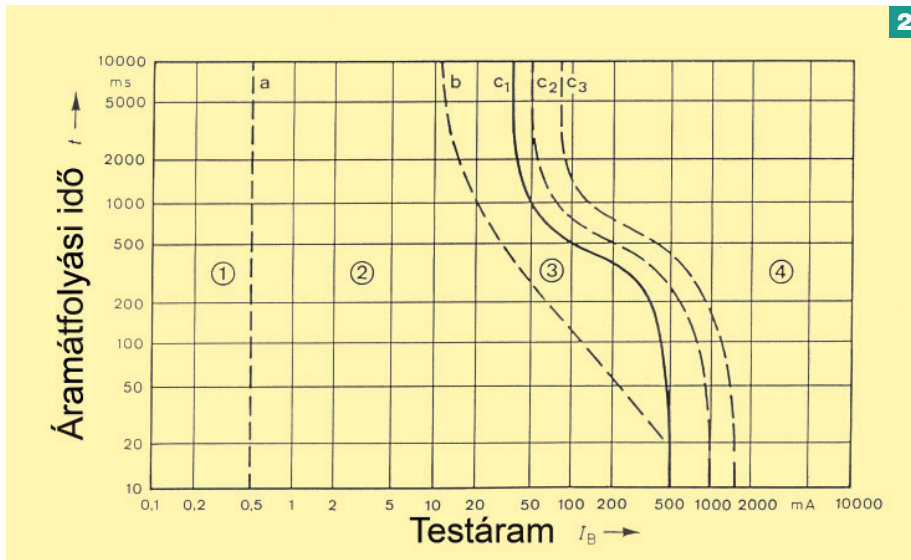
Veszélyességi tartomány (1. ábra)	Felső határoló görbe	Alsó áramhatár (A)	Felső áramhatár ⁽¹⁾ (A)	Kamraremegés-veszély
0	C1 (S)	0,04...0,05	0,4...0,5	Nincs
1	C2	0,05	1,0	valószínűtlen (< 5%)
2	C3	0,08	1,6	valószínű (< 50%)
3	C4	0,15	3,0	nagy valószínűségű (< 95%)
4	–	–	–	nagy (\geq 95%), esetleg szívmeállítás (még visszafordítható)

⁽¹⁾ a behatás időtartama kisebb mint 0,2 s

0,1 másodperc esetén 400 mA-re, 0,01 másodperc esetén 500 mA-re, és az átmenet az alsó szintektől a magasabb szintekig folyamatos.

Az elmondottakat összefoglalóan tartalmazza a 2. táblázat. Ez az eredmény az alapja annak az általános egyezsége alapuló megállapításnak, hogy a biztonsági küszöbértéket jelentő C1 (S) görbe alatti áram-idő értékek esetén semmilyen maradandó károsodás nem lép fel az ipari frekvenciájú váltakozó áram emberi testen való áthaladása után.

A 2. táblázat a test hossz tengelye irányában folyó áramra érvényes. Azonban minden egyes áramátfolyásnál az emberi testben villamos térerősség lép fel, amelyet az emberi test ellenállásviszonyai és a feszültség nagysága határoz meg. Intrakardinalis elektródákkal végzett mérések igazolták, hogy a szívben így kialakuló térerősség nagy veszélyt jelent a szívkamraremegés szempontjából. Hogy a különböző irányú áramátfolyás veszélyességét meg lehessen ítélni, egy súlyozó faktort (szíváramtényező, lásd 3. táblázat) határoztak meg, amellyel az adott irányban folyó áramból az egyenértékű (hosszirányú) áram meghatározható. A szív-



A 15...100 Hz frekvenciájú váltakozó áram emberre gyakorolt hatásának különböző tartományai (IEC-Report 479)

1. tartomány: nincs reakció,
2. tartomány: káros elváltozásnak nem áll fenn a veszélye,
3. tartomány: (átmeneti tartomány rögzített határok nélkül)
Nem lép fel szervi károsodás, nincs a szívkamraremegésnek veszélye
Felléphet, izom-összehúzódás, nehéz légzés, az áramátfolyás erősségével és időtartamával növekvő mértékben
4. tartomány: növekvő valószínűséggel fellépő szívkamraremegés
C2 görbe-valószínűség kisebb mint 5%
C3 görbe-valószínűség kisebb mint 50%

áramtényezővel lehetőség van az egyes balesetek során az egyes áramutak veszélyességének megítélésére és mennyiségi becslésre.

Nagyobb testáramok elektropatológiai hatásaira – mint pl. égés, izomszakadás, csonttörés, agy- és idegkárosodás – ebben a cikkben nem térek ki, mivel általános esetben kifestésű áramkörbe kerülésnél ezek igen ritkán fordulhatnak elő.

Azonban az eddig megszerzett ismeretek alapján lehetővé vált a 15...100 Hz-es váltakozó áram hatásaira egy nemzetközileg elfogadott, veszélyességi tartományokat és határgörbéket tartalmazó IEC-grafikon publikálása (2. ábra). Ehhez annyi megjegyzést fűzünk, hogy az alsó 1-es és 2-es zónát elválasztó, „a”-jelű szaggatott vonalnak, illetve a vitathatóan megadott „b” görbének, illetve zónaosztásoknak nincs gyakorlati jelentősége.

Növekvő áramerősséggel és áramátfolyási időtartammal egyre komolyabb

3. táblázat. A szíváramtényező értékei

Áramút	Szíváramtényező
bal kéz–bal láb	
bal kéz–jobb láb	1,0
bal kéz–lábak	
bal kéz–jobb kéz	0,4
jobb kéz–bal láb	
jobb kéz–jobb láb	0,8
jobb kéz–lábak	
hát–jobb kéz	0,3
hát–bal kéz	0,7
mell–jobb kéz	1,3
mell–bal kéz	1,5
fenék–bal kéz	
fenék–jobb kéz	0,7
fenék–kezek	

hatások lépnek fel: mint szívmegeállás, lélegzés-megszakadás, megégés. A szívkamraremegésre vonatkozóan a C1...C3 görbék a mérvadóak a bal kéz–bal láb hosszanti áramátfolyásra. 200 ms-nál rövidebb időtartam esetén csak a vulnérabilis fázisban lép fel kamraremegés, és csak akkor, ha meghaladta a küszöbértéket.

Hogy az eddigi tudományos megalapozottságú eredmények hogyan hatottak a közvetett és közvetlen érintés elleni védelem előírásaira, és miért lehet megvalósítani a szinte tökéletes életvédelmet a villamosenergia-ellátásban, arra a következő cikkben térünk ki.

Dr. Novothny Ferenc

A férfi dönt...



Semmi sem biztos, minden változik. Ezt már a régi görögök is tudták.

A paradigma-váltás napi szökinccsé degradálódott. A régi iskola paradigmái közé tartozik a klasszikus férfi és a női szerep éles elkülönülése.

Mi is az, amire a férfinak igazán szüksége van?

Egy hölgy válasza erre a kérdésre bizonyára más, mint egy úr. A hölgy inkább valami szörnyen praktikusra gondol, mint alsógatya, ing vagy zokni.

Az urak ezzel szemben a „fontos” dolgokkal törődnek, ezért tehát szörnyen fontos dolgokra van szükségük, mint pl. villanyvonat, kétprocesszoros számítógép, vagy autó ABS-szel és ASC-vel. A férfi felnőtt a feladataihoz.

A férfiak a dolgokat meg akarják mérni, számlálni, mérlegelni, és olyan technikát akarnak, ami elbűvöli őket. Amikor apává válnak, nem azt akarják tudni, hogy a gyermek szeme kék-e, és hogy „olyan édes”-e. Azt tudakolják milyen nagy, mennyi a súlya, fiú-e vagy lány? Ezzel tudnak valamit kezdeni. Most már tudják, hogy végre megvehetik-e a villanyvonatot? Amikor autótulajdonosok lesznek, nem azt akarják tudni, hogy az autó kék vagy fekete, és „olyan sikkes”-e? Azt akarják tudni, milyen gyors, hány lóerős, BMW-e vagy Mercedes? Ezzel tudnak valamit kezdeni.

Az ember az, aki.

A férfiak szenvedélyes felfedezők. Az épülettechnika terén kiismerik magukat, a busz-rendszerrel technikával elbűvölhetik magukat. A férfiak azt kérdezik: hogyan működik? A nők: mit hoz a konyhára?

Azonban, bár szeretnék, a férfiak nem tudják magukat kivonni a női logika alól.

De a férfiak meggyőzően képesek érvelni a technika mellett, legyen szó akár a KNX-ről. A technikai kérdésekben a férfiak önállóan döntenek. Majdnem mindig...

Legalábbis hagyják meg nekünk ezt az illúziót! Mást úgysem nagyon engedhet meg magának az ember!

Peter Respondek