



Az útmutató a GINOP-5.3.7-VEKOP-17-2017-00001  
azonosító számú „Jogszerű foglalkoztatás fejlesztése”  
elnevezésű kiemelt projekt keretében jött létre.

MUNKAVÉDELEM

# VILLAMOSSÁG BIZTONSÁGTECHNIKÁJA (VILLAMOS MUNKABIZTONSÁG)

MUNKÁLTATÓKNAK, ÉS MUNKAVÁLLALÓKNAK SZÓLÓ  
MUNKAVÉDELMI ISMERETEKET TARTALMAZÓ ÚTMUTATÓ



NEMZETGAZDASÁGI  
MINISZTERIUM

# **Villamosság biztonságtechnikája**

## **(Villamos munkabiztonság)**

Munkáltatóknak, és munkavállalóknak szóló munkavédelmi ismereteket tartalmazó útmutató

## Tartalom

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Bevezetés.....</b>                                                 | <b>4</b>  |
| <b>2. Villamosságtan alapfogalmai.....</b>                               | <b>5</b>  |
| <b>2.1. Villamosság vagy elektromosság? .....</b>                        | <b>5</b>  |
| <b>2.2. Az elektromosságot jellemző mennyiségek és jellemzésük .....</b> | <b>6</b>  |
| 2.2.1. Az elektromos töltés fogalma .....                                | 6         |
| 2.2.2. Az áram .....                                                     | 6         |
| 2.2.3. Az áramsűrűség .....                                              | 8         |
| 2.2.4. A feszültség .....                                                | 8         |
| 2.2.5. Az elektromos ellenállás.....                                     | 10        |
| 2.2.6. A munka és az elektromos munka.....                               | 11        |
| 2.2.7. A teljesítmény.....                                               | 12        |
| 2.2.8. Az áramkör .....                                                  | 13        |
| 2.2.9. A föld (földelési pont) .....                                     | 13        |
| 2.2.10. A Kirchhoff-törvények .....                                      | 14        |
| 2.2.11. A kapacitás .....                                                | 16        |
| 2.2.12. Az egyenáram.....                                                | 16        |
| 2.2.13. A váltakozó áram, váltakozó feszültség .....                     | 17        |
| 2.2.14. A mágneses tér .....                                             | 18        |
| <b>2.3. A váltakozó áram ipari előállítása .....</b>                     | <b>28</b> |
| <b>2.4. A villamos hálózat. ....</b>                                     | <b>34</b> |
| 2.4.1. Nagyfeszültségű távvezeték .....                                  | 35        |
| 2.4.2. A távvezetékek .....                                              | 36        |
| 2.4.3. Tartóoszlopok.....                                                | 37        |
| 2.4.4. A villamos energia útja az erőműtől a fogyasztóig .....           | 37        |
| 2.4.5. Magyarországi villamos hálózatok felépítése.....                  | 40        |
| 2.4.6. Hálózati alakzatok .....                                          | 41        |
| <b>3. A villamos munkabiztonság.....</b>                                 | <b>47</b> |
| <b>3.1. A villamos áram emberre gyakorolt élettani hatásai .....</b>     | <b>47</b> |
| <b>3.2. Az áramütés elleni megelőző intézkedések .....</b>               | <b>50</b> |
| <b>3.3. Érintésvédelmi osztályok .....</b>                               | <b>53</b> |
| <b>3.4. Szigetelt vezetékek színjelölése.....</b>                        | <b>56</b> |
| <b>3.5. Villamos gyártmányok por és víz behatás elleni védelme.....</b>  | <b>57</b> |
| <b>3.6. Az érintésvédelem passzív megoldásai.....</b>                    | <b>59</b> |

|             |                                                                                               |            |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>3.7.</b> | <b>Az érintésvédelem aktív megoldásai .....</b>                                               | <b>60</b>  |
| <b>3.8.</b> | <b>Zárlat keletkezése .....</b>                                                               | <b>64</b>  |
| <b>3.9.</b> | <b>Védelem közvetett érintés ellen .....</b>                                                  | <b>67</b>  |
| 3.9.1.      | A védővezetős érintésvédelmi módok.....                                                       | 67         |
| 3.9.2.      | Az áramvédő kapcsoló .....                                                                    | 67         |
| 3.9.3.      | Földelési rendszerek .....                                                                    | 70         |
| <b>4.</b>   | <b>A villamos munkák során betartandó biztonsági szabályok .....</b>                          | <b>81</b>  |
| 4.1.        | Feszültségmentes munkavégzés szabályai .....                                                  | 81         |
| 4.2.        | A feszültség alatti munkavégzés szabályai (FAM).....                                          | 82         |
| 4.3.        | Feszültség közeli munkavégzés.....                                                            | 83         |
| 4.4.        | Védőtávolságok.....                                                                           | 84         |
| <b>5.</b>   | <b>Érintésvédelmi ellenőrzések .....</b>                                                      | <b>91</b>  |
| <b>6.</b>   | <b>Hatósági ellenőrzés során követendő magatartás, beavatkozási kötelezettség esetei.....</b> | <b>96</b>  |
| <b>7.</b>   | <b>Villamos munkabalesetek .....</b>                                                          | <b>98</b>  |
| 7.1.        | Első munkabaleset.....                                                                        | 98         |
| 7.2.        | Második munkabaleset .....                                                                    | 101        |
| <b>8.</b>   | <b>A munkavédelmi hatóság ellenőrzési jogosultságának tárgyköre.....</b>                      | <b>106</b> |
| <b>9.</b>   | <b>A munkavédelmi hatóság hatáskörébe tartozó panaszok és közérdekű bejelentések.....</b>     | <b>109</b> |
| <b>10.</b>  | <b>Fogalmak, meghatározások:.....</b>                                                         | <b>113</b> |
| <b>11.</b>  | <b>Jogszabályi háttér .....</b>                                                               | <b>115</b> |
| <b>12.</b>  | <b>Hivatkozott szabványok.....</b>                                                            | <b>115</b> |
| <b>13.</b>  | <b>Irodalomjegyzék .....</b>                                                                  | <b>115</b> |

## 1. Bevezetés

Az ókori görögök már ismerték az olyan jelenségeket, amely a statikus elektromosság. Borostyánt dörögöltek állati szőrméhez, és így érték el, hogy statikus elektromosságot állítottak elő. Habár valószínű, hogy a felfedezés inkább egy téli napon a borostyán nyaklánc szőrmekabáthoz való dörögölésekor lepte meg viselőjét, nincs nyoma, hogy a görög vagy római tudósok, vagy az antik világ mélyebben foglalkozott volna az elektromosság hasznosságával. Sok év múlva egy angol természettudós, név szerint **Sir William Gilbert** (1544. máj. 24 – 1603. nov. 30), fontos kísérleteket végzett a mágnesek kölcsönhatására vonatkozóan. Ebben a korban számos tudós fordult a reneszánsz jegyében az antik világ irodalma és tudása felé, hogy ötleteket nyerve, jobban megismerje a körülöttünk lévő világ rejtelseit.

Gilbert vizsgálta a megdörzsölt borostyánkő hatását is, és úgy tapasztalta, hogy többféle test is mutathat dörzsölésre borostyánkőhatást. Megtapasztalta, hogy a dörzsölésre fellépő elektromos hatás például nedvesség hatására megszüntethető, de ez a mágnességre nincs hatással. Tehát a mágnesség alapvető, az elektromosság pedig csupán mesterségesen előidézhető tulajdonsága bizonyos testeknek.

Ha már itt tartunk, az **elektron** szót, amely alapja fogalomtárunknak, Sir William Gilbert használta először, így megalkotta a villamosságtan alapjait.

Sir William Gilbert tanulmányai alapján, a 17. században élt **Ottó von Guericke** (1602. nov. 30 – 1686. máj. 21) megdörzsölt borostyánkővel könnyű tárgyakat, például papírdarabokat vonzott, majd elejtette őket. Nem is sejtette, de a világon talán ő volt az első, aki az első villamos energia átvitelét megvalósította. Ottó von Guericke 1663-ban megalkotta az első elektromos generátort, amely egy forgó kengolyó dörzsölésével állított elő statikus elektromosságot. 1672-ben felismerte, hogy a súrlódás a kengolyó felületén fényt eredményez, ezért őt tekinthetjük az elektro-lumineszcencia felfedezőjének is.

Stephan Gray (1666–1736) számos kísérletet végzett és növelte a tapasztalatok, és tudások tárházát.

A következő nagy lépést Charles François du Fay (1698. szept. 14 – 1739 júl. 16) tette meg, azzal, hogy megállapította, hogy kétféle elektromosság van!

A kísérletek során az elektroszkópot, vagyis az elektromos töltés jelenlétét kimutató műszert 1705-ben szerkesztette **Francis Hauksbee the Elder** (1660–1713).

Az elektromosságot ember is képes előállítani, de ami még ennél is fontosabb volt, hogy az elektromosságot a tulajdonságai miatt munkára is lehetett fogni (pl.: világítás). Az elektromosság szépen lassan bekúszott a emberek köztudatába, és ettől kezdve az elektromosság, mint tudományág megszületett.

Valójában az elektromos áram jelentőségét a mindennapi életben hosszasan lehetne bizonygatni, de nem szükséges. Számtalan olyan gépet, eszközt használunk, ami megkönnyíti a háztartásban végzett munkánkat, például automata mosógéppel mossuk a ruhákat és porszívóval tisztítjuk a lakást, számítógépet használunk, az autók tele van elektronikával és el sem tudnánk menni a másik utcába GPS nélkül. Ma már a gyermekek is jóformán (sajnos) csak elektromos árammal működő játékokkal szeretnek játszani és a mindennapi életünkhöz elengedhetetlen telekommunikációs eszközök (telefon, számítógép) működéséhez is szükség van elektromos áramra.

De nemcsak az otthonunkban fontos az elektromos áram. Villamossal, metróval, trolibusszal közlekedünk a városban és a távolsági közlekedésben is egyre nagyobb szerepet kap a villamos vontatás, olyan villamos mozdonyokat fejlesztettek ki manapság, amik már visszatermelik az áramot üzem közben. Újabb és újabb elektromos árammal működő berendezéseket fejlesztenek ki, amelyek segítségé-

vel embereket gyógyítanak meg, épületeket terveznek vagy éppen távoli bolygókhoz irányítanak űrszondákat.

Néhány név még a villamosságtan megalkotóiból: **Luigi Galvani** (1737–1798), **Alessandro Volta** (1745–1827), **Michael Faraday** (1791–1867), **André-Marie Ampère** (1775–1836), és **Georg Simon Ohm** (1789–1854).

A késői 19. század és a 20. század eleje szintén olyan óriásokat vonultatott fel a villamosságtan tudományban, mint Nikola Tesla, Samuel Morse, Galileo Ferraris, Antonio Meucci, Thomas Alva Edison, George Westinghouse, Jedlik Ányos, Ernst Werner von Siemens, Charles Steinmetz, és Alexander Graham Bell. Velük és felfedezéseikkel majd az alábbi fejezetekben részletesebben is foglalkozunk.

A következő fejezetekben szeretnénk bemutatni az elektromosság fejlődését a felfedezésétől az energia átvivő rendszerekig, és a megismert alapok által lehetőségünk lesz belepillantani ebbe a széles nagyspektrumú tudományba, de jó hasznát vehetjük az ellenőrzési tevékenységünk során is.

## 2. Villamosságtan alapfogalmai

**Kulcsszavak (meghatározások):**

Elektromágnesesség, Elektromos töltés, Coulomb-törvény, Áram, Áramsűrűség, Feszültség, Elektromos ellenállás, Ohm törvénye, Fajlagos ellenállás, Elektromos munka, Teljesítmény, Áramkör Föld (földelési pont), Kirchhoff-törvények, Kapacitás, Egyenáram, Dinamó, Váltakozó áram, Váltakozó feszültség, Mágneses tér, Mágneses kölcsönhatás,

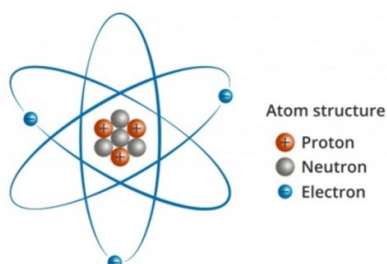
### 2.1. Villamosság vagy elektromosság?

Mind a két elnevezés igaz. A villamosság szó Jedlik Ányos (1800–1895.) feltalálótól, bencés szerzetestől származik. Ő a villám szóból származtatta a villamosság elnevezést. A bevezetőben már említettük, hogy az elektromosság a görög elektron szóból származik, melynek jelentése gyanta, borostyánkő.

Mi az összefüggés az elektromosság és a borostyánkő között? A borostyánkő egyik legnagyobb lelőhelye Görögország. Az ókori görögök rájöttek, hogy ha megdörzsölik a borostyánkövet, akkor kellemes illatot áraszt és meggyújtva világító lánggal ég. Régóta tudjuk, hogy ez a jelenség egy fizikai folyamat eredménye, ami nem más, mint az elektrosztatikus feltöltődés eredménye. A borostyánkő sokmillió évvel ezelőtt a föld rétegeiben kialakult barnaszén alatti földkéregből került elő.

Ahhoz, hogy megértsük az elektromosság fizikai működését, ahhoz meg kell ismernünk a földet alkotó anyagok felépítését is.

A fizikában **alapvető erő**, vagy **alapvető kölcsönhatás** a neve annak a **mechanizmusnak**, melynek segítségével részecskék kölcsönhatást gyakorolnak egymásra, és amely más kölcsönhatással nem magyarázható. **Az anyagokat atomok alkotják és a belőlük felépülő molekulák kölcsönhatásai tartják össze**, ahogy az alábbi ábra azt szemlélteti.



Az egyik ilyen alapvető kölcsönhatás az **elektromágnesesség**. Az elektromágnesesség okozza azokat a jelenségeket, amiket mi emberek fizikai valóságában észlelünk, mint pl. a fényt vagy a villámlás mozgatni tudja az iránytűt. Ezeket az észleléseket az ún. fotonoknak köszönhetjük.

A foton az elektromágneses sugárzások, többek között a fény elemi részecskéje, legkisebb egysége, kvantuma.

A modern fizika területén a foton az elektromágneses jelenségekért felelős elemi részecske. Az elektromágneses kölcsönhatás közvetítője és a fény és a többi elektromágneses hullám minden formájáért ez a részecske felelős. Az elektromágnesesség elektromágneses mezőt hoz létre, melynek nagysága a világűrben is megjelenik.

Ahhoz, hogy megértsük az elektromosságot, meg kell ismernünk az elektromos jelenségeket.

**Az elemi részecskék alapvető tulajdonsága, hogy elektromosan töltöttek.** Az azonos nemű töltések taszítják, az ellentétes neműek pedig vonzzák egymást.

Az atomot alkotó pozitív töltésű protonok és a negatív töltésű elektronok vonzzák egymást az atomban, az atom kifelé addig nem mutat töltést, ameddig valamilyen külső hatás miatt egy elektron nem távozik belőle.

## **2.2. Az elektromosságot jellemző mennyiségek és jellemzésük**

### **2.2.1. Az elektromos töltés fogalma**

A pozitív proton és a negatív elektron egymásra hatása miatt elektromágneses teret hoz létre.

**Jele Q, mértékegysége a Coulomb (C).**

Ezt a törvényszerűséget Charles Augustin Coulomb (Angoulême, 1736. június 14. – Párizs, 1806. augusztus 23.) francia fizikus állapította meg, de leginkább a Coulomb-törvény megalkotásáról nevezetes.

**A Coulomb-törvény.**

A fizikában két pontszerű elektromos töltés közti elektromos kölcsönhatásból származó erő nagyságát és irányát adja meg. A törvényt Charles Augustin de Coulomb francia fizikus igazolta kísérleti úton, az előbb említett módon végzett mérések segítségével. A töltött testek között fellépő erőhatást Coulomb-erőnek nevezzük. Két azonos előjelű töltés taszítja, két különböző előjelű töltés vonzza egymást.

E törvény szerint két elektromos töltés közti erő arányos a töltések szorzatával és fordítottan arányos a köztük lévő távolság négyzetével. A Coulomb-erő egyike az atomi reakcióban szerepet játszó alapvető erőknek.

### **2.2.2. Az áram**

Az elektromosan töltött részecske elmozdulásakor beszélünk elektromos áramról. Ahhoz, hogy elmozdítsuk az elektront, fel kell bontanunk az atomok egyensúlyát. Ezt megtehetjük fénnyel, vagy elektronokkal. Ezt a folyamatot ionizációnak hívjuk.

### Az ionizáció.

Az ionizációval keletkező pozitív proton és negatív elektron egyaránt elektromos áramot hozhat létre, amennyiben mozognak (áramlanak).

A mozgó töltések áramot alkotnak, a mozdulatlan töltéseket és a közöttük működő erőket az elektrosztatika vizsgálja.

Az ionizáció alatt az egyensúlyában megbontott atom belsejében leszakadt negatív töltésű elektron és pozitív töltésű ion után egy pozitív töltésű ion és egy proton marad. Így megérthetjük, hogy az elektromos áram az elektromos töltések elmozdulása miatt keletkezik.

Az ion az egy pozitív vagy negatív töltésű atom vagy atomcsoport.

Az egy vagy több elektront vesztett atom (pozitív ion) kation. Az egy vagy több elektront felvett atom (negatív ion) anion.

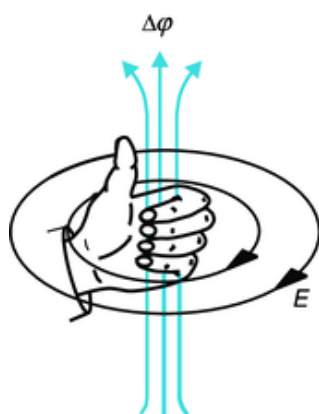
Tehát az **áram** nem más, mint **az elektromos töltésű részecskék áramlása**.

**Jele: I**

**Mértékegysége: A (amper)**

André-Marie Ampère (Lyon, 1775. január 20. – Marseille, 1836. június 10.) francia fizikus, kémikus, matematikus. Nevét őrzi az áramerősség SI-mértékegysége, az amper. Egyike azon tudósoknak, akinek nevét az Eiffel-toronyba is bevették.

Ugyancsak a nevét viseli az Ampère féle balkéz (vagy úszó) szabály (alábbi ábra), amely a vezető árama által keltett mágneses tér irányát határozza meg.



**Az általa definiált összefüggések:**

**1 amper áramerősség** esetén másodpercenként **1 coulomb** elektromos töltés áramlik át **egy adott keresztmetszeten**. Az áram iránya, megállapodás szerint, a pozitív töltések mozgásának irányával egyezik meg.

### 2.2.3. Az áramsűrűség

**Az elektromos áramsűrűség** a vezető egységnyi felületén a felületre merőleges irányban áthaladó elektromos áram nagysága, feltételezve, hogy a vezetőben az áram eloszlása egyenletes. Másképpen az áramsűrűség az egységnyi felületen a rá merőleges irányban időegység alatt áthaladó töltésmennyiséggel egyenlő, egyenletes árameloszlás mellett. A gyakorlatban legtöbbször hosszukhoz képest kis átmérőjű vezetőkben végbemenő elektromos töltésáramlással találkozunk, melynek jellemzésére elegendő az áram erősségének ismerete.

Ha azonban az elektromos áramlás nem vezetőszállban, hanem kiterjedt vezetőben, vagy vákuumban jön létre, vagy ha az áram nagyfrekvenciás (áram vezetékek nélküli továbbítása pl. Tesla tekercs), akkor szükséges lehet annak ismerete, hogy annak a felületnek, amelyiken az áram áthalad, melyik részén intenzívebb az elektromos töltések áramlása. Ennek az intenzitásnak a leírására szolgál az elektromos áramsűrűség.

Megmutatja az áramlás irányára merőlegesen felvett egységnyi keresztmetszeten átfolyó áram erősségét, egy vektor, melynek iránya minden pontban megegyezik a pozitív töltések valószínű vagy elképzelt mozgásirányával.

**Jele: J**

$$\mathbf{J} = \mathbf{I} / A$$

(J az áramsűrűség, I az áramerősség és az A, a felület (keresztmetszet) nagysága)

**Mértékegysége** (nemzetközi mértérendszerben, SI-ben):  $\text{A/m}^2$  - Amper/négyzetméter, használatosak még ennek decimális többszörösei:  $\text{MA/m}^2$ ,  $\text{kA/m}^2$ ,  $\text{A/mm}^2$ ,  $\text{A/cm}^2$ .

**Mértékegység meghatározása:**

**1  $\text{A/m}^2$  az elektromos áramsűrűség, ha az áramlás irányára merőleges 1  $\text{m}^2$  keresztmetszeten 1 A erősségű áram folyik át.**

Az áram vezetéséhez fémes vezetőket használunk, mert ezekben elektronok mozognak. Ugyanakkor elektromos áramot tudnak létrehozni pl. az akkumulátorokban vagy az emberi testben mozgó negatív vagy pozitív töltésű ionok is.

### 2.2.4. A feszültség

Két pont között akkor van potenciálkülönbség, ha csak az elektromos térrel szembeni munkavégzés árán juttatható töltés egyikből a másikba. A két pont közötti **potenciálkülönbség** és a közöttük levő **távolság hányadosa** megadja a két pont közötti **elektromos mező erősségét**.

A valamely elem sarkai közötti potenciálkülönbség azt mutatja meg, hogy az milyen mértékben képes áramot fenntartani egy áramkörben.

**Másképp:**

**Az elektromos áram által végzett munka (W) egyenesen arányos a töltéssel (Q), illetve az áramerősséggel (I) és az idővel (t):**

$$W = U \cdot Q = U \cdot I \cdot t$$

**Az arányossági tényező, az elektromos feszültség:**

$$U = W/Q \text{ (joule/coulomb)} = W / I \cdot t$$

Elektromos mezőben két pont között az elektromos feszültség (villamos feszültség) megadja, hogy mennyi munkát végez a mező egységnyi töltésen, míg a töltés az egyik pontból elmozdul a másikba, vagy villamos áramkörben két tetszőlegesen kiválasztott pont közötti potenciálkülönbséget feszültségnek nevezzük.

**A villamos feszültség jele: U**

**SI-mértékegysége: volt (V)**, tehát a joule/coulomb, amit voltnak neveztek el. Alessandro Volta olasz fizikus után.

Gróf **Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta** (Como, 1745. február 18. - Como, 1827. március 5.) olasz fizikus, az elektromos áram elméletének kidolgozója, a víz elektrolízisének felfedezője és a kénsavoldatba merülő cink- és rézelektrodból álló Volta-elem (galvánelem) feltalálója. A volt mértékegység róla kapta a nevét.

Valamely kijelölt viszonyítási ponthoz képest mért elektromos feszültséget elektromos potenciálnak nevezik. Nagyságától függően nevezik törpefeszültségnek, kisfeszültségnek, nagyfeszültségnek vagy különlegesen nagyfeszültségnek.

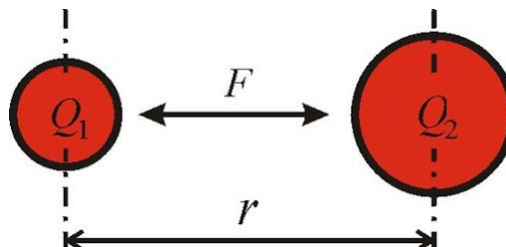
**Képlete: 1 Volt = 1 joule / coulomb**

Azt a munkát jelöli, melyet akkor kapunk, ha 1C (coulomb) töltést viszünk át egyik helyről a másikra. Ha „potenciálkülönbség” vagy a „feszültség” kifejezésről beszélünk, azt jelzi, hogy van két pont, amelyek között a feszültség fennáll vagy mérhető. Amennyiben a két (alábbi ábra) pólus jellege (pozitív vagy negatív) nem változik egyenfeszültségről (DC), ha megadott frekvencia szerint váltakozik, váltakozó vagy váltófeszültségről (AC) beszélünk. de erre majd később térünk vissza.

**F:** a két töltés között fellépő erő

**Q1 és Q2:** a töltések nagysága

**r:** a töltések közötti távolság



Nézzük meg ezt egy kicsit részletesebben.

Ha egy elektromos mező két pontja között eltér az elektromos potenciál, ezt nevezik elektromos potenciálkülönbségnek. Ez a különbség arányos azzal az elektrosztatikus erővel, ami elindítja az elektro-

nok áramlását vagy egyéb töltés cserét a két pont között. A feszültség az **elektromos mező** jellemzője, nem pedig az elektroné. Amikor egy elektron egy másik potenciálú helyre mozdul, akkor megváltozik az energiája, amit gyakran **elektronvoltban** mérnek. Ez a jelenség megegyezik pl.: ha a gravitációs térben egy tömeg egyik pontból egy másik alacsonyabb pontba való esése okozta potenciális energia-változással.

Ebből adódik, hogy ha a 'potenciálkülönbség vagy is a feszültség jön létre. Ez egyértelműen azt jelenti, hogy mérhető ez a két pont, amelyek között feszültség áll fenn.

**A feszültség nem más, mint egy elektromos mező, vagyis a feszültség jellemzője.**

A villamos tér, másképpen az **elektromos mező**, vagy **elektromos tér** a fizikában az a közeg, ami az elektromos töltések egymásra hatását közvetíti. Az elektromos mező definíciója **Michael Faraday** brit természettudósnak köszönhető. Michael Faraday (Newington Butts, 1791. szeptember 22. – Hampton Court, 1867. augusztus 25.) angol fizikus és kémikus.

#### **2.2.5. Az elektromos ellenállás**

Az elektromos potenciálkülönbség hatására az elektronok egy elektromos ellenálláson keresztül is mozognak.

##### **Definíciója:**

Elektromos ellenállásnak (pontosabban, egyenáramú ellenállásnak, röviden ellenállásnak) nevezzük az elektromos vezető két pontjára kapcsolt feszültség és a vezetőn áthaladó áram erősségének a hányadosaként értelmezett fizikai mennyiséget.

Méréssel bizonyított, hogy egy fogyasztót kétszer, háromszor nagyobb feszültségű áramforrásra kapcsolunk, a rajta átfolyó áram erőssége is kétszer, háromszor nagyobb lesz. Ebből adódóan, egy fogyasztón átfolyó elektromos áram erőssége egyenesen arányos a fogyasztó kivezetései között mért feszültséggel.

**Ez Ohm törvénye!**

**Ha két mennyiség egyenesen arányos, akkor hányadosuk állandó. Ezért ez a hányados alkalmas mennyiség a fogyasztók ellenállásának jellemzésére.**

**Ez a mennyiség az elektromos ellenállás.**

**Jele** (a latin *resistentia* (ellenállás) szó alapján): **R**.

**Mértékegysége:**  $\Omega$  (ohm)

**Számítása:**

$$R = U / I = 1 \Omega$$

**Georg Simon Ohm** (1787-1854) német fizikus.

1845-ben tette közzé a törvényeit, amelyek lehetővé teszik az áram, a feszültség és az ellenállások számítását villamos hálózatokban. Georg Simon Ohm német fizikus elméletét kiterjesztve az áram folyását leíró egyenleteket háromdimenziós rendszerekre általánosította.

### Az elektromos ellenállás tulajdonsága a melegedés.

Az elektromos vezetőkben szabad töltéshordozók (elektronok, protonok, ionok stb.) vannak, amelyek a vezetőn belül rendezetlen hőmozgást végeznek. Ha a vezetőre feszültséget kapcsolunk, akkor a feszültség polaritása és a töltéshordozók töltésének előjele által meghatározott irányú rendezett mozgás jön létre. Az áramló töltéshordozók gyorsuló mozgást végeznek, és időnként kölcsönhatásba lépnek a vezető anyagát alkotó részecskéikkel. A külső tér által végzett munka révén a gyorsuló töltéshordozók energiára tesznek szert. Ez az energia a kölcsönhatás során a vezető belső energiáját növeli, aminek ezzel együtt többnyire a hőmérséklete is növekszik. A töltéshordozók mozgását, azaz az elektromos áramot a vezető tehát kisebb-nagyobb mértékben akadályozza. A vezető ezen akadályozó tulajdonságát jellemezzük az egyenáramú ellenállással. Fentiekből érthetően az ellenállás függ a hőmérséklettől. Az ellenállás egy rendkívül fontos tulajdonsága a fémes vezetőknek, mert ennek alapján jutottak el az energiatovábbítással foglalkozó tudósok az villamos energia optimális szállítási feltételeinek megalkotásában.

A mérések szerint az ellenállás a hőmérséklet növelésével melegítés hatására is változik. A fémek ellenállása általában növekszik, a grafit, a félvezetők, az elektrolitok ellenállása pedig általában csökken. Az ellenállás-változás jelentős része abból adódik, hogy a vezető fajlagos ellenállása függ a hőmérséklettől, a hőtágulásból eredő méretváltozások szerepe elhanyagolhatóan kicsi.

A fémes vezetők ellenállásának relatív megváltozása közönséges hőmérsékleteken, nem túl nagy tartományban (pl. 0 °C – 100 °C között) megközelítőleg egyenesen arányos a hőmérséklet-változással.

### A fajlagos ellenállás.

A fajlagos ellenállás különféle anyagok elektromos áramot akadályozó tulajdonságát jellemzi. A homogén, mindenütt azonos keresztmetszetű, állandó hőmérsékletű huzalnál az **ellenállás** és a **keresztmetszet** szorzatának, valamint a **huzal hosszának** a hányadosa a huzal anyagára jellemző állandó. Ezt a hányadost az adott anyag fajlagos ellenállásának nevezzük.

**Jele:**  $\rho$ , (ró)

$R = \rho \cdot l / A$  ( $l$  a huzal hossza)

### 2.2.6.A munka és az elektromos munka

A munkavégzés, mint fogalom mindenki számára ismert a köznapi életben állandóan használjuk.

**Definíciója:**

**Munka** = az **erő (F)** szorozva az erő irányában megtett **úttal (s)**

Vagyis figyelembe kell venni a testre ható erő irányát is. Ebből az erőből ugyanis csak annyi hasznosul a munka szempontjából, amennyi az elmozdulás irányába esik.

**Az elmozdulás irányába eső erő:**  $F \cdot \cos \alpha$

Így az erő által végzett munka:

$$W = F \cdot s \cdot \cos \alpha$$

**SI-mértékegysége:** joule (J) (Nm)

**James Prescott Joule** (Salford, Anglia, 1818. december 24. – Sale, Anglia, 1889. október 11.) angol fizikus. 1840-ben felfedezte, hogy a testeket csak egy meghatározott mértékig lehet mágnesezni. Vizsgálta az elektromos áram hőhatását és felfedezte az ezzel kapcsolatos törvényt.

#### **Az elektromos munka.**

Áram hatására a különböző anyagú és minőségű vezetők különböző mértékben melegsznek. Azonos keresztmetszetű és hosszúságú vezetők esetén a nagyobb fajlagos ellenállású anyag melegszik jobban. Az elektromos áram hőt termel, amelynek nagysága az áramvezető adataitól is függ.

**Ez a Joule-féle hő.** Ez a hő munkavégzés eredménye.

#### **Az elektromos munka függ:**

**A fogyasztó két kivezetése közti feszültségtől (U).**

**A fogyasztón áthaladó áram erősségétől (I) és a fogyasztás időtartamától (t).**

**Képletben:**

$$W = U \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t$$

**Mértékegysége: J (joule)**

#### **Az elektromos munka fizikai magyarázata:**

Elektromos mezőben levő töltésre erő hat (Coulomb erő), mely a töltött testet gyorsítja, a nem rögzített test elmozdul, így munkát végez. A Q töltés az A pontból a B pontba kerülve munkát végez.

#### **2.2.7. A teljesítmény**

**A fizikai teljesítmény** (jelölése **P**) a munkavégzés vagy energiaátvitel sebessége, más szóval **az egységnyi idő alatt végzett munka.**

**Az adott t idő alatt elvégzett W munka és az idő hányadosa az átlagos teljesítmény.**

A teljesítmény mértékegységeit a mechanikai munka mértékegységeiből származtatják az idő mértékegységével osztva.

**Az SI egység a watt (W), amely egyenlő a joule osztva másodperccel.  $1\text{ W} = 1\text{ J/s}$**

James Watt (1736. január 19. – 1819. augusztus 25.) skót feltaláló és mérnök, aki a gőzgép fejlesztésével lényegesen hozzájárult az ipari forradalomhoz. Róla nevezték el a teljesítmény mértékegységét (watt) az SI rendszerben.

**Egy berendezés pillanatnyi villamos (P) teljesítménye:**

$$P(t) = U(t) \cdot I(t) \text{ ahol:}$$

**U(t)** a pillanatnyi teljesítmény wattban (**W**),

**U(t)** a feszültség (potenciálkülönbség) voltban (**V**),

**I(t)** a berendezésen átfolyó áram áramerőssége amperben (**A**).

Ha egy berendezés **ellenállás**, akkor

$$P = I^2 \cdot R = U^2 / R \text{ (az elektromos ellenállás ohmban } (\Omega)\text{).}$$

Majd látni fogjuk, hogy a váltakozó áramnál fázisszöggel is kell majd számolnunk a teljesítmény mérésénél.

### 2.2.8. Az áramkör

A vezetékkel összekapcsolt áramforrás és fogyasztó áramkört alkot. Tartós elektromos áram csak zárt áramkörben jöhet létre. Az áramkör nyitása, zárása legtöbbször kapcsolóval történik.

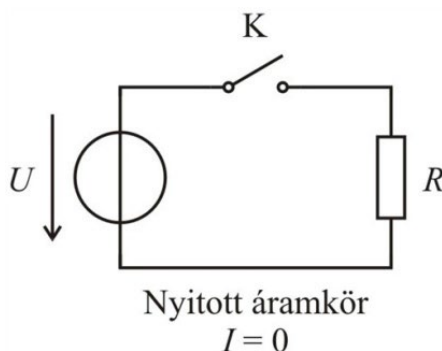
Zárt áramkörben az elektronok az áramforrás negatív pólusa felől vándorolnak a vezetéken és fogyasztón keresztül a pozitív pólus felé. Ezt az áramlási irányt fizikai áramiránynak nevezzük. Valójában a villamos szakmák a technikai áramirányt használják, ahol a töltések a pozitív pólustól a negatív pólus-irányába halad. A kémia tudományának fejlődése következtében rájöttek a tudósok, hogy valójában a fizikai áramirány a valóságos.

#### Az áramkör elemei.

Egy áramkörben rengetegféle elem található meg. Ami a töltéseket mozgatja, az mindenképpen egy **áramforrás**. Az áramforrás lehet egy hálózati feszültség, letranszformált egyéb váltóáramú feszültség, egyenirányítóval létrehozott egyenáramú áramforrás, vagy elem, akkumulátor stb. Ezekről, majd később teszünk említést.

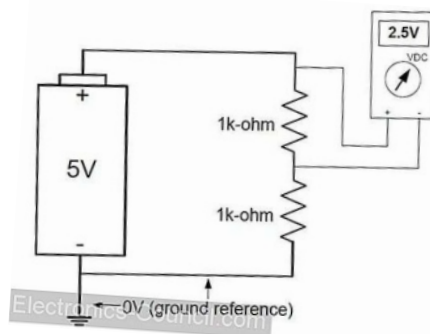
Fontos még, hogy minden áramkörben legyen **fogyasztó** is. Ezeket legegyszerűbben egy elektromos ellenállással jelképezhetjük, mivel mindegyik az árammal szemben ellenállást képvisel. Fogyasztó lehet egy elektromos motor, vasmagos tekercs (elektromágnes), izzó, LED, akármilyen elektromos áramot igényel a működéséhez.

Nem csak fogyasztókat találhatunk meg egy áramkörben, hanem egyéb szabályzó, vezérlő, stb. eszközöket is. Ilyen eszköz például a kapcsoló. Nyitott állásában az áramkör is nyitott, (megszakadt állapotú), ezért az áramkörben nem folyik áram, azaz a fogyasztókon sem, ahogy az alábbi ábrán látható.



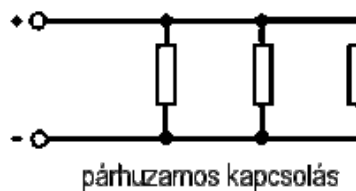
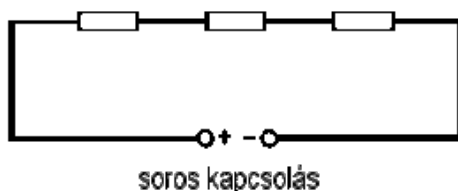
### 2.2.9. A föld (földelési pont)

Ebben az esetben a feszültség kifejezést abban az értelemben használjuk, hogy meghatározzuk az áramkör egy adott pontjának a feszültségét. Van egy vonatkoztatási pont, amihez képest a többi pont feszültségét mérjük, ez a pont pedig a **közös pont**, vagy más szavakkal a **testpotenciál**. Abban az esetben, ha ezt a pontot összekötik a földdel (ha ez lehetséges) akkor ez az ún. **földelési pont**, és a földhöz képest fennálló feszültségeket mérjük.



A mérésnél - általános esetben - egy ponthoz (a referencia pont) viszonyított feszültségkülönbséget mérünk. Ez a feszültség lehet pozitív vagy negatív. Az, hogy a feszültség nagy vagy kicsi csak a feszültség mértékére vonatkozik, ez egy abszolút érték.

Gyakorlatban pl.: mérésakor a „feszültség”, vagy „feszültségesés” kifejezést abban az értelemben használjuk, hogy mekkora az a feszültség, ami egy elektromos berendezés kapcsai között mérhető (ha a berendezést egy ellenállásnak tekintjük, azaz: egy fogyasztót jellemző ellenállással helyettesítünk). Ez a feszültség függhet a berendezésen átfolyó áramtól. Fontos: ezzel a méréssel nem azt mérjük meg, hogy mekkora az adott berendezés tápfeszültsége (ami megegyezik a tápláló hálózat feszültségével), hanem azt mérjük meg, hogy ha az adott berendezést sorba kötünk egy másik eszközzel, akkor arra a tápfeszültségnél mennyivel kisebb feszültség jutna. Ennek az értéknek például karácsonyfaizzók esetében van jelentősége: meg lehet határozni, hogy hány karácsonyfaizzót kell egymás után (sorba) kötni, hogy azokra ne jusson magasabb feszültség, mint amit azok el tudnak viselni (ami a gyakorlatban 12–15 volt körül van). Párhuzamos kötéseknel a feszültség nem változik.



## 2.2.10. A Kirchhoff-törvények

A **Kirchhoff-törvények** a villamosságtanban a töltés és az energia megmaradását tárgyalják. Először Gustav Kirchhoff mondta ki őket 1845-ben. Mindkét törvény közvetlenül levezethető a Maxwell-egyenletekből, de Kirchhoff még Ohm törvényeinek általánosítását használta fel.

Az ohm törvények nem minden villamos hálózat jellemzésére alkalmas. Ezek az áramkörök már bonyolultabb elemekből tevődnek össze és ezért két tudós **Edward Lawry Norton** és **Léon Charles Thévenin** megalkották a **Thevenin és Norton törvényeket, ami az ohm törvényt használja fel**. A **Thevenin tétel** azt fogalmazza meg, hogy azok az elektromos hálózatok, amelyek lineáris áramköri elemekből, valamint feszültség és áramforrásokból (generátorokból) állnak, azok mindig helyettesíthők olyan kétpólussal, amely egy feszültségforrásnak és egy impedanciának soros eredőjéből áll. A **Norton tétel** szinte teljesen azonos az előző törvénnyel, csak a helyettesítő kétpólus egy áramforrás és egy vele párhuzamosan kapcsolt impedancia. Terhelés nélkül az áramkör kimeneti pontjain itt is az eredő ún. üresjárási feszültséget kapjuk (az érdekesség kedvéért tértünk ki rá).

Egy tetszőlegesen bonyolult villamos hálózat (áramkör) elemeire egyenként alkalmazható az Ohm-törvény, hiszen az összetartozó áram, feszültség és ellenállás mennyiségek közötti kapcsolatot mutatja. Viszont a több elemből álló hálózatnál a Kirchhoff-törvények nyújtanak segítséget, amelyek leegyszerűsíthetik a számítási műveleteket (az előbbieket alapján).

A fizikus két alaptörvénye a **csomóponti** (I. törvény) és a **huroktörvény** (II. törvény).

### Kirchhoff I. törvénye.

A csomóponti törvény párhuzamos (elágazó) áramkörökre vonatkozik. Az elágazásnál csomópont keletkezik. A törvény értelmében:

**A csomópontba befolyó áramok összege megegyezik az onnan elfolyó áramok összegével.**

A törvény alapja az, hogy egy villamos hálózat csomópontjaiban nincs töltésfelhalmozódás (forrásmentes hely).

A csomópontnak létezik még egy fontos jellemzője, az, hogy elektromos potenciállal rendelkezik. Ez a potenciál egy másik csomóponthoz képest mérhető, nagysága függ az összekötő elem(ek) ellenállás-értékétől, és az átfolyó áram nagyságától. A potenciálkülönbség átfolyó áramot hoz létre egy ellenálláson, de azt is mondhatjuk, hogy az átfolyó áram hatására jön létre az ellenállás két végpontja között potenciálkülönbség.

### Kirchhoff II. törvénye.

Sorosan kapcsolt áramköri elemekre vonatkozik. A törvény értelmében:

**Bármely zárt hurokban a feszültségek előjeles összege nulla.**

Az előjel megállapítása úgy történik, hogy egy tetszőleges irányítású "körüljárási irányt" veszünk fel. A körüljárási irányt egy be nem záródó körvonal végén a nyíl jelzi. Ha az áramkör csak egy hurokból áll, a kör középpontjába írt "+" mutatja, hogy az ilyen irányú feszültségeket tekintjük pozitív előjelűnek (azok a feszültségek pedig, melyek iránya a körüljárási iránnyal ellentétes, negatív előjelűek). Ha az áramkör több hurokból áll, a kör középpontjába a hurok sorszáma kerül.

**Zárt hurokban a feszültségforrások összege megegyezik a feszültségesések összegével.**

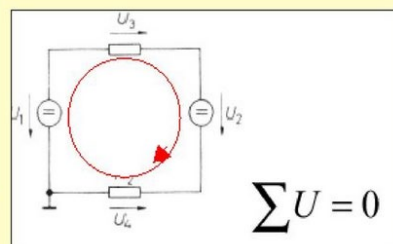
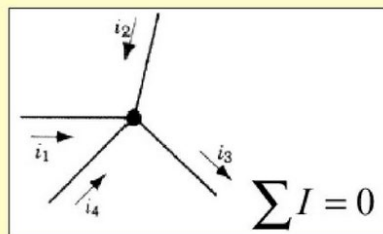
- **Csomóponti törvény:**

- Egy csomópontba befolyó és onnan kifolyó áramok előjeles összege 0 A

- **Huroktörvény:**

- Tetszőleges zárt hurokban a feszültségek előjeles összege 0 V

*A Kirchhoff törvények alkalmazásával minden hálózat megoldható*



(Létezik még az **egyesített Kirchhoff törvénye** is, erről csak annyit kell tudnunk, hogy mivel az I-es és II-es törvény mindenféle hálózatra igaz, így minden esetben lehet alkalmazni őket ismeretlen feszültségek és/vagy áramok kiszámítására.)

### 2.2.11. A kapacitás

Az **elektromos kapacitás** skaláris fizikai mennyiség.

**Jele:** C,

**Mértékegysége:** a farad (F).

Szigetelő közegben egymás környezetében elhelyezkedő két elektromosan vezető testen az egységnyi feszültség hatására megjelenő villamos töltés tárolási mennyiségét adja meg.

**Az egymás környezetében elhelyezkedő vezető anyagú testeket elektródáknak nevezzük.**

A testek akkor vannak egymás környezetében, ha villamos terük befolyással van egymásra, azaz villamos töltéseik együttesen határozzák meg környezetükben a villamos teret.

A **farad** elnevezést Josiah Latimer Clark angol villamosmérnök találta ki 1861-ben, és Faraday iránti tiszteletből nevezte el a kapacitás egységét farad-nak.

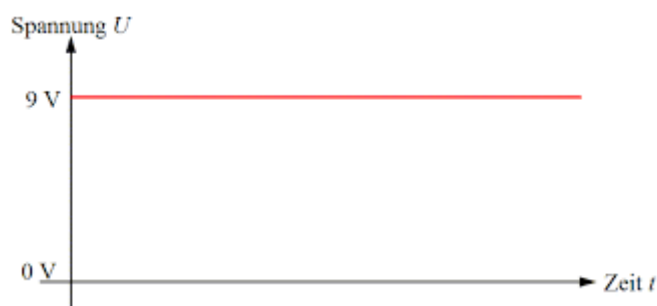
### 2.2.12. Az egyenáram

Az **egyenáram** (direct current, **rövidítve: DC**) olyan elektromos áram, amelyben a töltéshordozók időben állandó vagy változó mennyiségben, de egyazon irányban haladnak.

**Az áram erősségét (I) az áramvezető teljes keresztmetszetén adott idő alatt áthaladó összes töltésmennyiség (Q) és az idő (t) hányadosával jellemezzük.**

$$I = Q / t$$

a feszültség (U) és az idő(t) függvényében ábrázolva



**Jellemző hatásai:**

- **Hőhatás.**

Az elektromos áram hőhatása több, egymáshoz kapcsolódó kölcsönhatás eredménye.

A fémek esetében az elektromos mező gyorsítja a szabad elektronokat, az áramló elektronok kölcsönhatásba kerülnek a vezető helyhez kötött részecskéivel, azokat élénkebb rezgésre kényszerítik,

tehát a vezető felmelegszik. A felmelegedett vezető kölcsönhatásban van a környezetével és felmelegíti azt.

#### - **Kémiai hatás:**

A vegyületek szétválasztásában is alkalmazzák. Az elektrolitba merülő elektródákra feszültséget kapcsolva áram folyik, aminek hatására az elektrolitban kémiai reakció megy végbe. Ezt a folyamatot nevezik elektrolízisnek. A folyamat mennyiségi összefüggéseit a Faraday elektrolízis-törvényei írják le.

Az áram vegyi hatását hasznosító alkalmazások a galvánelemek, az akkumulátorok, a tüzelőanyag-cellák. A fémeket roncsoló elektrokémiai reakció a korrózió.

#### **A galvánelem.**

A galvánelem két elektródból (fél cellából) áll. A legegyszerűbb galvánelem az, amikor a két tiszta fém elektród saját ionjait tartalmazó sóoldatba merül. A sóoldatban a bemerülő fém oxidált, pozitív töltésű kationjai és az ezeket semlegesítő anionok találhatók. Az elektródok a fémeket két különböző oxidációs állapotban tartalmazzák. A lejátszódó redoxireakciót a konvenció szerint a redukció irányában írjuk fel. Luigi Galvani olasz orvos, fizikus után nevezték el.

#### **Üzemanyag-cella.**

A tüzelőanyag-elem (tüzelőanyag-cella, üzemanyagcella) egy kémiai áramforrás, amelyben az áramtermelő folyamat valamilyen tüzelőanyag (pl.: földgáz, gázolaj, szén, hidrogén, alkohol) oxidációja. A tüzelőanyag-elemek annyiban különböznek a galvánelemtől, hogy működésük közben az áramtermelő reakcióban részt vevő anyagokat folyamatosan táplálják be, a keletkező termékeket pedig elvezetik, így, szemben a galvánelekkel, nem "merülnek ki". A hagyományos hőerőgépeknél sokkal, nagyobb hatásfokkal képesek a kémiai energiát elektromos energiává alakítani (vagy fordítva), és jelentősen kisebb a károsanyag-kibocsátásuk

#### **A dinamó.**

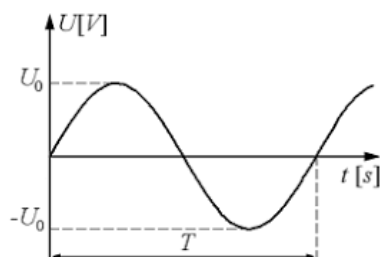
Dinamónak nevezzük azokat a villamos gépeket, amelyek mechanikai energiából egyenáramú villamos energiát állítanak elő.

A dinamó mechanikai energiából egyenáramút, míg a generátor váltóáramú villamos energiát állít elő. Ez az egyik alapvető különbség, de mindkét szerkezet a mozgási indukció fizikai jelenségét használja fel, ha erős mágneses térben villamos vezető mozog, a mágneses erővonalak metszésének hatására feszültség indukálódik. A dinamó esetében az állórész vastest szolgál állandó elektromágnesként, és a forgórész tekercsein indukálódik a feszültség, melyet a kommutátorra vezetnek ki, és szénkefék segítségével jut el a dinamó kivezetéséhez.

#### **2.2.13. A váltakozó áram, váltakozó feszültség**

A váltakozó áram kissé pontatlanul váltóáram (alternating current, rövidítve: AC) olyan elektromos áram, amelynek iránya és intenzitása periodikusan változik. Tiszta váltakozó áramról beszélünk, ha az egy periódus alatt egy irányban átfolyó össztöltés zérus. Nem tiszta váltakozó áram felbontható egy tiszta váltakozó áram és egy egyenáram komponens összegére.

Rokon fogalom a váltakozó feszültség, ami olyan feszültség, aminek nagysága és iránya periodikusan változik.

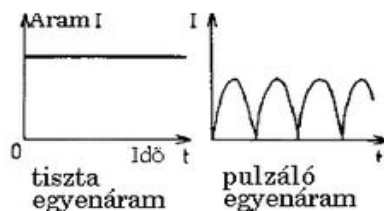


Az olyan **feszültséget**, amelynek nem csak a nagysága, hanem iránya is változik, **váltakozó feszültségnek** nevezik.

**Megjegyzés.** A váltakozó feszültség, vagy áram már nem szétválasztható villamos mennyiség, hiszen a váltakozó áram és a váltakozó feszültség a nagysága és iránya is változó csupán fázis különbség van köztük, amit fáziseltolásnak hívunk.

Egy generátor hatékony, vagy közelítőleg optimális energia leadása miatt beépítenek egy kapacitív, vagy egy induktív tagok, mely ezeket a fáziskülönbségeket (késések sietségek) kompenzálják. Jellemzően a kapacitív tag beépítésével az áramsietséget csökkentik a feszültséghez képest, míg az induktív taggal a késésen javítanak az áram és a feszültség között.

**Az egyenáram/egyenfeszültség is lehet változó, de ennek értéke soha nem lesz negatív!**



**Fontos tudni:** Váltakozó feszültség nem keletkezik magától. Elő kell állítani, ehhez a villamos töltések mozgásának következtében kialakult teret kell vizsgálnunk.

#### 2.2.14. A mágneses tér

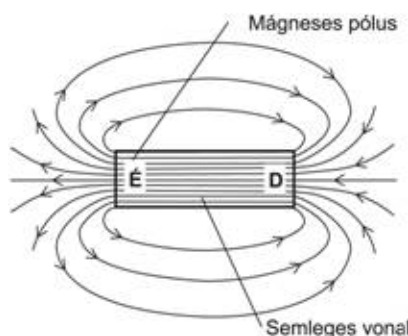
A mozgó villamos töltések (áram) a körülöttük levő teret különleges állapotba hozzák. Ugyanezeket a hatásokat tapasztaljuk, ha egy állandó mágnes körül vizsgálódunk. A nyugvó villamos töltések közötti villamos tér és a mozgó villamos töltések közötti mágneses tér sok analógiát mutat. Rengeteg mindennapi eszközünk működése alapszik a mágneses tér jelenségein (elektromágnes, transzformátor, hangszóró, villamos mérőműszer, számítógép, mágneslemez). Az elektromágneses indukció szintén rokon a mágneses térrel, szinte belőle nő ki, mondhatnánk, és elsajátítása után máris ott toporgunk az elektronika másik nagy birodalmának (egyenáramú hálózatok mellett), a váltakozó áramú hálózatoknak az előszobájában.

A mágneses tér a térnek az a része, ahol a mágneses kölcsönhatás kimutatható.

**Mágneses kölcsönhatás:**

Egy másik mágnesre vagy áramjárta vezetőre, erőhatás tapasztalható. Megfigyelhető áramjárta vezetőek és a különleges ötvözetből készült tárgyak környezetében. Az utóbbiak az állandó vagy permanens mágnesek.

A mágneses tér az elektromos térhez hasonlóan láthatatlan, ezért szemléltetésére ún. erővonalakat használunk. Ezeket az erővonalakat a mágneses tér esetében indukcióvonalaknak nevezzük. A tér erősségét a vonalak sűrűsége, irányát a vonalakra rajzolt nyíl fejezi ki. Az indukcióvonalak az elektromos tér erővonalaival ellentétben mindig zártak, nincs kezdetük és végük, önmagukba záródva veszik körül a mágneses teret.



Hogy tudjuk létrehozni a mágneses teret?

Egyrészt állandó mágnessel, ahol a mágnesnek azt a részét, ahol a kölcsönhatás a legerősebb (indukcióvonalakkal jellemezzük a kölcsönhatást, ahol a legerősebb a kölcsönhatás ott a legsűrűbbek az indukcióvonalak) mágneses pólusnak nevezzük. Az indukcióvonalak az északi (É) jelzett pólusból indulva a téren át a déli (D) pólus felé haladnak, majd a mágnes belsejében záródnak. A két pólus között mindig található egy hely, ahol mágneses kölcsönhatás nem tapasztalható. Ez a semleges vonal.

A mágneses pólusok az elektromos töltésekkel ellentétben mindig csak együtt léteznek. Az északi pólus nem létezik a déli nélkül és fordítva.

Az egynemű mágneses pólusok taszítják, a különneműek vonzzák egymást.

## Önellenőrző kérdések (Az elektromosságot jellemző mennyiségek)

### 1. Mi az elektromos töltés fogalma, jele, és mértékegysége?

**Válasz:**

Az elektromos töltés fogalma:

A pozitív proton és a negatív elektron egymásra hatása miatt elektromágneses teret hoz létre.

Jele: **Q**

Mértékegysége: **Coulomb (C)**.

### 2. Mutassa be a Coulomb törvényt!

**Válasz:**

**A Coulomb-törvény.**

E törvény szerint két elektromos töltés közti erő arányos a töltések szorzatával és fordítottan arányos a köztük lévő távolság négyzetével. A Coulomb-erő egyike az atomi reakcióban szerepet játszó alapvető erőknek.

A fizikában két pontszerű elektromos töltés közti elektromos kölcsönhatásból származó erő nagyságát és irányát adja meg.

A töltött testek között fellépő erőhatást Coulomb-erőnek nevezzük. Két azonos előjelű töltés taszítja, két különböző előjelű töltés vonzza egymást.

### 3. Mi az áram, az áramerősség jele, és mértékegysége?

**Válasz:**

**Az áram:**

Az elektromos áram az elektromos töltések elmozdulása miatt keletkezik. Tehát az áram nem más, mint az elektromos töltésű részecskék áramlása.

Jele: **I**

Mértékegysége: **A (amper)**

1 amper áramerősség esetén másodpercenként 1 coulomb elektromos töltés áramlik át egy adott keresztmetszeten. Az áram iránya, megállapodás szerint, a pozitív töltések mozgásának irányával egyezik meg.

### 4. Mi az áramsűrűség fogalma, annak jele, és mértékegysége?

**Válasz:**

**Az áramsűrűség:**

Az elektromos áramsűrűség a vezető egységnyi felületén a felületre merőleges irányban áthaladó elektromos áram nagysága, feltételezve, hogy a vezetőben az áram eloszlása egyenletes. Másképpen az áramsűrűség az egységnyi felületen a rá merőleges irányban időegység alatt áthaladó töltésmennyiséggel egyenlő, egyenletes árameloszlás mellett.

Jele: **J**

$$J = I / A$$

(J az áramsűrűség, I az áramerősség és az A, a felület (keresztmetszet) nagysága)

Mértékegysége (nemzetközi mértérendszerben, SI-ben): **A/m<sup>2</sup>** - Amper/négyzetméter, használatosak meg ennek decimális többszörösei: MA/m<sup>2</sup>, kA/m<sup>2</sup>, A/mm<sup>2</sup>, A/cm<sup>2</sup>.

**Mértékegység meghatározása:**

1 A/m<sup>2</sup> az elektromos áramsűrűség, ha az áramlás irányára merőleges 1 m<sup>2</sup> keresztmetszeten 1 A erősségű áram folyik át.

### 5. Mi a feszültség meghatározása, annak jele, és mértékegysége?

**Válasz:**

**A feszültség:**

Két pont között akkor van potenciálkülönbség, ha csak az elektromos térrel szembeni munkavégzés árán juttatható töltés egyikből a másikba. A két pont közötti potenciálkülönbség és a közöttük levő távolság hányadosa megadja a két pont közötti elektromos mező erősségét. A valamely elem sarkai közötti potenciálkülönbség azt mutatja meg, hogy az milyen mértékben képes áramot fenntartani egy áramkörben.

Elektromos mezőben két pont között az **elektromos feszültség** (villamos feszültség) megadja, hogy mennyi munkát végez a mező egységnyi töltésen, míg a töltés az egyik pontból

elmozdul a másikba, vagy villamos áramkörben két tetszőlegesen kiválasztott pont közötti potenciálkülönbséget feszültségnek nevezzük.

Az arányossági tényező, az **elektromos feszültség**:

$$U = W / Q \text{ (joule/coulomb)} = W / I \cdot t$$

A villamos feszültség jele: **U**

SI-mértékegysége: **volt (V)**, tehát a joule/coulomb, amit voltoknak neveztek el. Alessandro Volta olasz fizikus után.

Ha egy elektromos mező két pontja között eltér az elektromos potenciál, ezt nevezik elektromos potenciálkülönbségnek. Ez a különbség arányos azzal az elektrosztatikus erővel, ami elindítja az elektronok áramlását vagy egyéb töltés cserét a két pont között. A feszültség az elektromos mező jellemzője, nem pedig az elektroné. Amikor egy elektron egy másik potenciálú helyre mozdul, akkor megváltozik az energiája, amit gyakran elektronvoltban mérnek. Ez a jelenség megegyezik pl.: ha a gravitációs térben egy tömeg egyik pontból egy másik alacsonyabb pontba való esése okozta potenciális energiaváltozással.

Ebből adódik, hogy ha a 'potenciálkülönbség vagy is a feszültség jön létre. Ez egyértelműen azt jelenti, hogy mérhető ez a két pont, amelyek között feszültség áll fenn.

A **feszültség** nem más, mint egy elektromos mező, vagy is a feszültség jellemzője.

## 6. Mi az elektromos ellenállás meghatározása, annak jele, és mértékegysége?

**Válasz:**

**Elektromos ellenállás definíciója:**

Elektromos ellenállásnak (pontosabban, egyenáramú ellenállásnak, röviden ellenállásnak) nevezzük az elektromos vezető két pontjára kapcsolt **feszültség** és a vezetőn áthaladó **áram erősségének** a **hányadosaként** értelmezett fizikai mennyiséget.

Ha két mennyiség egyenesen arányos, akkor hányadosuk állandó. Ezért ez a hányados alkalmas mennyiség a fogyasztók ellenállásának jellemzésére. Ez a mennyiség az elektromos ellenállás.

Jele (a latin *resistentia* (ellenállás) szó alapján): **R**.

Mértékegysége:  **$\Omega$  (ohm)**

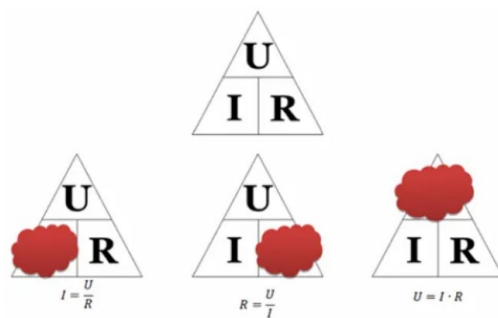
Számítása:  **$R = U / I = 1 \Omega$**

## 7. Mi Ohm törvénye?

**Válasz:**

Méréssel bizonyított, hogy egy fogyasztót kétszer, háromszor nagyobb feszültségű áramforrásra kapcsolunk, a rajta átfolyó áram erőssége is kétszer, háromszor nagyobb lesz. Ebből adódóan, egy fogyasztón átfolyó elektromos áram erőssége egyenesen arányos a fogyasztó kivezetései között mért feszültséggel. Ez Ohm törvénye!

Ohm törvény megállapítja az áram, a feszültség és az ellenállás kapcsolatát.



Az elektromos áramkör bármely szakaszát vagy elemét három jellemzővel lehet jellemezni: áram, feszültség és ellenállás.

Ohm háromszögének használata: takarja le a kívánt értéket - két másik szimbólum adja meg a képletet a számításához. Egyébként a háromszögből csak egy képletet nevezünk Ohm törvényének - azt, amely tükrözi az áram feszültségtől és ellenállástól való függését. A másik két képlet, bár következményei, fizikai értelme nincs

## 8. Mi a fajlagos ellenállás fogalma, jele, és mértékegysége?

**Válasz:**

**A fajlagos ellenállás.**

A fajlagos ellenállás különféle anyagok elektromos áramot akadályozó tulajdonságát jellemzi. A homogén, mindenütt azonos keresztmetszetű, állandó hőmérsékletű huzalnál az ellenállás és a keresztmetszet szorzatának, valamint a huzal hosszának a hányadosa a huzal anyagára jellemző állandó. Ezt a hányadost az adott anyag fajlagos ellenállásának nevezzük.

Jele:  **$\rho$ , (ró)**

$$R = \rho \cdot l / A \quad (,,l'' \text{ a huzal hossza, } ,,A'' \text{ keresztmetszet})$$

## 9. Mi a munka definíciója?

**Válasz:**

Munka = az erő (F) szorozva az erő irányában megtett úttal (s)

Vagyis figyelembe kell venni a testre ható erő irányát is. Ebből az erőből ugyanis csak annyi hasznosul a munka szempontjából, amennyi az elmozdulás irányába esik.

Az elmozdulás irányába eső erő:  $F \cdot \cos \alpha$

Így az erő által végzett munka:  **$W = F \cdot s \cdot \cos \alpha$**

SI-mértékegysége: **joule (J) (Nm)**

## 10. Mi az elektromos munka, és az mitől függ?

**Válasz:**

Áram hatására a különböző anyagú és minőségű vezetők különböző mértékben melegsznek. Azonos keresztmetszetű és hosszúságú vezetők esetén a nagyobb fajlagos ellenállású anyag melegszik jobban. Az elektromos áram hőt termel, amelynek nagysága az áramvezető adataitól is függ. Ez a Joule-féle hő. Ez a hő munkavégzés eredménye.

**Az elektromos munka függ:**

- A fogyasztó két kivezetése közti feszültségtől ( $U$ ).
- A fogyasztón áthaladó áram erősségétől ( $I$ ) és a fogyasztás időtartamától ( $t$ ).

Képletben:

$$W = U \cdot I \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t$$

Mértékegysége: **J (joule)**

## 11. Mi a teljesítmény fogalma, jele, és mértékegysége?

**Válasz:**

**A teljesítmény**

A fizikai teljesítmény (jelölése  $P$ ) a munkavégzés vagy energiaátvitel sebessége, más szóval az egységnyi idő alatt végzett munka.

Az adott  $t$  idő alatt elvégzett  $W$  munka és az idő hányadosa az átlagos teljesítmény.

A teljesítmény mértékegységeit a mechanikai munka mértékegységeiből származtatják az idő mértékegységével osztva.

Jelölése: **P**

Az SI egység a **watt (W)**, amely egyenlő a joule osztva másodperccel. **1W = 1J / s**

**Egy berendezés pillanatnyi villamos (P) teljesítménye:**

$$P(t) = U(t) \cdot I(t) \quad \text{ahol:}$$

$P(t)$  a pillanatnyi teljesítmény wattban (W),

$U(t)$  a feszültség (potenciálkülönbség) voltban (V),

$I(t)$  a berendezésen átfolyó áram áramerőssége amperben (A).

**Ha egy berendezés ellenállás, akkor**

$$P = I^2 \cdot R = U^2 / R \quad (\text{az elektromos ellenállás ohmban } (\Omega)).$$

## 12. Határozza meg, mi az „áramkör”, mutassa be annak elemeit!

**Válasz:**

**Az áramkör**

A vezetékkel összekapcsolt áramforrás és fogyasztó áramkört alkot. Tartós elektromos áram csak zárt áramkörben jöhet létre.

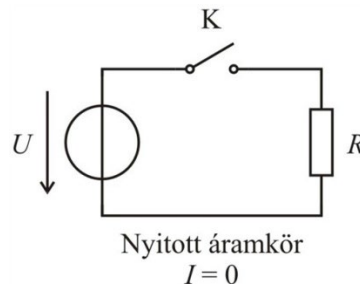
**Az áramkör elemei.**

Egy áramkörben rengetegféle elem található meg. Ami a töltéseket mozgatja, az mindenképpen egy áramforrás. Az áramforrás lehet egy hálózati feszültség, letranszformált egyéb váltóáramú feszültség, egyenirányítóval létrehozott egyenáramú áramforrás, vagy elem, akkumulátor stb.

Fontos még, hogy minden áramkörben legyen fogyasztó is. Ezeket legegyszerűbben egy elektromos ellenállással jelképezhetjük, mivel mindegyik az árammal szemben ellenállást

képvisel. Fogyasztó lehet egy elektromos motor, vasmagos tekercs (elektromágnes), izzó, LED, akármilyen, ami elektromos áramot igényel a működéséhez.

Nem csak fogyasztókat találhatunk meg egy áramkörben, hanem egyéb szabályzó, vezérlő, stb. eszközöket is. Ilyen eszköz például a kapcsoló. Nyitott állásában az áramkör is nyitott, (megszakadt állapotú), ezért az áramkörben nem folyik áram, azaz a fogyasztókon sem, ahogy az alábbi ábrán látható.



### 13. Mi a különbség a fizikai áramirány, és a technikai áramirány között?

#### Válasz:

Zárt áramkörben az elektronok az áramforrás negatív pólusa felől vándorolnak a vezetéken és fogyasztón keresztül a pozitív pólus felé. Ezt az áramlási irányt **fizikai áramirány**nak nevezzük.

Valójában a villamos szakmák a **technikai áramirányt** használják, ahol a töltések a pozitív pólustól a negatív pólusirányába halad. A kémia tudományának fejlődése következtében rájöttek a tudósok, hogy valójában a fizikai áramirány a valóságos.

### 14. Mi a föld (földelési pont)?

#### Válasz:

Ebben az esetben a feszültség kifejezést abban az értelemben használjuk, hogy meghatározzuk az áramkör egy adott pontjának a feszültségét. Van egy **vonatkoztatási pont**, amihez képest a többi pont feszültségét mérjük, ez a pont pedig a közös pont, vagy más szavakkal a testpotenciál. Abban az esetben, ha ezt a pontot összekötik a földdel (ha ez lehetséges) akkor ez az ún. **földelési pont**, és a földhöz képest fennálló feszültségeket mérjük.

### 15. Mutassa be a Kirchhoff-törvényeket!

#### Válasz:

A Kirchhoff-törvények a villamosságtanban a töltés és az energia megmaradását tárgyalják. Mindkét törvény közvetlenül levezethető a Maxwell-egyenletekből, de Kirchhoff még Ohm törvényeinek általánosítását használta fel.

Egy tetszőlegesen bonyolult villamos hálózat (áramkör) elemeire egyenként alkalmazható az Ohm-törvény, hiszen az összetartozó áram, feszültség és ellenállás mennyiségek közötti kapcsolatot mutatja. Viszont a több elemből álló hálózatonál a Kirchhoff-törvények nyújtanak segítséget, amelyek leegyszerűsíthetik a számítási műveleteket (az előbbieken alapján).

A fizikus két alaptörvénye a **csomóponti** (I. törvény) és a **huroktörvény** (II. törvény).

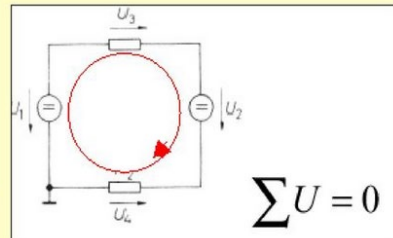
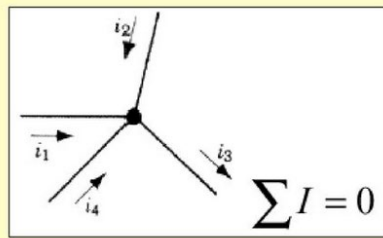
- **Csomóponti törvény:**

- Egy csomópontba befolyó és onnan kifolyó áramok előjeles összege 0 A

- **Huroktörvény:**

- Tetszőleges zárt hurokban a feszültségek előjeles összege 0 V

*A Kirchhoff törvények alkalmazásával minden hálózat megoldható*



### Kirchhoff I. törvénye.

A **csomóponti törvény** párhuzamos (elágazó) áramkörökre vonatkozik. Az elágazásnál csomópont keletkezik.

#### A törvény értelmében:

A csomópontba befolyó áramok összege megegyezik az onnan elfolyó áramok összegével.

A törvény alapja az, hogy egy villamos hálózat csomópontjaiban nincs töltésfelhalmozódás (forrásmentes hely).

A csomópontnak létezik még egy fontos jellemzője, az, hogy elektromos potenciállal rendelkezik. Ez a potenciál egy másik csomóponthoz képest mérhető, nagysága függ az összekötő elem(ek) ellenállás-értékétől, és az átfolyó áram nagyságától. A potenciálkülönbség átfolyó áramot hoz létre egy ellenálláson, de azt is mondhatjuk, hogy az átfolyó áram hatására jön létre az ellenállás két végpontja között potenciálkülönbség.

### Kirchhoff II. törvénye.

A **huroktörvény** sorosan kapcsolt áramköri elemekre vonatkozik.

#### A törvény értelmében:

Bármely zárt hurokban a feszültségek előjeles összege nulla.

Az előjel megállapítása úgy történik, hogy egy tetszőleges irányítású "körüljárási irányt" veszünk fel. A körüljárási irányt egy be nem záródó körvonal végén a nyíl jelzi.

Ha az áramkör csak egy hurokból áll, a kör középpontjába írt "+" mutatja, hogy az ilyen irányú feszültségeket tekintjük pozitív előjelűnek (azok a feszültségek pedig, melyek iránya a körüljárási iránnyal ellentétes, negatív előjelűek). Ha az áramkör több hurokból áll, a kör középpontjába a hurok sorszáma kerül.

Zárt hurokban a feszültségforrások összege megegyezik a feszültségesések összegével.

## 16. Mi a kapacitás meghatározása, jele, és mértékegysége?

**Válasz:**

**A kapacitás:**

Szigetelő közegben egymás környezetében elhelyezkedő két elektromosan vezető testen az egységnyi feszültség hatására megjelenő villamos töltés tárolási mennyiségét adja meg. Az elektromos kapacitás skaláris fizikai mennyiség.

Jele: **C**

Mértékegysége: **farad (F)**.

Szigetelő közegben egymás környezetében elhelyezkedő két elektromosan vezető testen az egységnyi feszültség hatására megjelenő villamos töltés tárolási mennyiségét adja meg.

Az egymás környezetében elhelyezkedő vezető anyagú testeket elektródáknak nevezzük.

## 17. Mi az egyenáram?

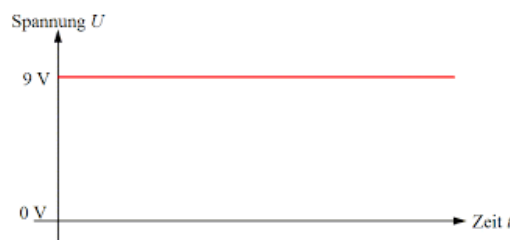
**Válasz:**

Az egyenáram (direct current, rövidítve: DC) olyan elektromos áram, amelyben a töltéshordozók időben állandó vagy változó mennyiségben, de egyazon irányban haladnak.

Az áram erősségét ( $I$ ) az áramvezető teljes keresztmetszetén adott idő alatt áthaladó összes töltésmennyiség ( $Q$ ) és az idő ( $t$ ) hányadosával jellemezzük.

$$I = Q / t$$

a feszültség ( $U$ ) és az idő( $t$ ) függvényében ábrázolva



## 18. Milyen jellemző hatásai vannak az egyenáramnak?

**Válasz:**

Jellemző hatásai:

### - Hőhatás.

Az elektromos áram hőhatása több, egymáshoz kapcsolódó kölcsönhatás eredménye.

A fémek esetében az elektromos mező gyorsítja a szabad elektronokat, az áramló elektronok kölcsönhatásba kerülnek a vezető helyhez kötött részecskéivel, azokat élénkebb rezgésre kényszerítik, tehát a vezető felmelegszik. A felmelegedett vezető kölcsönhatásban van a környezetével és felmelegíti azt.

### - Kémiai hatás:

A vegyületek szétválasztásában is alkalmazzák. Az elektrolitba merülő elektródákra feszültséget kapcsolva áram folyik, aminek hatására az elektrolitban kémiai reakció megy

végbe. Ezt a folyamatot nevezik elektrolízisnek. A folyamat mennyiségi összefüggéseit a Faraday elektrolízis-törvényei írják le.

Az áram vegyi hatását hasznosító alkalmazások a galvánelemek, az akkumulátorok, a tüzelőanyag-cellák. A fémeket roncsoló elektrokémiai reakció a korrózió.

## 19. Mi a váltakozó áram, váltakozó feszültség?

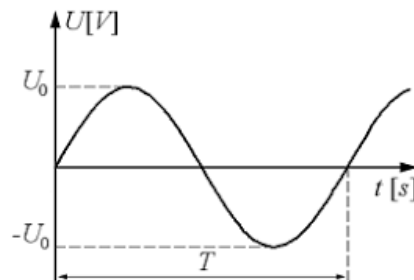
**Válasz:**

**A váltakozó áram:**

A váltakozó áram kissé pontatlanul váltóáram (alternating current, rövidítve: AC) olyan elektromos áram, amelynek iránya és intenzitása periodikusan változik. Tiszta váltakozó ámról beszélünk, ha az egy periódus alatt egy irányban átfolyó össztöltés zérus. Nem tiszta váltakozó áram felbontható egy tiszta váltakozó áram és egy egyenáram komponens összegére.

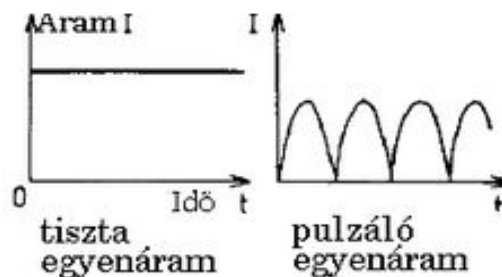
**Váltakozó feszültség:**

Rokon fogalom a váltakozó feszültség, ami olyan feszültség, aminek nagysága és iránya periodikusan változik. Az olyan feszültséget, amelynek nem csak a nagysága, hanem iránya is változik, váltakozó feszültségnek nevezik.



**Megjegyzés.** A váltakozó feszültség, vagy áram már nem szétválasztható villamos mennyiség, hiszen a váltakozó áram és a váltakozó feszültség a nagysága és iránya is változó csupán fázis különbség van köztük, amit fáziseltolásnak hívunk.

Az egyenáram/egyenfeszültség is lehet változó, de ennek értéke soha nem lesz negatív!



**Fontos tudni:** Váltakozó feszültség nem keletkezik magától. Elő kell állítani, ehhez a villamos töltések mozgásának következtében kialakult teret kell vizsgálnunk.

## 20. Mi a mágneses tér, és a mágneses kölcsönhatás?

**Válasz:**

**A mágneses tér:**

A mágneses tér a térnek az a része, ahol a mágneses kölcsönhatás kimutatható.

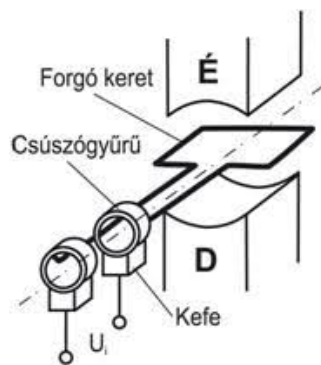
**Mágneses kölcsönhatás:**

Egy másik mágnesre vagy áramjárta vezetőre, erőhatás tapasztalható. Megfigyelhető áramjárta vezetékek és a különleges ötvözetből készült tárgyak környezetében. Az utóbbiak az állandó vagy permanens mágnesek.

A mágneses tér az elektromos térhez hasonlóan láthatatlan, ezért szemléltetésére ún. erővonalakat használunk. Ezeket az erővonalakat a mágneses tér esetében indukcióvonalaknak nevezzük. A tér erősségét a vonalak sűrűsége, irányát a vonalakra rajzolt nyíl fejezi ki. Az indukcióvonalak az elektromos tér erővonalaival ellentétben mindig zártak, nincs kezdetük és végük, önmagukba záródva veszik körül a mágneses teret.

### 2.3. A váltakozó áram ipari előállítása

Váltakozó áramról akkor beszélünk, ha az áramerősség és a feszültség nagysága is és az iránya is periodikusan változik. Váltakozó áramot úgy lehet kísérletileg előállítani, hogy homogén mágneses mezőbe helyezünk egy olyan vezetőkeretet, amelynek tengelye merőleges az indukció vonalakra. Ha ezt a vezetőkeretet állandó szögsebességgel forgatjuk a mágneses mezőben, akkor a tengellyel párhuzamos két  $l'$  hosszúságú szárában feszültség indukálódik. Mivel a két szár rész kerületi sebességének iránya ellentétes, ezért a vezetőkben létrejövő töltésszétválasztás is ellentétes. Így a két  $l'$  hosszúságú vezetőszál úgy viselkedik, mint két sorba kapcsolt generátor. Az indukált feszültség nagyságának és irányának változását középpállású feszültségmérő segítségével figyelhetjük meg.



**Jellemzői:**

- A váltakozó áram pillanatnyi és effektív értékei.
- Ellenállások váltakozó áramú áramkörben
- Ohmos ellenállás
- Induktív ellenállás
- Kapacitív ellenállás
- Ohm- és Kirchhoff-törvények váltakozó áramú áramkörben.
- Váltakozó áram munkája és teljesítménye

- Háromfázisú váltakozó áramú generátor.
- Egyenáramú generátor.
- Gyakorlati alkalmazásokban a Dinamó és a Transzformátor

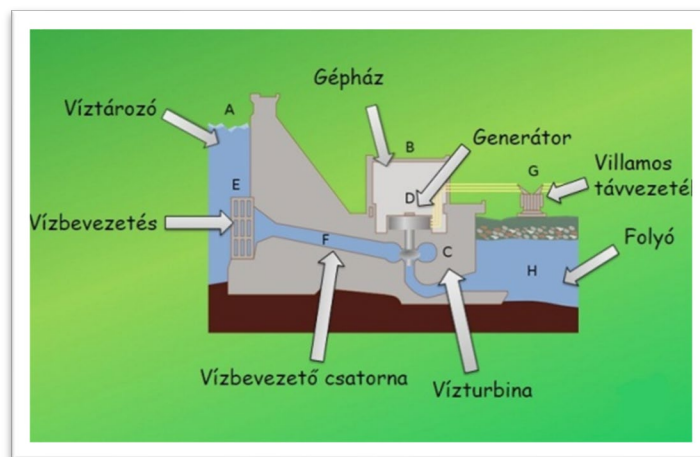
Láthatjuk, hogy a felsorolt jellemzők között lévő villamos mennyiségekkel az egyenáram ismertetésénél már találkoztunk. Ezek a mennyiségek a váltakozó áramnál is igazak lesznek, de sokkal komplexebb formájukban.

Nézzük meg, hogyan állítják elő az iparban a váltakozó áramot és hogyan szállítják, valamint tekintsünk bele a magyarországi villamos hálózatok felépítésébe.

### A váltakozó áram előállítása a gyakorlatban.

A váltakozó áram előállítása hagyományos formában generátor meghajtásával történik. A generátorok (turbinák) meghajtása vízzel, hővel és atomenergiával történik és napjainkban alternatív módon is.

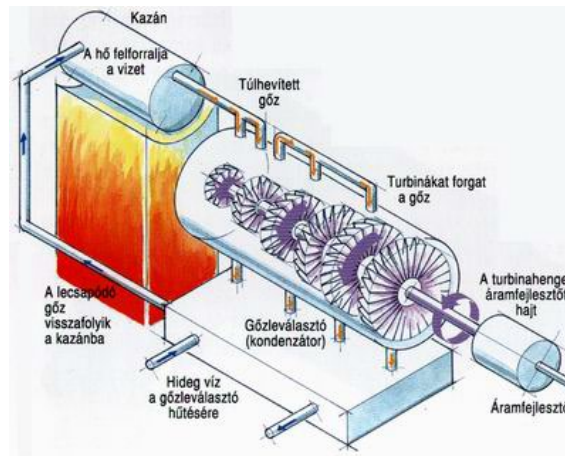
#### Vízerőmű.



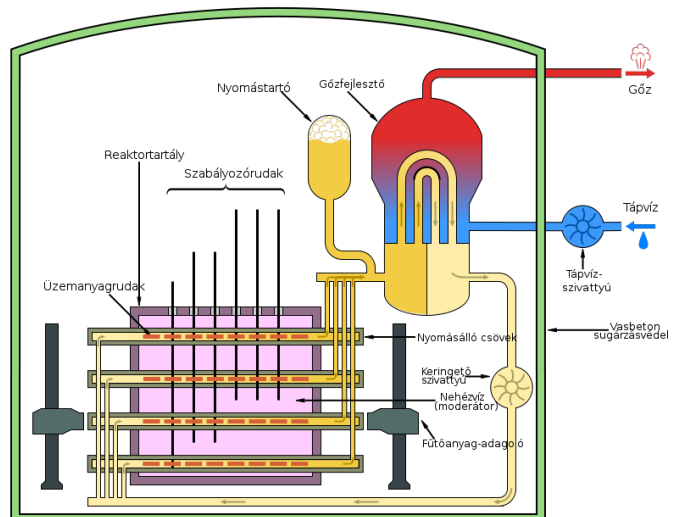
#### Hőerőmű.



## Működési elve.



## Atomerőmű.



## Alternatív erőművek

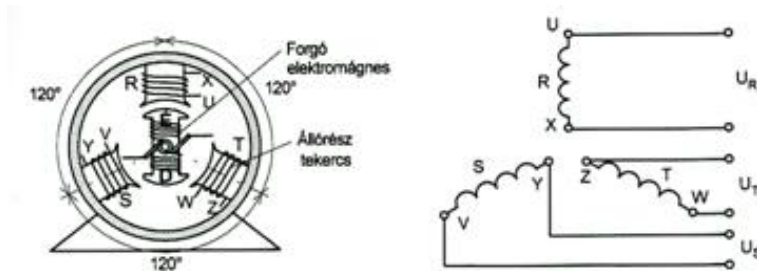
A természetben a tüzelőanyagokon, a víz energiáján és az atommag-átalakulások energiáján kívül más energiahordozók is találhatók. Ezek az ún. természeti energiahordozók. Ide tartoznak a következők:

- nap sugárzási energiája;
- szélenergia;
- geotermikus energia (vagyis a hőforrások gőzének, illetve meleg vizének az energiája);
- tengerek árapály-energiája;
- tengeráramlások energiája.

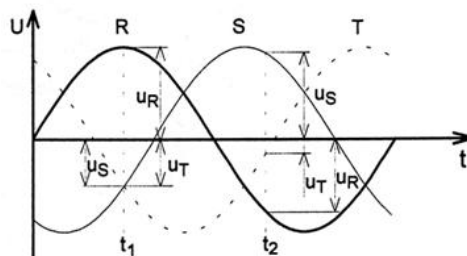
Ezeknek az energiahordozóknak közös jellemzője a kis energiasűrűség, a helyhez kötöttség és az esetlegesség (pl. időjárási tényezők).

### A turbina.

A generátor (turbina) egy olyan berendezés, amely képes hő-, atom-, és vízenergiát villamos energiává alakítani. A váltakozó áram előállítása háromfázisú generátorban történik. A váltakozó áramú generátornál egy elektromágnes állandó szögsebességgel forog. Az elektromágnes körül három tekercset helyezünk el egymáshoz képest  $120^\circ$ -os szögben. A tekercsekben az időben változó mágneses mező feszültséget indukál. Az indukált feszültségek pillanatnyi értékei egymáshoz képest  $120^\circ$ -kal vannak eltolódva. Ha ábrázoljuk a tekercsben indukálódott feszültséget az idő függvényében, akkor észrevehetjük, hogy bármely pillanatban, a három tekercsben indukálódott feszültség összege nulla. Ezért a tekercsek egyik kivezetéseit össze szokták kötni és leföldelik. A tekercsek másik kivezetéseire a fogyasztókat kapcsolják, a fogyasztók másik kivezetéseit pedig a null-vezetékhez kötik. A háromfázisú váltakozó áramú generátornál kétféle feszültséget lehet mérni. Az egyik a fázisfeszültség, amely bármely tekercs két kivezetése között mérhető, általában a fázisvezeték és a null-vezeték között tudjuk mérni. A másik a vonali feszültség, amely bármely két tekercs egy-egy kivezetése között mérhető.



### A háromfázisú generátor tekercsei által gerjesztett jelalakjai.



A három feszültség összege minden pillanatban nulla.

A háromfázisú generátor, álló részén három azonos tekercs helyezkedik el egymástól  $120^\circ$ -kal eltolva. Ezek a fázis tekercsek. A tekercseket R, S és T betűvel, a kezdetüket U, V és W a végüket X, Y, és Z betűvel jelöltük. A forgórész általában elektromágnes, de a járművek generátoraiban inkább állandó mágnes.

Forgatás közben a tekercsekben azonos nagyságú szinuszosan változó feszültség keletkezik, de ezek egymáshoz képest  $120^\circ$ -ot késnek.

Matematikailag bizonyítható, hogy a három feszültség összege minden pillanatban nulla.

A háromfázisú generátorokat erőművekben, gépjárművekben, valamint szabályozott villamos hajtásokban használjuk. Jellemző a csillagkapcsolás, melyben kétféle feszültség áll egyszerre rendelkezésre.

Üzem közben követelmény, hogy vagy a kapocsfeszültség vagy a frekvencia, sőt sok esetben mindkettő állandó legyen. Ha csak a feszültséget kell állandó értéken tartani, akkor azt a fordulatszámnak vagy a forgórész gerjesztő áramának a változtatásával érhetjük el, a frekvencia azonban csak konstans fordulatszám esetén lesz állandó.

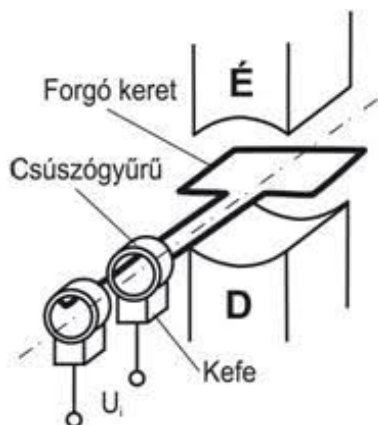
## Önellenőrző kérdések (A váltakozó áram ipari előállítás)

### 1. Mikor beszélünk váltakozó áramról, hogyan lehet azt előállítani?

#### Válasz:

Váltakozó áramról akkor beszélünk, ha az áramerősség és a feszültség nagysága is és az iránya is periodikusan változik.

Váltakozó áramot úgy lehet kísérletileg előállítani, hogy homogén mágneses mezőbe helyezzünk egy olyan vezetőkeretet, amelynek tengelye merőleges az indukció vonalakra. Ha ezt a vezetőkeretet állandó szögsebességgel forgatjuk a mágneses mezőben, akkor a tengellyel párhuzamos két  $l'$  hosszúságú szárában feszültség indukálódik. Mivel a két szár rész kerületi sebességének iránya ellentétes, ezért a vezetőkben létrejövő töltésszétválasztás is ellentétes. Így a két  $l'$  hosszúságú vezető szár úgy viselkedik, mint két sorba kapcsolt generátor. Az indukált feszültség nagyságának és irányának változását középállású feszültségmérő segítségével figyelhetjük meg.



### 2. Hogyan állítják elő az iparban a váltakozó áramot?

#### Válasz:

#### A váltakozó áram előállítása a gyakorlatban.

A váltakozó áram előállítása hagyományos formában generátor meghajtásával történik. A generátorok (turbinák) meghajtása vízzel, hővel és atomenergiával történik és napjainkban alternatív módon is.

### 3. Milyen természeti energiahordozókat tud felsorolni?

#### Válasz:

A természetben a tüzelőanyagokon, a víz energiáján és az atommag-átalakulások energiáján kívül más energiahordozók is találhatók. Ezek az ún. természeti energiahordozók. Ide tartoznak a következők:

- nap sugárzási energiája;
- szélenergia;
- geotermikus energia (vagyis a hőforrások gőzének, illetve meleg vizének az energiája);
- tengerek árapály-energiája;
- tengeráramlások energiája.

Ezeknek az energiahordozóknak közös jellemzője a kis energiasűrűség, a helyhez kötöttség és az esetlegesség (pl. időjárási tényezők).

#### 4. Milyen berendezés a generátor (turbina), mi a működési elve?

**Válasz:**

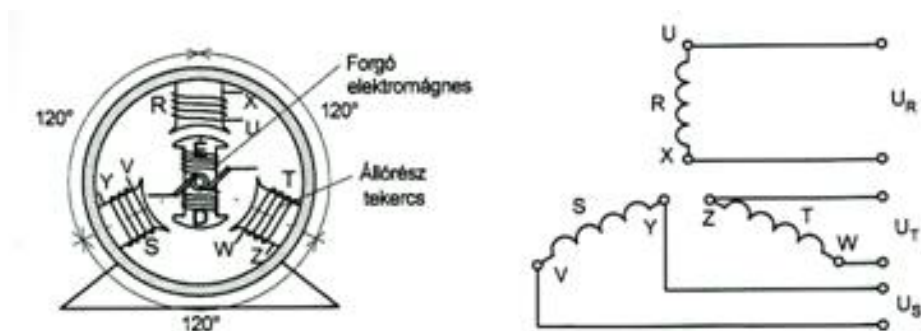
**A turbina.**

A generátor (turbina) egy olyan berendezés, amely képes hő-, atom-, és vízenergiát villamos energiává alakítani.

#### 5. Mutassa be a generátor működési elvét?

**Válasz:**

A váltakozó áram előállítása háromfázisú generátorban történik. A váltakozó áramú generátornál egy elektromágnes állandó szögsebességgel forog. Az elektromágnes körül három tekercset helyezünk el egymáshoz képest  $120^\circ$ -os szögben.



A tekercsekben az időben változó mágneses mező feszültséget indukál. Az indukált feszültségek pillanatnyi értékei egymáshoz képest  $120^\circ$ -kal vannak eltolódva. Ha ábrázoljuk a tekercsekben indukálódott feszültséget az idő függvényében, akkor észrevehetjük, hogy bármely pillanatban, a három tekercsben indukálódott feszültség összege nulla. Ezért a tekercsek egyik kivezetéseit össze szokták kötni és leföldelik. A tekercsek másik kivezetéseire a fogyasztókat kapcsolják, a fogyasztók másik kivezetéseit pedig a null-vezetékhez kötik.

A háromfázisú generátorokat erőművekben, gépjárművekben, valamint szabályozott villamos hajtásokban használjuk. Jellemző a csillagkapcsolás, melyben kétféle feszültség áll egyszerre rendelkezésre.

Üzem közben követelmény, hogy vagy a kapocsfeszültség vagy a frekvencia, sőt sok esetben mindkettő állandó legyen. Ha csak a feszültséget kell állandó értéken tartani, akkor azt a for-

dulatszámnak vagy a forgórész gerjesztő áramának a változtatásával érhetjük el, a frekvencia azonban csak konstans fordulatszám esetén lesz állandó..

#### 6. Mutassa be a háromfázisú váltakozó áramú generátornál mérhető kétféle feszültséget?

**Válasz:**

A háromfázisú váltakozó áramú generátornál kétféle feszültséget lehet mérni.

Az egyik a **fázisfeszültség**, amely bármely tekercs két kivezetése között mérhető, általában a fázisvezeték és a nullvezeték között tudjuk mérni.

A másik a **vonali feszültség**, amely bármely két tekercs egy-egy kivezetése között mérhető

### 2.4. A villamos hálózat.

Azt az áramkört, amelyben több fogyasztó és/vagy generátor található, összetett áramkörnek vagy **villamos hálózat**nak nevezzük. Szokták még elektromos áramkörnek vagy elektronikus áramkörnek hívni.

A villamos hálózat ezekből az alkotóelemekből épül fel, amelyek sorosan, vagy párhuzamosan, majd az így kapott elemek ismét sorosan vagy párhuzamosan kapcsolódhatnak, tetszőlegesen bonyolult hálózatot hozva létre.

Egy villamos hálózat aktív kétpólusokból, generátorokból, passzív kétpólusokból, ellenállásból, kondenzátorból, induktivitásból áll. Ilyen kétpólusokat sorba, párhuzamosan vagy vegyesen kapcsolva kapunk egy hálózatot.

**Energia szerint:**

- **passzív:** Passzív az a hálózat, amelyben csak fogyasztó található.
- **aktív:** generátort is tartalmaz.

**Funkció szerint:**

- **Az átviteli hálózat** vezetéke tipikusan egy erőmű és egy lakott település mellett lévő alállomás között fut.
- **Az elosztó hálózat**, amely a végfelhasználóig tartó szállításának az utolsó előtti állomása.

Az elektromos átviteli hálózat célja nagy mennyiségű elektromos energia szállítása a fogyasztókhoz. Az átviteli hálózat vezetéke tipikusan egy erőmű és egy lakott település mellett lévő alállomás között fut. Az elosztó hálózat pedig az alállomás és a fogyasztó közötti energiaszállításért felelős. Az elektromos energia átvitel lehetővé teszi távoli energiaforrások (mint például vízerőmű) összekötését a fogyasztókkal. A nagy mennyiségű előállított energia miatt az átvitel nagyfeszültségen (110 kV-on, vagy felette) történik.

Az elektromosságot sokszor nagy távolságokra szállítják, föld feletti, magasan elhelyezett vezetékeken. Földalatti vezetékeket csak sűrűn lakott területeken alkalmaznak, a magas kiépítési és karbantartási költségek miatt, továbbá a nagy meddő teljesítmény termelése nagy töltőáramokat és a feszültség

kezelésének nehézségét okozza. Ez a mód lehetővé teszi a silány minőségű energiaforrások (például lignit) hasznosítását nagy tömegben, amit másképp túl költséges lenne a felhasználókhhoz szállítani.

Az átviteli hálózatot gyakran nem hivatalosan rácshálózatnak hívják, de gazdaságossági szempontok miatt, ez nem vehető matematikai rácshálózatnak. Redundáns útvonalak és vezetékek vannak kiépítve annak érdekében, hogy a villamos energia az erőműtől a fogyasztóig több útvonalváltozaton is áramolhasson, figyelembe véve az átviteli út költséghatékonyságát és az átvinni kívánt energia árát. A rendszerirányító cégek sok analízist végeztek, hogy megállapítsák az egyes vezetékek még megbízhatóan átvitt maximális szállítókapacitását, ami rendszerstabilitási megfontolások miatt kevesebb lehet a vezeték fizikai vagy hőtérési határértékénél. Számos országban az áramszállító cégek szabályozásának megszüntetése vezetett a megbízható és gazdaságos átviteli hálózatok iránti megújult érdeklődéshez. A szabályozások megszüntetése azonban néhány esetben katasztrófához vezetett, például a 2000 és 2001-ben bekövetkezett a kaliforniai áramhiányhoz.

#### **2.4.1. Nagyfeszültségű távvezeték**

A váltakozó áramú átvitelt néha AC átvitelnek is hívják, tekintve az angol elnevezést. Az átvitel leginkább háromfázisú szokott lenni. Magyarországon a nagyfeszültségű távvezetékek a 3 kV, 6 kV, 10 kV, 20 kV, 35 kV, 120 kV, 220 kV, 400 kV, 750 kV-os háromfázisú váltakozófeszültségű vonali feszültségeken továbbítják a villamos energiát. Ma már léteznek 1000 kV feletti egyenáramú távvezetékek is a nagyteljesítményű összeköttetésekhez.

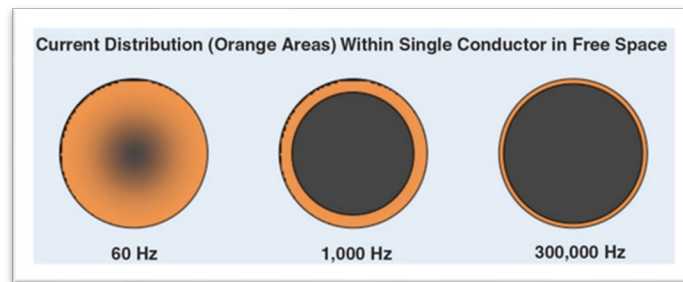
A felsővezetékes vezeték nem fedik szigetelővel. A vezető anyaga majdnem mindig alumínium huzal, amelyet több szálból fűznek össze, és egyes esetekben acélhuzallal erősítenek meg. A vezető keresztmetszete 12-750 mm<sup>2</sup> között változhat, különböző elektromos kapacitással, és különböző áramszállító kapacitással. A vastagabb vezetékek áramszállító kapacitása csak kicsivel növekszik, köszönhetően a skin-hatásnak, aminek következtében az áram csak a vezeték felületén halad.

#### **A skin effektus.**

A skin-effektus „bőrhatas” az a jelenség, hogy egy váltakozó áram (AC) minél nagyobb frekvenciájú, annál inkább az áramot vezető test (tipikusan egy fémdrót) felszínén (a drót „bőrén”) folyik, azaz egyre kevésbé a drót belsejében. Tehát a váltakozó áram nem a drót teljes keresztmetszetében, nagyjából mindenhol egyenletesen elosztva folyik, ahogy egyenáram (DC) esetén, hanem a váltakozó áram nagyobb frekvenciák esetén egyre inkább „kiszorul” a drót felszínére.

#### **A jelenség oka az elektromágneses indukció.**

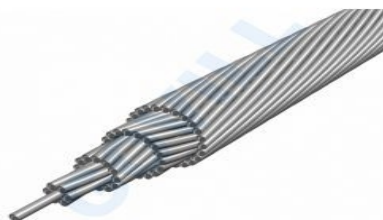
Az indukálódó elektromos mező erőt fejt ki a töltésekre, és mivel fémdrótban vagyunk, ahol vannak mozgásba hozható töltések (a szabad/vezetési/delokalizált elektronok), mozgásba is hozza őket. Ezzel örvényáram indukálódik a változó mágneses fluxus körül. Az indukálódó áram irányát a balkéz-szabály határozza meg, emiatt az indukálódó áram olyan irányú lesz, hogy akadályozza az őt létrehozó változást, így a drótszálból az egy irányba növekedő áram volt a kezdeti változás és az indukálódó áramnak ezt kell akadályoznia. (megjegyzés: a nagyfeszültségű villamos energia továbbításánál is kihasználják ezt az effektust)



### 2.4.2. A távvezetékek

A villamos energia előállítása a felhasználás helyétől általában távol történik. E feladatok megoldására építették a távvezetéseket, vagy röviden vezetékeket, amelyek az erőművek, transzformátorállomások és a fogyasztók között létesítenek összeköttetést. A távvezeték kiviteli szempontból kétféle lehet: szabadvezeték vagy kábel.

A szabadvezeték olyan csupasz vezeték, amely a földtől elszigetelten a véletlen érintés megszabta magasságban, tartószerkezeten van elhelyezve. Egyes esetekben burkolt, kisfeszültségen szigetelt is lehet. A szabadvezetékek tartószerkezetei többnyire rácsos acél vagy betonoszlopok, amelyek állékonyságát külön alapozás biztosítja. Az oszlopokra szerelt álló vagy függő szigetelők tartják, feszítik a sodrony szerkezetű fázisvezetőket úgy, hogy a legnagyobb belógás állapotában is megfelelő távolságra vannak a talajszinttől.



A váltakozó áramú szabadvezetékek háromfázisúak, a közvetlen villámcsapás megelőzésére egyes fontosabb vezetékek fölé védővezetőt is szerelnek.

A kábel olyan földbe fektetésre alkalmas szigetelt vezeték, amely nedvességbehatolás, mechanikai és vegyi sérülés ellen védőburkolattal van ellátva.

#### Szabadvezetékek villamos jellemzői:

A szabadvezetéseket az időjárás és az üzem egyidejű hatásaként igen sokféle összetett igénybevétel éri (szél, hőmérséklet-változás, köd, zúzmara, stb.). A szabadvezeték mechanikai méretezése természetesen hatással van a távvezeték villamos jellemzőire; például ha nagy az oszlopköz, akkor nagy a vezető belógása. Ilyenkor a vezető szálakat távolabb kell egymástól elhelyezni, hogy azok a szél hatására ne lengjenek össze és így elkerülhessük a zárlatot; ez esetben nő a vezeték induktív és kapacitív reaktanciája, valamint jellemzői még soros és a párhuzamos ellenállás. A vezetékek villamos jellemzői szer-

kezeti felépítés, geometriai méreteitől, vezeték anyagától függenek. A vezeték föld feletti magassága szintén befolyásolja a villamos jellemzőket.

### 2.4.3. Tartóoszlopok



A szabadvezetékek oszlopait, készülékeit túlfeszültség-védelmi és a közvetett érintés elleni védelem szempontjából földelni kell. Célja, hogy a föld felé jól vezető összeköttetés jöjjön létre, azaz az említett szabadvezeteki létesítmény és a föld között a megengedettnél nagyobb feszültségkülönbség ne legyen, és az oszlop közelében a lépésfeszültség kis értékűre csökkenjen. A földelési szétterjedési ellenállás értékét a földelő kialakítása és a talaj vezetőképessége határozza meg.

Manapság az átvitel feszültség-szintje leginkább 120 kV és afeletti. Ennél alacsonyabb feszültségeket leginkább hosszú vonalakon használnak, ahol alacsony a terhelés. A 120 kV alatti feszültségeket elosztó hálózatokban használnak. A 245 kV feletti feszültségeket igen nagy feszültségnek nevezik, és tervezésük az alacsonyabb feszültségeknél különböző tervezést kívánnak.

A vezetékek csomópontjaiban alállomások találhatók, ahol gyűjtősíneken történik az energiaátvitel koordinációja (továbbítása).

### 2.4.4. A villamos energia útja az erőműtől a fogyasztóig

A villamos energia a termelő erőművektől a különféle fogyasztókhoz a hálózatokon vihető át. A hálózatok feladata tehát a villamos energia szállítása és elosztása. A villamos energia használatára világszerte szinte kizárólagosan a háromfázisú, háromvezetékes (kisfeszültségen az egyfázisú fogyasztás ellátása miatt négyvezetékes), váltakozófeszültségű rendszerek terjedtek el. E rendszerek névleges frekvenciája általában 50 Hz (Európa), de üzemelnek ettől eltérő frekvenciájú rendszerek is (pl. Amerikában a névleges frekvencia 60 Hz).

Más áram nemet csak különleges esetekben használnak, így pl. egyenáramot a közúti és távolsági villamos vasúti vontatásban vagy a nagyipari kémiai elektrolízishez. Nagyfeszültségű egyenáramú átvitelt alkalmaznak – annak műszaki, gazdasági előnyei miatt – a villamos energia igen nagy távolságra szállítása esetén, vagy aszinkron járó rendszerek összekapcsolására.

A villamos energiát továbbító távvezetékek elhelyezésétől függően megkülönböztetünk szabadvezetékes hálózatokat és kábelhálózatokat. A szabadvezetékek célszerűen kialakított oszlopokra erősített szigetelőkön elhelyezett többnyire csupasz vezetékek (sodronyok). A kábelek megfelelően szigetelt és mechanikailag védett vezetők, amelyeket rendszerint a földbe fektetnek, vagy arra a célra kialakított, zárt földalatti csatornáknak (ún. kábelcsatornáknak vagy kábelalagutakban) helyeznek el.

A hálózatok szerves részét képezik az alállomások, amelyek általában a hálózatok megfelelő terhelésű csomópontjaiban helyezkednek el, és az áram útjának kijelölésére vagy a különböző feszültségű hálózatok összekapcsolására szolgálnak. Az előbbieket kapcsolóállomásoknak nevezzük, míg az utóbbiak a transzformátorállomások

### **Kapcsolóállomás)**



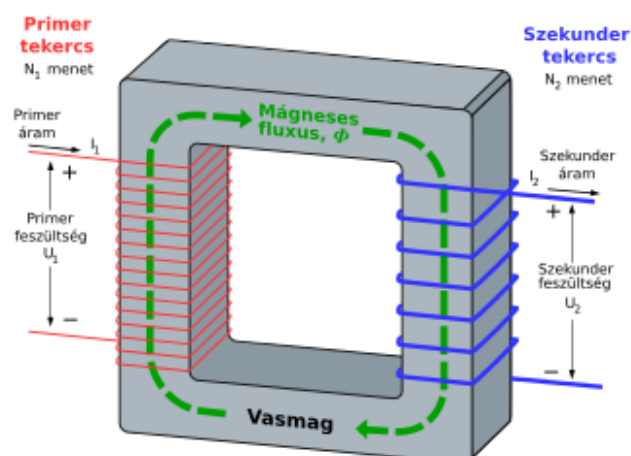
### **Transzformátorállomás**



A kapcsolóállomás a villamos hálózat vezetékeinek kapcsolására, átterhelésére, védelmére, csomópontok kialakítására szolgál. Legfontosabb jellemzője, hogy nem táplál más feszültségű hálózatot, vagyis nem tartalmaz hálózati transzformátort.

A transzformátorállomás feladata a feszültség szint átalakítása illetve más feszültségű hálózatok ellátása.

## A transzformátorok.



Legegyszerűbb esetben két tekercs (primer és szekunder) helyezkedik el a közös, többnyire zárt vas-magon. Az ábrán „+” illetve „-” jelű polaritás egy meghatározott időpillanatban értendő! A primer tekercs huzaljában folyó áram a jobbkéz szabállyal meghatározható irányú mágneses erővonalakat hoz létre, ezek a mágneses erővonalak a tekercs belsejében összegződve hozzák létre az ábrán jelölt mágneses fluxust. Mivel ez a mágneses fluxus pillanatról pillanatra változó, a szekunder tekercsben feszültséget indukál. Ha a szekunder kábelek egy terheléssel zárt áramkört képeznek, a körben áram folyik. Működése során a transzformátor primer oldalán a váltakozó áram a nyitott vagy zárt vas-magban változó mágneses fluxust kelt, ami a szekunder áramkörben feszültséget indukál. A szekunder oldalra villamos terhelést kapcsolva megindul a szekunder áram, és ezzel valósul meg az energiaátvitel. A működés alapfeltétele a primer oldali váltakozó áramú táplálás, mivel csak a változó mágneses fluxus képes a szekunder oldalon feszültséget keltetni.

A működési alapelvekből adódik az is, hogy a két áramkörben a frekvencia azonos, míg a primer és szekunder oldali feszültségek aránya jó közelítéssel a megfelelő oldali tekercsek menetszámainak arányával egyezik meg. A transzformátorban állandósult állapotban az átmenő energia nem halmozódhat, tehát a bemenő és a továbbmenő teljesítmény különbsége a transzformátor veszteségeivel egyenlő. Mivel a transzformátorok jó hatásfokkal működnek, a két teljesítmény gyakorlatilag ugyanakkora. Ebből adódik, hogy a primer és szekunder oldali áramok aránya durva közelítéssel megegyezik a menetszám áttétel reciprokával.

A transzformátort leggyakrabban a nagy teljesítményű (erőátviteli) villamos hálózatokban használják a feszültség szint, és ezzel az áram szint megváltoztatására. Ennek jelentősége abban áll, hogy azonos teljesítmény magasabb feszültségű átviteléhez kisebb áramra van szükség, így az átviteli hálózat ohmos veszteségei, valamint a vezetékek keresztmetszetei jelentősen csökkenthetők, és így lehetővé válik a **villamos energia** nagy távolságokra történő gazdaságos továbbítása.

### Mért nagy feszültségen továbbítjuk a villamos energiát?

Ebben a kérdésben is az ohm törvény segít. Az energia távvezetéken való szállítás akkor gazdaságos, ha az nagyfeszültségen történik. Ekkor a generátorból kiáramló energia sokkal nagyobb hányada jut el a fogyasztóhoz, nem pedig a távvezetéken jelentkezik, mint veszteség.

Nézzünk példaként az egyszerűség kedvéért egy csak ohmikus ellenállású fogyasztót! Az általa felvett teljesítmény:

$$P = U \cdot I$$

A távvezetéken elveszett energia, a veszteség:

A veszteség nem más, mint amit a fogyasztó már nem tud használni a kapott villamos energiából, mert menetközben elveszik (pl.: hő és a vezeték ellenállása miatt).

$P_v = I^2 \cdot R_V$ , ahol  $R_V$  a távvezeték ellenállása. Az áramerősség  $I = P/U$  kifejezését beírva a távvezeték vesztesége:

$$P_v = (P/U)^2 \cdot R_V$$

**Ebből adódóan:**

**A távvezetékre kapcsolt feszültség négyzetével arányosan csökken a veszteség!**

Az elektromos energiát az erőművek néhány kV feszültségéről 120-750 kV-ra transzformálják fel, majd a fogyasztónál általában több lépésben transzformálják le.

Mind az ipari, mind a háztartási alkalmazás során előfordul, hogy az elektromos energiát vissza kell alakítani mechanikai munkává. Ezt teszik a különböző motorok. De elektromos energiát használunk fel a világításhoz, néha a fűtéshez, a TV, rádió, video stb. működtetéséhez. Mai életünk elképzelhetetlen lenne a villamos energia használata nélkül.

Az ilyen mértékű felhasználást a váltakozó áram tette lehetővé, mivel az egyenáramot nem lehet transzformálni, vagyis a nagy távolságra való szállítást csak óriási veszteségek árán lehetne megoldani. A másik lehetőséget a galvánelemek, akkumulátorok használata jelenti, amelyet használunk is, amikor autózunk. Azonban senki nem gondolja azt, hogy lakásunk villamosenergia-ellátása megoldható lenne ilyen formában.

**Megjegyzés:** A távvezetéseken szállított nagyfeszültség értékét kísérleti úton állapították meg és így születtek meg a pl. a 750 kV-os, vagy a 120 kV-os feszültségek, mert ezekben az esetekben voltak a legkisebb veszteségek. Természetesen a vezetékek anyaga és a távolságok is paraméterei voltak a létrehozott feszültségnek.

#### 2.4.5. Magyarországi villamos hálózatok felépítése

A hálózatok feszültség szintjétől függően megkülönböztetünk kisfeszültségű és nagyfeszültségű hálózatot. A vonatkozó magyar szabvány előírásai szerint váltakozófeszültség esetében kisfeszültség az 1 kV alatti feszültség, míg az 1 kV és annál nagyobb feszültség már nagyfeszültség. A szabványos feszültség szintek hazánkban: kisfeszültség a 0,4 kV (ill. 230 V fázisfeszültség); nagyfeszültség a 3 kV, 6 kV, 10 kV, 20 kV, 35 kV, 120 kV, 220 kV, 400 kV, 750 kV, – amely értékek alatt mindig a háromfázisú váltakozófeszültségű rendszer **vonali feszültsége** értendő. A 3-35 kV-os hálózatokat a gyakorlati szóhasználatban **középfeszültségű** hálózatoknak szokás nevezni. A kisfeszültségű hálózatok rendelkezése mindenkor a villamos energia közvetlen elosztása a fogyasztók között, ezért ezeket a hálózatokat összefoglalóan kisfeszültségű elosztóhálózatoknak nevezzük.

### **Elosztóhálózat.**

Rendeltetése a villamos energia nagyfeszültségen való elosztása az alállomási gyűjtősínektől a fogyasztói transzformátorig. Ezek feszültség szintje hazánkban, a közcélú elosztóhálózatok esetében 10 kV, illetve 20 kV, míg az ipartelepek belső elosztóhálózatain 3 kV, illetve 6 kV, ezeket szokás szakmai körökben középfeszültségű elosztóhálózatoknak nevezni.

### **Főelosztóhálózat.**

Rendeltetése a villamos energia elosztása az alaphálózati csomópontokból a középfeszültségű elosztóhálózatok táppontjaihoz, amelyek általában a fogyasztói körzetek súlypontjában helyezkednek el.

### **Országos alaphálózat.**

Feladata az erőművek és a csomóponti nagy transzformátorállomások összekapcsolása, a villamos energia nagy mennyiségű szállítása, Az országos alaphálózat külföldre menő távvezetékei alakítják ki a kooperációs villamosenergia-rendszert. A magyar alaphálózat távvezetékeinek nagyobb hánnyada ma már 400 kV-os.

### **Nemzetközi, kooperációs hálózat.**

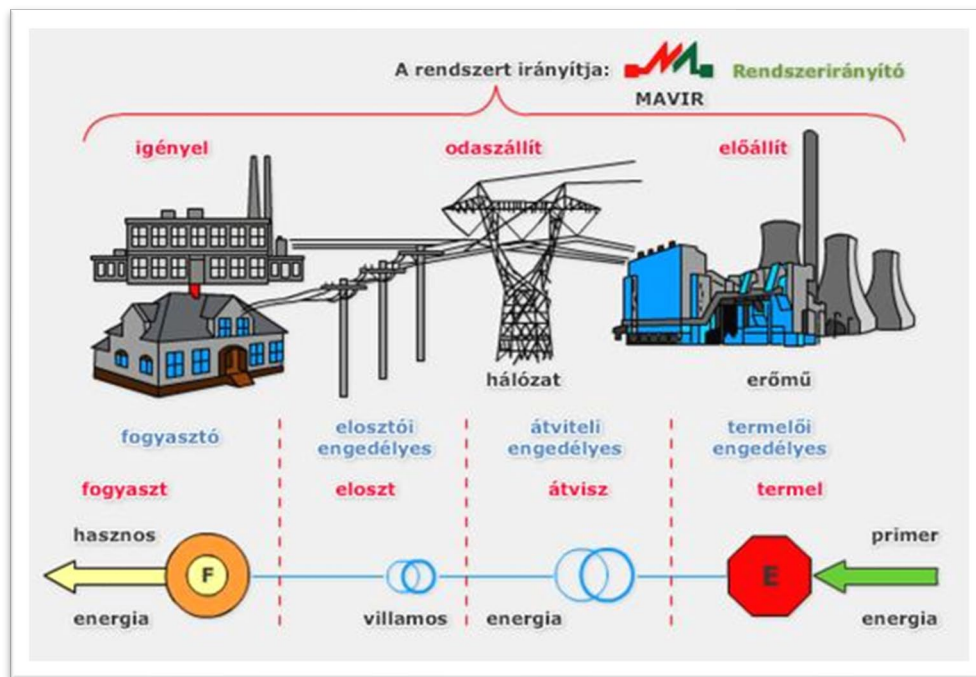
A különböző országok alaphálózatainak olyan távvezetéki összekötése, amely biztosítja a nemzetközi kooperációs villamos energia rendszerek kialakulását, a villamos energia országok közötti szállítását. A szokásos feszültség szintek itt 220 kV, 400 kV és 750 kV.

Egy villamosenergia-rendszer hálózati feszültség szintjeinek megválasztását elsősorban az határozza meg, hogy az adott hálózaton milyen távolságra, mekkora teljesítményt kell üzemszerűen szállítani. Mint már említettük a hálózati veszteség ugyanis az  $P_v = I^2 \cdot R_v$ -vel arányos, tehát a veszteség csökkentése – ami fontos gazdasági érdek – az áram csökkentését teszi szükségessé. Az átvitt teljesítmény a feszültség és az áram szorzatával arányos, ha tehát az áramot csökkentjük, akkor ugyanakkora teljesítmény átviteléhez a feszültséget növelni kell. Így keletkeztek az egyre nagyobb feszültségű távvezetékek. (Elvileg az átviteli út ellenállásának csökkentése, vagyis a távvezeték keresztmetszetének növelése is csökkenti a veszteséget, de ez a módszer csak adott határig követhető.)

### **2.4.6. Hálózati alakzatok**

A **hálózat** az egyes táppontokat és a fogyasztói pontokat különféle, villamosan összefüggő alakzatokban köti össze. Az alakzatok alapvetően abban különböznek egymástól, hogy a villamos energia a tápponttól a fogyasztóhoz üzemszerűen hogyan, hány úton juthat el. A hálózatok rendeltetése általában szigorúan megszabja az alkalmazható hálózati alakzatot.

Így jut el az áram az otthonunkba.



## Önellenőrző kérdések (A villamos hálózat)

### 1. Mit nevezünk villamos hálózatnak, az milyen alkotóelemekből épül fel?

#### Válasz:

Azt az áramkört, amelyben több fogyasztó és/vagy generátor található, összetett áramkörnek vagy **villamos hálózat**nak nevezzük. Szokták még elektromos áramkörnek vagy elektronikus áramkörnek hívni.

A villamos hálózat az alábbi alkotóelemekből épül fel, amelyek sorosan, vagy párhuzamosan, majd az így kapott elemek ismét sorosan vagy párhuzamosan kapcsolódhatnak, tetszőlegesen bonyolult hálózatot hozva létre.

Egy villamos hálózat aktív kétpólusokból, generátorokból, passzív kétpólusokból, ellenállásból, kondenzátorból, induktivitásból áll. Ilyen kétpólusokat sorba, párhuzamosan vagy vegyesen kapcsolva kapunk egy hálózatot.

### 2. Mi az elektromos energiaátvitel célja, és melyek az átviteli hálózat fő alkotórészei?

#### Válasz:

Az elektromos átviteli hálózat célja nagy mennyiségű elektromos energia szállítása a fogyasztókhoz.

Az átviteli hálózat vezetőke tipikusan egy erőmű és egy lakott település mellett lévő alállomás között fut. Az elosztó hálózat pedig az alállomás és a fogyasztó közötti energiaszállításért felel.

lős. Az elektromos energia átvitel lehetővé teszi távoli energiaforrások (mint például vízerőmű) összekötését a fogyasztókkal.

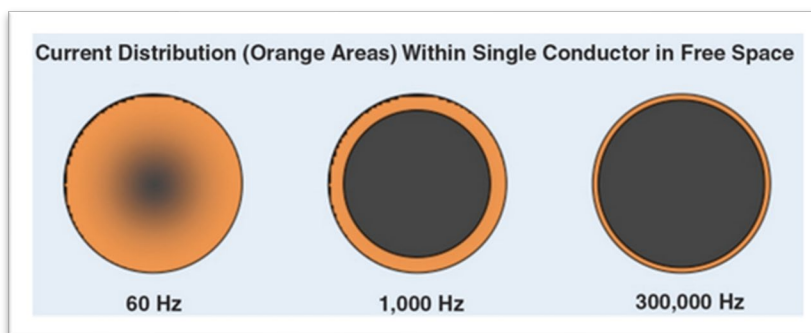
Redundáns útvonalak és vezetékek vannak kiépítve annak érdekében, hogy a villamos energia az erőműtől a fogyasztóig több útvonalváltozaton is áramolhasson, figyelembe véve az átviteli út költséghatékonyságát és az átvinni kívánt energia árát.

### 3. Mi a skin effektus?

**Válasz:**

**A skin effektus.**

A skin-effektus „bőrhatás” az a jelenség, hogy egy váltakozó áram (AC) minél nagyobb frekvenciájú, annál inkább az áramot vezető test (tipikusan egy fémdrót) felszínén (a drót „bőrében”) folyik, azaz egyre kevésbé a drót belsejében. Tehát a váltakozó áram nem a drót teljes keresztmetszetében, nagyjából mindenhol egyenletesen elosztva folyik, ahogy egyenáram (DC) esetén, hanem a váltakozó áram nagyobb frekvenciák esetén egyre inkább „ki-szorul” a drót felszínére.



### 4. Mutassa be a távvezetékek kivitelének kétféle szempontját!

**Válasz:**

A távvezeték kiviteli szempontból kétféle lehet: szabadvezeték vagy kábel.

A **szabadvezeték** olyan csupasz vezeték, amely a földtől elszigetelten a véletlen érintés meg-szabta magasságban, tartószerkezeten van elhelyezve. Egyes esetekben burkolt, kisértés-szigetelt is lehet. A szabadvezetékek tartószerkezetei többnyire rácsos acél vagy beton-szlopok, amelyek állékonyságát külön alapozás biztosítja. Az oszlopokra szerelt álló vagy függő szigetelők tartják, feszítik a sodrony szerkezetű fázisvezetőket úgy, hogy a legnagyobb belógás állapotában is megfelelő távolságra vannak a talajszinttől.

A **kábel** olyan földbe fektetésre alkalmas szigetelt vezeték, amely nedvességbehatolás, mechanikai és vegyi sérülés ellen védőburkolattal van ellátva.

### 5. Mutassa be szabadvezetékek főbb villamos jellemzőit!

**Válasz:**

**Szabadvezetékek villamos jellemzői:**

A szabadvezetéseket az időjárás és az üzem egyidejű hatásaként igen sokféle összetett igény-bevétel éri (szél, hőmérséklet-változás, köd, zúzmara, stb.). A szabadvezeték mechanikai mé-

retezése természetesen hatással van a **távvezeték villamos jellemzőire**; például ha nagy az oszlopköz, akkor nagy a vezető belógása. Ilyenkor a vezető szálakat távolabb kell egymástól elhelyezni, hogy azok a szél hatására ne lengjenek össze és így elkerülhessük a zárlatot; ez esetben nő a vezeték induktív és kapacitív reaktanciája, valamint jellemzői még soros és a párhuzamos ellenállás. A vezeték villamos jellemzői szerkezeti felépítés, geometriai méreteitől, vezeték anyagától függenek. A vezeték föld feletti magassága szintén befolyásolja a villamos jellemzőket.

## 6. Mi a transzformátorállomás feladata?

**Válasz:**

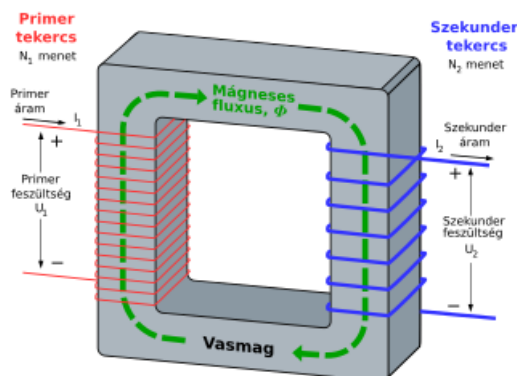
A transzformátorállomás feladata a feszültség szint átalakítása illetve más feszültségű hálózatok ellátása.

## 7. Mutassa be a transzformátorok működési elvét!

**Válasz:**

**A transzformátorok.**

Legegyszerűbb esetben két tekercs (primer és szekunder) helyezkedik el a közös, többnyire zárt vasmagon.



Az ábrán „+” illetve „-” jelű polaritás egy meghatározott időpillanatban értendő! A primer tekercs huzaljában folyó áram a jobbkéz szabállyal meghatározható irányú mágneses erővonalakat hoz létre, ezek a mágneses erővonalak a tekercs belsejében összegződve hozzák létre az ábrán jelölt mágneses fluxust. Mivel ez a mágneses fluxus pillanatról pillanatra változó, a szekunder tekercsben feszültséget indukál. Ha a szekunder kapcsok egy terheléssel zárt áramkört képeznek, a körben áram folyik. Működése során a transzformátor primer oldalán a váltakozó áram a nyitott vagy zárt vasmagban változó mágneses fluxust kelt, ami a szekunder áramkörben feszültséget indukál. A szekunder oldalra villamos terhelést kapcsolva megindul a szekunder áram, és ezzel valósul meg az energiaátvitel. A működés alapfeltétele a primer oldali váltakozó áramú táplálás, mivel csak a változó mágneses fluxus képes a szekunder oldalon feszültséget kelteni.

## 8. Milyen célból használják leggyakrabban a transzformátorokat?

**Válasz:**

A transzformátort leggyakrabban a nagy teljesítményű (erőátviteli) villamos hálózatokban használják a feszültség szint, és ezzel az áram szint megváltoztatására. Ennek jelentősége abban áll, hogy azonos teljesítmény magasabb feszültségű átviteléhez kisebb áramra van szükség, így az átviteli hálózat ohmos veszteségei, valamint a vezetékek keresztmetszetei jelentősen csökkenthetők, és így lehetővé válik a **villamos energia** nagy távolságokra történő gazdaságos továbbítása.

## 9. Mért nagy feszültségen továbbítjuk a villamos energiát?

### Válasz:

Ebben a kérdésben is az ohm törvény segít. Az energia távvezetéken való szállítás akkor gazdaságos, ha az nagyfeszültségen történik. Ekkor a generátorból kiáramló energia sokkal nagyobb hányada jut el a fogyasztóhoz, nem pedig a távvezetéken jelentkezik, mint veszteség.

Nézzünk példaként az egyszerűség kedvéért egy csak ohmikus ellenállású fogyasztót! Az általa felvett teljesítmény:

$$P = U \cdot I$$

A távvezetéken elveszett energia, a veszteség:

A veszteség nem más, mint amit a fogyasztó már nem tud használni a kapott villamos energiából, mert menetközben elveszik (pl.: hő és a vezeték ellenállása miatt).

$P_V = I^2 \cdot R_V$ , ahol  $R_V$  a távvezeték ellenállása. Az áramerősség  $I = P / U$  kifejezését beírva a távvezeték vesztesége:

$$P_V = (P / U)^2 \cdot R_V$$

### Ebből adódóan:

A távvezetékre kapcsolt feszültség négyzetével arányosan csökken a veszteség!

Az elektromos energiát az erőművek néhány kV feszültségéről 120-750 kV-ra transzformálják fel, majd a fogyasztónál általában több lépésben transzformálják le.

**Megjegyzés:** A távvezetéseken szállított nagyfeszültség értékét kísérleti úton állapították meg és így születtek meg a pl. a 750 kV-os, vagy a 120 kV-os feszültségek, mert ezekben az esetekben voltak a legkisebb veszteségek. Természetesen a vezetékek anyaga és a távolságok is paraméterei voltak a létrehozott feszültségnek.

## 10. Mutassa be röviden, a magyarországi villamos hálózatok felépítését, a kialakított feszültség szintek alapján!

### Válasz:

A hálózatok feszültség szintjétől függően megkülönböztetünk kisfeszültségű és nagyfeszültségű hálózatot. A vonatkozó magyar szabvány előírásai szerint váltakozófeszültség esetében kisfeszültség az 1 kV alatti feszültség, míg az 1 kV és annál nagyobb feszültség már nagyfeszültség. A szabványos feszültség szintek hazánkban: kisfeszültség a 0,4 kV (ill. 230 V fázisfeszültség); nagyfeszültség a 3 kV, 6 kV, 10 kV, 20 kV, 35 kV, 120 kV, 220 kV, 400 kV, 750 kV, – amely értékek alatt mindig a háromfázisú váltakozófeszültségű rendszer **vonali feszültsége** értendő. A 3-35 kV-os hálózatokat a gyakorlati szóhasználatban **középfeszültségű** hálózatoknak szokás nevezni. A kisfeszültségű hálózatok rendeltetése mindenkor a villamos energia közvet-

len elosztása a fogyasztók között, ezért ezeket a hálózatokat összefoglalóan kifeszültségű elosztóhálózatoknak nevezzük.

## 11. Mi az elosztóhálózatok rendeltetése?

**Válasz:**

Rendeltetése a villamos energia nagyfeszültségen való elosztása az alállomási gyűjtősinéktől a fogyasztói transzformátorig. Ezek feszültségszintje hazánkban, a közcélú elosztóhálózatok esetében 10 kV, illetve 20 kV, míg az ipartelepek belső elosztóhálózatain 3 kV, illetve 6 kV, ezeket szokás szakmai körökben középfeszültségű elosztóhálózatoknak nevezni.

## 12. Mi az főelosztóhálózat rendeltetése?

**Válasz:**

Rendeltetése a villamos energia elosztása az alaphálózati csomópontokból a közép feszültségű elosztóhálózatok táppontjaihoz, amelyek általában a fogyasztói körzetek súlypontjában helyezkednek el.

### 13. Mi az országos alaphálózat feladata?

**Válasz:**

Feladata az erőművek és a csomóponti nagy transzformátorállomások összekapcsolása, a villamos energia nagy mennyiségű szállítása, Az országos alaphálózat külföldre menő távvezetékei alakítják ki a kooperációs villamosenergia-rendszert. A magyar alaphálózat távvezetékeinek nagyobb hányada ma már 400 kV-os.

#### 14. Mire szolgál a nemzetközi, kooperációs hálózat?

**Válasz:**

A különböző országok alaphálózatainak olyan távvezetési összekötése, amely biztosítja a nemzetközi kooperációs villamos energia rendszerek kialakulását, a villamos energia országok közötti szállítását. A szokásos feszültség szintek itt 220 kV, 400 kV és 750 kV.

### 3. A villamos munkabiztonság

Kulcsszavak (meghatározások):

Áramütés, Föld, Földelés, Földzárlat, Érintési feszültség, Üzemi földelés, Védővezető, Érintésvédelmi osztályok, IP védettség, Passzív érintésvédelem, Kettős szigetelés, Aktív érintésvédelem, Biztonsági transzformátorok, Áramvédő kapcsoló, Földelési rendszerek, Egyenpotenciálú hálózat

Egy áramkör akkor működik jól, ha a villamos táplálástól a fogyasztón keresztül záródik hibamentesen. A mi esetünkben az áramkört az erőművekből létrehozott villamos energiától az átviteli rendszereken keresztül az otthonunk, vagy a munkahelyünk jelenti. A biztonságos áramvételezéshez létre kellett hozni az érintésvédelmi szempontból fontos földelési rendszereket és az általunk használt eszközökben ki kellett alakítani az áramütés elleni védelmet, de ezek ismertetése előtt nézzük meg a villamos áram emberre gyakorolt élettani hatásait.

**Ne feledjük! Az áramütés egyenáramnál és váltakozó áramnál is lehet halálos.**

#### 3.1. A villamos áram emberre gyakorolt élettani hatásai

Az emberi test maga is vezető, ezért ha a test különböző pontjai között potenciálkülönbség lép fel, a testen áram indul meg.

**Az emberi testen áthaladó áram élettani hatásai:**

- **Az izmok összerándulása.** Az agy a testet behálózó idegpályákon keresztül villamos ingerületek útján mozgatja az izmokat. Áramütés esetén az (áram be- és kilépési pontjaitól függő) idegeket és izmokat nagyon erős inger érheti, melynek hatására utóbbiak összerándulhatnak, el is szakadhatnak. A legveszélyesebb, ha az áram a szíven vagy a tüdön halad keresztül, mert e létfontosságú szervek izmainak összerándulása a szerv görcsét, bénulását okozhatja. Az izomsejtek egy csoportja az áram bekapcsolásakor, más csoportja kikapcsoláskor ingerlődik, ezért az izmokra gyakorolt hatás tekintetében **a váltakozóáram (amely minden félperiódusában kivált ilyen ingerületeket) hatása veszélyesebb.**
- **Vegyhatás.** Az emberi test szöveteinek igen nagy (kb. 70%) a nedvtartalma, e nedvek az oldott ásványi sók és más alkotók miatt áramot vezető elektrolitnak tekinthetők. A vegyi hatás szempontjából **az egyenáramú áramütés a veszélyes**, mert az ilyenkor kialakuló elektrolízis miatt a vér és a szövetnedvek veszélyes mértékben elbomolhatnak. A bontás során keletkező gázbuborékok is veszélyt jelentenek. A vörsejtek rögökké összeállva eldugíthatják az ereket.
- **Hőhatás.** A test ellenállásán áthaladó áram hőt termel. A keletkező hő az érrendszerre a legveszélyesebb, mert az erek fala „törékennyé” válik, utólag vérzések keletkezhetnek. A 45 °C feletti felmelegedés – a fehérvér (vissza nem fordítható) kicsapódása miatt – halálos kimenetelű lehet.
- **Másodlagos/közvetett hatás.** Pl. leesésből származó sérülések.

Az áram hatása a be- és kilépési pontokon (tehát az áram útján) kívül az áram erősségétől, frekvenciájától, az áramütés időtartamától, és az emberi szervezet állapotától is függ. Az áramütést okozó feszültség hatására kialakuló áram erőssége függ az emberi test ellenállásától. Ezt alapvetően a bőrfelület tulajdonságai és állapota határozzák meg (száraz, érdes bőrfelület esetén az ellenállás nagyobb),

valamint az érintkező felületek nagysága. A test ellenállása száraz bőrfelület esetén néhány száz kiló-ohm szokott lenni, de nedves bőrfelületnél, vagy ha az áramütést okozó feszültség átüti a bőr felső hámrétegét, néhány száz ohmra csökken.

A testen áthaladó áramot egy bizonyos érték (az ún. érzetküszöb) alatt nem is érzékeljük.

**Az áram káros élettani hatásai az áthaladó áramerősség függvényében a következők:**

- **Az érzetküszöb átlagos esetben, váltóáramnál már 1 mA, egyenáram esetén 5-6 mA.**
- **15-25 mA váltóáram hatására az izmok már összerándulnak (elengedési küszöb!), egyenáram esetén ez az érték 80 mA.**
- A testen áthaladó **25-100 mA már veszélyes, szívbénulást vagy szívkamra remegést okozhat.**
- A **100 mA feletti áram nagy valószínűséggel okozhat halált.**
- Az áram hatása frekvenciájától is függ. Egyenáramú balesetnél az áram vegyi hatása a legveszélyesebb. Hálózati (50 Hz-es) áramütésnél az izmokra gyakorolt hatás a legjelentősebb. A frekvencia növekedtével a „szkin hatás” miatt az áram a test felületére szorul ki, és ott égési sérüléseket okozhat.

A megadott áramértékek hozzávetőlegesek, és **erősen függenek az áram útjától és az emberi szervezet pillanatnyi állapotától.** A legveszélyesebb az, ha az áram a szíven, a légzőközpontokon, vagy a fejen halad keresztül. Veszélytelenebb az áramütés akkor, ha az áram útja ezeket a szerveket elkerüli (pl. a két lábon vagy kézfej és ugyanazon kar könyökén keresztül vezet).

Minél hosszabb ideig halad át az áram a testen, annál súlyosabb következményeket okozhat. Számít a szervezet állapota, a figyelem, és az áramütésre való „felkészültség” is. Ha a villamos árammal dolgozó figyelmes, és fel van készítve az esetleges áramütésre, az áram hatása gyengébb lehet.

**Hogy jön létre az áramütés?**

- **Fázis-föld érintés.**
- **Fázis-(másik) fázis érintés.**
- **Hibafeszültség áthidalása**  
Hibafeszültség: Az a feszültség, amely meghibásodás miatt a berendezés test pontja és a nullapotenciálú hely között, vagy két berendezés test pontja között lép fel.
- **Lépésfeszültség áthidalása**  
A földben folyó kóbor áram következtében a talaj felszínén egymástól egy emberi lépésnek megfelelő távolságban (0,7m) lévő két pont közötti feszültség.  
Nagyfeszültségű vezetékek földzárlati pontjai pl.: a földön fekvő leszakadt vezeték (villamosan aktív) környezetében.

**Mit csináljunk, ha valaki leszakadt földön fekvő nagyfeszültségű vezeték közelébe kerül véletlenül (földzárlati pont), akkor a veszélyes helytől kislépésekkel (néhány cm-es araszolás) távolodjunk el,** mert a lépésfeszültség a lépés nagyságától függően nő. Sajnos, ha elesnénk, akkor ez a távolság akár 2 m is lehet.

## Önellenőrző kérdések

### (A villamos áram emberre gyakorolt élettani hatásai)

#### 1. Mutassa be az emberi testen áthaladó áram élettani hatásait!

##### Válasz:

Az emberi test maga is vezető, ezért ha a test különböző pontjai között potenciálkülönbség lép fel, a testen áram indul meg.

##### Az emberi testen áthaladó áram élettani hatásai:

- **Az izmok összerándulása.** Az agy a testet behálózó idegpályákon keresztül villamos ingerületek útján mozgatja az izmokat. Áramütés esetén az (áram be- és kilépési pontjaitól függő) idegeket és izmokat nagyon erős inger érheti, melynek hatására utóbbiak összerándulhatnak, el is szakadhatnak. A legveszélyesebb, ha az áram a szíven vagy a tüdön halad keresztül, mert e létfontosságú szervek izmainak összerándulása a szerv görcsét, bénulását okozhatja. Az izomsejtek egy csoportja az áram bekapcsolásakor, más csoportja kikapcsoláskor ingerlődik, ezért az izmokra gyakorolt hatás tekintetében **a váltakozóáram (amely minden félperiódusában kivált ilyen ingerületeket) hatása veszélyesebb.**
- **Vegyi hatás.** Az emberi test szöveteinek igen nagy (kb. 70%) a nedvtartalma, e nedvek az oldott ásványi sók és más alkotók miatt áramot vezető elektrolitnak tekinthetők. A vegyi hatás szempontjából **az egyenáramú áramütés a veszélyes**, mert az ilyenkor kialakuló elektrolízis miatt a vér és a szövetnedvek veszélyes mértékben elbomolhatnak. A bontás során keletkező gázbuborékok is veszélyt jelentenek. A vérsejtek rögzökké összeállva eldugíthatják az ereket.
- **Hőhatás.** A test ellenállásán áthaladó áram hőt termel. A keletkező hő az érrendszerre a legveszélyesebb, mert az erek fala „törékennyé” válik, utólag vérzések keletkezhetnek. A 45 °C feletti felmelegedés – a fehérjék (vissza nem fordítható) kicsapódása miatt – halálos kimenetelű lehet.
- **Másodlagos/közvetett hatás.** Pl. leesésből származó sérülések.

#### 2. Melyek az áram káros élettani hatásai, az áthaladó áramerősség függvényében!

##### Válasz:

Az áram káros élettani hatásai az áthaladó áramerősség függvényében a következők:

- **Az érzetküszöb átlagos esetben, váltóáramnál már 1 mA, egyenáram esetén 5-6 mA.**
- **15-25 mA váltóáram hatására az izmok már összerándulnak (elengedési küszöb!), egyenáram esetén ez az érték 80 mA.**
- **A testen áthaladó 25-100 mA már veszélyes, szívbénulást vagy szívkamra remegést okozhat.**
- **A 100 mA feletti áram nagy valószínűséggel okozhat halált.**
- **Az áram hatása frekvenciájától is függ.** Egyenáramú balesetnél az áram vegyi hatása a legveszélyesebb. Hálózati (50 Hz-es) áramütésnél az izmokra gyakorolt hatás a legjelentősebb. A frekvencia növekedtével a „szkin hatás” miatt az áram a test felületére szorul ki, és ott égési sérüléseket okozhat.

A megadott áramértékek hozzávetőlegesek, és erősen függenek az áram útjától és az emberi szervezet pillanatnyi állapotától. **A legveszélyesebb az, ha az áram a szíven, a légző-**

**központokon, vagy a fejen halad keresztül.** Veszélytelenebb az áramütés akkor, ha az áram útja ezeket a szerveket elkerüli (pl. a két lábon vagy kézfej és ugyanazon kar könyökén keresztül vezet).

Minél hosszabb ideig halad át az áram a testen, annál súlyosabb következményeket okozhat. Számít a szervezet állapota, a figyelem, és az áramütésre való „felkészültség” is. Ha a villamos árammal dolgozó figyelmes, és fel van készítve az esetleges áramütésre, az áram hatása gyengébb lehet.

### 3. Hogyan jöhet létre áramütés?

**Válasz:**

- **Fázis-föld érintés.**
- **Fázis-(másik) fázis érintés.**
- **Hibafeszültség áthidalása**  
Hibafeszültség: Az a feszültség, amely meghibásodás miatt a berendezés test pontja és a nullapotenciálú hely között, vagy két berendezés test pontja között lép fel.
- **Lépésfeszültség áthidalása**  
A földben folyó kóboráram következtében a talaj felszínén egymástól egy emberi lépésnek megfelelő távolságban (0,7m) lévő két pont közötti feszültség.  
Nagyfeszültségű vezetékek földzárlati pontjai pl.: a földön fekvő leszakadt vezeték (villamosan aktív) környezetében.

### 4. Mi a teendő, ha valaki leszakadt, földön fekvő nagyfeszültségű vezeték közelébe kerül véletlenül?

**Válasz:**

Ha valaki leszakadt földön fekvő nagyfeszültségű vezeték közelébe kerül véletlenül (földzárlati pont), akkor a veszélyes helytől kislépésekkel (néhány cm-es araszolás) távolodjunk el, mert a lépésfeszültség a lépés nagyságától függően nő. Sajnos, ha elesnénk, akkor ez a távolság akár 2 m is lehet.

## 3.2. Az áramütés elleni megelőző intézkedések

**Legfontosabb alapfogalmak:**

**Föld:**

A talaj vagy a talajjal jól érintkező minden vezető anyag.

**Földelés:**

A testnek vagy valamilyen vezető résznek a tudatos összekötése a földdel. - Földelő Feszültség: Az a feszültség, amely a földelőn átfolyó áram hatására a földelő és nullpotenciálú hely között lép.

**Földzárlat:**

Üzemszerűen feszültség alatt álló vezetőnek a földdel való olyan záródása, amely rendellenesség következtében keletkezik.

**Érintési feszültség:**

A hibafeszültségnek (vagy a földelő feszültségnek) az a része, amelyet megérintéskor az ember testével áthidalhat.

**Üzemi földelés:**

Az energiaszolgáltató vezetékhálózat valamely pontjának összekötése a földdel.

**Védővezető:**

A földet és a készüléket összekötő vezető, amely az alapvető érintésvédelmet biztosítja.

**Érintésvédelmi szempontból különböző feszültség szinteket határoznak meg a szabványok.**

- **Törpefeszültségű** az a berendezés, amelynek vezetői között (vagy bármely vezetője és a föld között) a feszültség **nem nagyobb, mint 50V**.
- **Kisfeszültségű** az a berendezés, amelynek vezetői közt a feszültség **50V-nál nagyobb, de 1000V-nál kisebb**, és közvetlenül földelt berendezésnél egyik vezetője és a föld közötti feszültség sem nagyobb, mint 600V.
- **Nagyfeszültségű** az a berendezés, melynek vezetői között a névleges feszültség **nagyobb, mint 1000V**, vagy közvetlenül földelt berendezésnél egyik vezetője és a föld közötti feszültség meghaladja a 600 V váltakozó feszültséget
- **Érintési feszültség** (limitfeszültség) tartósan megengedett határértéke **100 Hz-nél nem nagyobb** frekvenciájú szinuszos váltakozó áram esetén az, amelyet az embernek tartósan el kell viselnie. **Állandó egyenfeszültség** esetén  $U_L=120V$ .

100-1000Hz frekvenciájú váltakozó áram, valamint szaggatott egyenáram esetén  $U_L=50-120V$ .

**Önellenőrző kérdések**

(Az áramütés elleni megelőző intézkedések)

**1. Mi a földelés fogalma?**

**Válasz:**

**Földelés:**

A testnek vagy valamilyen vezető résznek a tudatos összekötése a földdel. - Földelő Feszültség: Az a feszültség, amely a földelőn átfolyó áram hatására a földelő és nullpotenciálú hely között fellép.

2. **Mi a földzárlat fogalma?**

**Válasz:**

**Földzárlat:**

Üzemszerűen feszültség alatt álló vezetőnek a földdel való olyan záródása, amely rendelkezésszerűség következtében keletkezik.

3. **Mi az érintési feszültség fogalma?**

**Válasz:**

**Érintési feszültség:**

A hibafeszültségnek (vagy a földelő feszültségnek) az a része, amelyet megérintéskor az ember testével áthidalhat.

4. **Mit nevezünk üzemi földelésnek?**

**Válasz:**

**Üzemi földelés:**

Az energiaszolgáltató vezetékrendszer valamely pontjának összekötése a földdel.

5. **Mi a védővezető?**

**Válasz:**

**Védővezető:**

A földet és a készüléket összekötő vezető, amely az alapvető érintésvédelmet biztosítja.

6. **Érintésvédelmi szempontból milyen feszültség szinteket határoznak meg a szabványok?**

**Válasz:**

Érintésvédelmi szempontból különböző feszültség szinteket határoznak meg a szabványok.

- **Törpefeszültségű** az a berendezés, amelynek vezetői között (vagy bármely vezetője és a föld között) a feszültség **nem nagyobb, mint 50V**.
- **Kisfeszültségű** az a berendezés, amelynek vezetői közt a feszültség **50V-nál nagyobb, de 1000V-nál kisebb**, és közvetlenül földelt berendezésnél egyik vezetője és a föld közötti feszültség sem nagyobb, mint 600V.
- **Nagyfeszültségű** az a berendezés, melynek vezetői között a névleges feszültség **nagyobb, mint 1000V**, vagy közvetlenül földelt berendezésnél egyik vezetője és a föld közötti feszültség meghaladja a 600 V váltakozó feszültséget
- **Érintési feszültség** (limitfeszültség) tartósan megengedett határértéke **100 Hz-nél nem nagyobb** frekvenciájú szinuszos váltakozó áram esetén az, amelyet az embernek tartósan el kell viselnie. **Állandó egyenfeszültség** esetén  $U_L=120V$ .

**100-1000 Hz** frekvenciájú váltakozó áram, valamint szaggatott egyenáram esetén  $U_L=50-120V$ .

### 3.3. Érintésvédelmi osztályok

#### 0. érintésvédelmi osztály:

Üzemi szigetelésen kívül másmilyen érintésvédelem nincs.

#### I. érintésvédelmi osztály:

Az üzemi szigetelésen kívül a védelmi funkciót védővezetékkel valósítják meg, ez a nullázás, vagy védőföldelés (nullavezető, vagy földelő vezeték). Ide tartoznak azok a gyártmányok, készülékek, berendezések, amelyeket csak védővezetővel szabad használni, és csak a névleges feszültségnek megfelelő, védővezetős hálózathoz szabad csatlakoztatni. Hiba esetén a berendezést túláramvédelmi rész kapcsolja le a táphálózatról. Az I. érintésvédelmi osztályba sorolják például: a villamos motorokat, a hűtőszekrényt, a villanyvasalót

**Jelölése:**



#### II. érintésvédelmi osztály:

Kétszeres (kettős), vagy megerősített szigetelésű. Földelni TILOS! A berendezésen vagy leírásában kettős vonal által határolt négyzet jelöli. A villamos szerkezet elszigetelése gyárilag szigetelt szigetelő házú, műanyag tokozású szerkezetek melyek kielégítik az érintésvédelmi osztályra vonatkozó követelményeket. A szigetelő burkolaton nem vezethetnek át olyan fémrészek, amelyek kihozhatják a potenciált. Ide tartoznak a kettős vagy megerősített szigeteléssel ellátott gyártmányok, készülékek, berendezések. Az érinthető részek vagy műanyagból készülnek, vagy úgy vannak az üzemszerűen feszültség alatt álló részekről elszigetelve, hogy azokon, hiba esetén sem léphet fel veszélyes érintési feszültség, vagyis a gépnek, berendezésnek az alapszigetelésen kívül van még egy védőszigetelése, vagy a fokozott igénybevételű helyeken van még egy megerősített szigetelése. A II. érintésvédelmi osztályba sorolják például: a villamos kéziszerszámokat (villanyfűrőgépet, stb.), a televíziót, a hajszárítót, a porszívót.

**Jelölése:**





### III. érintésvédelmi osztály:

Csak és kizárólag törpefeszültség van benne (általában 24 V fázisfeszültség és 42 V vonali feszültség). Egyfázisú rendszerben a feszültség effektív értéke maximum 50 V lehet. Egyenfeszültség esetén, ha hullámossága nem haladja meg a 10%-ot, legfeljebb 120 V lehet. Ide tartoznak a biztonsági transzformátorral, vagy biztonsági tápegységgel előállított érintésvédelmi törpefeszültségű hálózatról üzemelő készülékek, ha önmagukon belül sem állítanak elő törpefeszültségnél nagyobb feszültséget. Elsősorban különösen veszélyes helyeken alkalmazzák. (Megjegyzés: A töltőberendezés nem érintésvédelmi törpefeszültséget, hanem technológiai törpefeszültséget állít elő.) (alábbi ábra).

**Jelölése:**



Magyarországon a háztartásokba általában (régóta) egyfázisú váltakozóáram van bevezetve. (A hálózati feszültség 230V, a frekvencia 50 Hz.) A beérkező két vezeték közül az egyik az üzemi földelés (ezt a transzformátorháznál és esetleg a légvezeték vagy földkábel más pontjain is leföldelik), a másik a fázis. Könnyen belátható, hogy a fázis megérintése áramütést okoz, ha egyidejűleg testünk valamely része a földdel érintkezik. A fázissal akkor is érintkezésbe kerülhetünk, ha valamely villamos berendezés meghibásodása folytán az megjelenik a készülék dobozán, általában valamely, a kezelő által megérinthető pontján (testzárlat). Az érintésvédelem feladata az esetleges testzárlat által okozott életveszély megelőzése.

**Egy mai háztartás átlagos villamos energia táplálása.** Felmerülhet a kérdés új családi ház vagy lakóépület építésének tervezése közben, hogy a villamos tervben egy, illetve három fázis szerepeljen. A lakossági felhasználók számára elérhető kiefeszültségű villamos hálózat mindenhol háromfázisú. Így a három fázis szinte minden csatlakozási pontnál rendelkezésünkre áll.

Egy átlagos fogyasztású családi ház ellátásához elegendő az egyfázisú csatlakozás, ami magába foglalja a világítást, szórakoztató elektronikát és háztartási eszközöket (mikrohullámú sütő, mosógép, porszívó). A megnövekedett áramfogyasztás miatt, az alap csatlakozási áramerősség ma fázisonként 32A (régén 10A majd 16A volt), ami minden fogyasztó számára biztosított. Minden olyan esetben, ha kevesebb a 32A, vagy előreláthatólag háromfázisú, illetve nagyteljesítményű készülék kerül a háztartásba (elektromos tűzhely, klíma, szauna), akkor háromfázisú csatlakozást kell létesíteni.

## Önellenőrző kérdések (Érintésvédelmi osztályok)

1. A 0. érintésvédelmi osztályba tartozó berendezések, milyen érintésvédelemmel rendelkeznek?

**Válasz:**

Üzemi szigetelésen kívül másmilyen érintésvédelem nincs.

2. A I. érintésvédelmi osztályba tartozó berendezések, milyen érintésvédelemmel rendelkeznek?

**Válasz:**

Az üzemi szigetelésen kívül a védelmi funkciót védővezetékkel valósítják meg, ez a nullázás, vagy védőföldelés (nullavezető, vagy földelő vezeték). Ide tartoznak azok a gyártmányok, készülékek, berendezések, amelyeket csak védővezetővel szabad használni, és csak a névleges feszültségnek megfelelő, védővezető hálózathoz szabad csatlakoztatni. Hiba esetén a berendezést túláramvédelmi rész kapcsolja le a táphálózatról. Az I. érintésvédelmi osztályba sorolják például: a villamos motorokat, a hűtőszekrényt, a villanyvasalót

Jelölése:



3. A II. érintésvédelmi osztályba tartozó berendezések, milyen érintésvédelemmel rendelkeznek?

**Válasz:**

Kétszeres (kettős), vagy megerősített szigetelésű. Földelni TILOS! A villamos szerkezet elszigetelése gyárilag szigetelt, szigetelő házú műanyag tokozású szerkezetek, melyek kielégítik az érintésvédelmi osztályra vonatkozó követelményeket. A szigetelő burkolaton nem vezethetnek át olyan fémrészek, amelyek kihozhatják a potenciált. Ide tartoznak a kettős vagy megerősített szigeteléssel ellátott gyártmányok, készülékek, berendezések. Az érinthető részek vagy műanyagból készülnek, vagy úgy vannak az üzemszerűen feszültség alatt álló részekről elszigetelve, hogy azokon, hiba esetén sem léphet fel veszélyes érintési feszültség, vagyis a gépnek, berendezésnek az alapszigetelésen kívül van még egy védőszigetelése, vagy a fokozott igénybevételű helyeken van még egy megerősített szigetelése. A II. érintésvédelmi osztályba sorolják például: a villamos kéziszerszámokat (villanyfűrőgépet, stb.), a televíziót, a hajszárítót, a porszívót.

Jelölése:



**4. A III. érintésvédelmi osztályba tartozó berendezések, milyen érintésvédelemmel rendelkeznek?**

**Válasz:**

Csak és kizárólag törpefeszültség van benne (általában 24 V fázisfeszültség és 42 V vonali feszültség). Egyfázisú rendszerben a feszültség effektív értéke maximum 50 V lehet. Egyenfeszültség esetén, ha hullámossága nem haladja meg a 10%-ot, legfeljebb 120 V lehet. Ide tartoznak a biztonsági transzformátorral, vagy biztonsági tápegységgel előállított érintésvédelmi törpefeszültségű hálózatról üzemelő készülékek, ha önmagukon belül sem állítanak elő törpefeszültségnél nagyobb feszültséget. Elsősorban különösen veszélyes helyeken alkalmazzák. (Megjegyzés: A töltőberendezés nem érintésvédelmi törpefeszültséget, hanem technológiai törpefeszültséget állít elő.)

Jelölése:



### **3.4. Szigetelt vezetékek színjelölése**

**A hazánkban rendszeresített védőérintkezős dugaszolóaljzatokba három vezeték köthető be:**

- a fázisvezető (színe fekete vagy barna, jele L);
- a nullavezető (színe kék, jele N);
- a védővezető (színe zöldsárga, jele PE).

Az erősáramú kábeleknél is a védővezetőt zöld/sárga színnel jelölik és az alábbi felsorolásban láthatóak az érszám szerinti erek jelölése.

**$U_0 / U = 0,6 / 1 \text{ kV}$  –ig a kábelek érszínezése:**

Kábelerek száma és színe (védővezetővel jele „– J”)

1. zöld/sárga
2. zöld/sárga – kék
3. zöld/sárga – fekete – kék
4. zöld/sárga – fekete – kék – barna
5. zöld/sárga – fekete – kék – barna – fekete
6. -és több zöld/sárga – a többi ér fekete és számozzák)

Kábelerek száma és színe (védővezető nélkül jele „– O”)

1. fekete
2. fekete – kék
3. fekete – kék – barna
4. fekete – kék – barna – fekete
5. fekete – kék – barna – fekete – fekete
6. 6-és több- minden ér fekete, számozva.

Ha a kábelben egy ér kisebb keresztmetszetű, akkor a „– J ” típusjelű kábelben ez az ér a zöld/sárga. A „– O ” típusjelű kábelnél pedig kék színű.

Az erősáramú hálózatoknál a gyakorlatban is ezt alkalmazzák, ez látható a kész elosztó szekrényekben és a hálózat vezetékeinél. A szekrények sorkapcsainál egyértelműen a színezés megtalálható, továbbá a vezetékek azonosításainak is meg kell lennie. A szekrényen belül is a különböző feszültség értékű hálózatok is elkülönülnek.

## Önellenőrző kérdések (Szigetelt vezetékek színjelölése)

1. A hazánkban rendszeresített védőérintkezős dugaszolóaljzatokba, milyen színjelzésű vezetékek köthetők be?

**Válasz:**

A hazánkban rendszeresített védőérintkezős dugaszolóaljzatokba három vezeték köthető be:

- a fázisvezető (színe fekete vagy barna, jele L);
- a nullavezető (színe kék, jele N);
- a védővezető (színe zöldsárga, jele PE).

### 3.5. Villamos gyártmányok por és víz behatás elleni védelme

A berendezések por és víz elleni védetségét jellemző IP védetség jelölésének módja az MSZ EN 60529:2015 (Villamos gyártmányok burkolatai által nyújtott védetség fokozatok) szabványon alapszik. Ezen szabvány szerint az IP (Ingression Protection) besorolás első számjegye a szilárd testek (por), míg a második a víz behatolása elleni védetséget jellemzi.

Az IP védetség első számjegye az érintésvédelem mértékét is jelzi.

| Első számjegy |                                                 | Második számjegy |                                                                                                          |
|---------------|-------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Érték         | Jelentés                                        | Érték            | Jelentés                                                                                                 |
| 0             | Nem védett                                      | 0                | Nem védett                                                                                               |
| 1             | >50 mm átmérőjű testek ellen védett (kézfaj)    | 1                | Függőlegesen csepegő víz ellen védett                                                                    |
| 2             | >12 mm átmérőjű testek ellen védett (ujj)       | 2                | Függőlegestől 15°-ig eltérő csepegő víz ellen védett                                                     |
| 3             | >2,5 mm átmérőjű testek ellen védett (szerszám) | 3                | Esővíz ellen védett. A függőlegeshöz képest legfeljebb 60°-os szögben érkező permetező víz ellen védett. |

| Első számjegy |                                                                                                                             | Második számjegy |                                              |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------|
| Érték         | Jelentés                                                                                                                    | Érték            | Jelentés                                     |
| 4             | >1 mm átmérőjű testek ellen védett (vezeték)                                                                                | 4                | Fröccsenő víz ellen védett (minden irányból) |
| 5             | Porlerakódás ellen védett. A por behatolását teljesen nem akadályozza meg, de a bejutás mértéke a működést nem akadályozza. | 5                | Vízszugár ellen védett (minden irányból)     |
| 6             | Por behatolása ellen védett                                                                                                 | 6                | Erős vízszugár ellen védett                  |
|               |                                                                                                                             | 7                | Időszakos vízbe merítés ellen védett         |
|               |                                                                                                                             | 8                | Tartós vízbe merítés ellen védett            |
|               |                                                                                                                             | 9K*              | Fokozott véd                                 |

## Önellenőrző kérdések

### (Villamos berendezések por és víz behatás elleni védelme)

1. Melyik szabványon alapszik a berendezések por és víz elleni védetségét jellemző IP védetség jelölésének módja?

#### Válasz:

A berendezések por és víz elleni védetségét jellemző IP védetség jelölésének módja, az **MSZ EN 60529:2015** (Villamos gépjárművek burkolatai által nyújtott védelegési fokozatok) szabványon alapszik. Ezen szabvány szerint az IP (Ingress Protection) besorolás első számjegye a szilárd testek (por), míg a második a víz behatolása elleni védelegést jellemzi

### 3.6. Az érintésvédelem passzív megoldásai

#### Passzív érintésvédelem.

**Passzív megoldások:** az elkerítés, védőelválasztás, elszigetelés, burkolás. Az elkerítés nem akadályozza meg, hogy üzemszerűen feszültségmentes részek a környezethez képest veszélyes feszültség alá kerüljenek, de ezek véletlen érintése ellen védelmet nyújt úgy, hogy a védendő (helyhez kötött) berendezést kerítéssel, korláttal stb. veszik körül. A védőelválasztás alkalmazásakor minden egyes fogyasztó készüléket külön biztonsági transzformátorral előállított, földetlen feszültséggel táplálnak. (A biztonsági elválasztó transzformátor két, egymástól elszigetelt primer és szekunder tekercsének feszültsége azonos, de a szekunder tekercs egyik kivezetése sincs leföldelve. Így a szekunder bármely pontjának és a földnek egyidejű érintése nem okoz áramütést). Az elszigetelés a meghibásodott készülék testének megérintése esetén kialakuló áram erősségét a veszélyes érték alá korlátozza az által, hogy az áramkörbe az emberi test ellenállásával sorba kapcsolva nagy ellenállást (szigetelést) iktat be. Egyik módja a készülék testének a kezelőtől kettős szigeteléssel való elszigetelése.

**A megkettőzött szigetelés az üzemi szigetelés meghibásodása esetén védelmet nyújt az áramütés ellen. A kettős szigetelésű berendezést nem szabad leföldelni.**

#### A kettős szigetelés

A villamos berendezés üzemi (alap) szigetelésének meghibásodásakor a géptest feszültség alá kerülhet.

Annak megakadályozására, hogy ilyen eset áramütést okozzon, a géptestet és a burkolat kézzel érinthető fém alkatrészeit egy második szigeteléssel különítik el egymástól. Ebből a két különálló szigetelésből származik a kettős szigetelés elnevezés.

Jellemző példák: A hálózatról táplált kéziszerszámok többsége (fűrőgép, sarokcsiszoló, dekopir fűrész stb.). Ezeken a készülékeken megtaláljuk a kettős szigetelés két koncentrikus négyzetből álló jelölését. Ezeknek a berendezéseknek a csatlakozó dugója nem védőérintkezős.

Az elszigetelés másik módja a kezelőnek a földtől és földpotenciálon lévő szerkezetektől (pl. szigetelő padlóval) való elszigetelése. A burkolás – az elkerítéshez hasonló módon – azt akadályozza meg, hogy a helyhez kötött berendezést megérintsék. A védendő berendezést szekrénybe helyezik, beburkolják.

### Önellenőrző kérdések (Az érintésvédelem passzív megoldásai)

#### 1. Mutasson be, passzív érintésvédelmi megoldásokat?

**Válasz:**

**Passzív megoldások:** az elkerítés, védőelválasztás, elszigetelés, burkolás.

- Az **elkerítés** nem akadályozza meg, hogy üzemszerűen feszültségmentes részek a környezethez képest veszélyes feszültség alá kerüljenek, de ezek véletlen érintése ellen védelmet nyújt úgy, hogy a védendő (helyhez kötött) berendezést kerítéssel, korláttal stb. veszik körül.
- A **védőelválasztás** alkalmazásakor minden egyes fogyasztó készüléket külön biztonsági transzformátorral előállított, földetlen feszültséggel táplálnak. (A biztonsági elválasztó transzformátor két, egymástól elszigetelt primer és szekunder tekercsének fe-

szültsége azonos, de a szekunder tekercs egyik kivezetése sincs leföldelve. Így a szekunder bármely pontjának és a földnek egyidejű érintése nem okoz áramütést).

- Az **elszigetelés** a meghibásodott készülék testének megérintése esetén kialakuló áram erősségét a veszélyes érték alá korlátozza az által, hogy az áramkörbe az emberi test ellenállásával sorba kapcsolva nagy ellenállást (szigetelést) iktat be. Egyik módja a készülék testének a kezelőtől kettős szigeteléssel való elszigetelése.

## 2. Mi a kettős szigetelés lényege?

### Válasz:

A megkettőzött szigetelés az üzemi szigetelés meghibásodása esetén védelmet nyújt az áramütés ellen. **A kettős szigetelésű berendezést nem szabad leföldelni.**

### A kettős szigetelés

A villamos berendezés üzemi (alap) szigetelésének meghibásodásakor a géptest feszültség alá kerülhet. Annak megakadályozására, hogy ilyen eset áramütést okozzon, a géptestet és a burkolat kézzel érinthető fém alkatrészeit egy második szigeteléssel különítik el egymástól. Ebből a két különálló szigetelésből származik a kettős szigetelés elnevezés.

Jellemző példák: A hálózatról táplált kéziszerszámok többsége (fűrőgép, sarokcsiszoló, dekopir fűrész stb.). Ezeken a készülékeken megtaláljuk a kettős szigetelés két koncentrikus négyzetből álló jelölését. Ezeknek a berendezéseknek a csatlakozó dugója nem védőérintkezős.

Az elszigetelés másik módja a kezelőnek a földtől és földpotenciálón lévő szerkezetektől (pl. szigetelő padlóval) való elszigetelése. A burkolás – az elkerítéshez hasonló módon – azt akadályozza meg, hogy a helyhez kötött berendezést megérintsék. A védendő berendezést szekrénybe helyezik, beburkolják.

## 3.7. Az érintésvédelem aktív megoldásai

### Aktív érintésvédelem

Az aktív érintésvédelem hatását úgy fejt ki, hogy a megengedettnél nagyobb érintési feszültséget okozó testzárlatos berendezést az előírt időn belül a hálózatról lekapcsolja. (A lekapcsolási idő alatt az érintési feszültséget nem csökkenti.) Fajtái: feszültségvédő kapcsolás, áramvédő kapcsolás, nullázás, védőföldelés.

**A feszültségvédő kapcsolás** alkalmazásakor a védett berendezés teste, és egy, a testtől független potenciálú földelő szonda (segéd földelés) közé egy relét kapcsolnak. Ha a berendezés testpotenciálja a megengedett érintési feszültség fölé emelkedik, a relé 0,2s alatt kikapcsol, és megszakítja a védett berendezés hálózati feszültség ellátását.

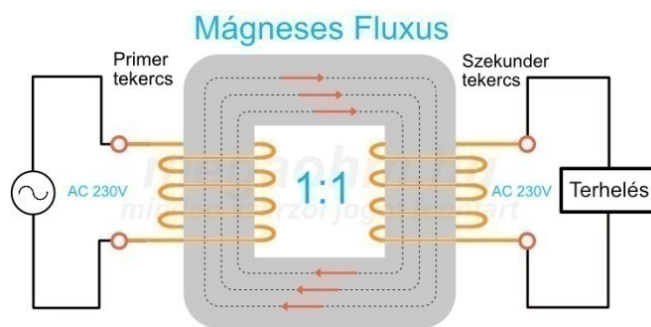
Az **áramvédő kapcsolás** figyeli a védendő berendezés hálózati áramfelvételét, és testzárlatkor a földelésen keresztül kialakuló áram hatására megszakítja a berendezés hálózati feszültség ellátását. A közvetlen fogyasztót védő áramvédő kapcsolónak 0,2s alatt le kell kapcsolnia. Áramvédő kapcsolóként általában ún. kismegszakítót alkalmaznak.

A **kismegszakítók** elsődleges feladata, hogy túlterhelés és zárlat védelemmel lássák el az elektromos hálózatot. A berendezés vezetőkeit meg kell védeni a túláramok következtében kialakuló káros hőhatásoktól. A folyamatos túlterhelés a vezetékek szigetelésének az élettartamát csökkenti. A rövidzárlat következtében meginduló, a vezeték terhelhetőségét drámaian túllépő áram hatására, a keletkezett hő a vezeték szigetelését néhány másodpercen belül megsemmisítheti. Tehát a kismegszakító elsődleges feladata, hogy névlegesnél nagyobb áramon felül az áramkört automatikusan lekapcsolja a hálózatról. Két, egymástól függetlenül működő kioldó, ugyanarra a kapcsoló mechanikára fejt ki hatását. A kismegszakítók több típust különböztetünk meg felhasználási terület szerint. Megkülönböztetjük a névleges áram, névleges feszültség, pólusszám, kioldási karakterisztika, névleges megszakítási képesség alapján. A kismegszakító praktikus a kis mérete, és az egyszerű kezelhetősége miatt. A háztartások vezeték védelmét mára kötelezően kismegszakítók biztosítják, az olvadó biztosítékokat teljesen kiszorították erről a területről.

Az **áram-védőkapcsolót (Fi-relét)** közvetett érintés ellen, meghibásodás következtében létrejövő áramütés megelőzésére fejlesztették ki. Az áram-védőkapcsoló feladata, hogy érzékelje a föld felé elfolyó áramot és megszakítsa a védett berendezés vagy berendezés rész táplálását (lásd később).

A **nullázás** az érintésvédelemnek az a módja, amikor a villamos berendezés testét a nullázó vezetőkön keresztül a hálózat közvetlenül földelt nulla vezetőjével kötik össze. Így a testzárlat egyfázisú rövidzárlattá alakul, azt pedig a rövidzárlat-védelem az előírt időn belül lekapcsolja. A védőföldelés alkalmazásakor a villamos berendezés testét megfelelő földelési ellenállású földeléssel kötik össze. Így elérhető, hogy kisebb áramerősségű testzárlatok esetén az érintési feszültség nem lesz nagyobb a megengedettnél, nagyobb áramerősségű testzárlatok esetén pedig a berendezés zárlatvédelme az előírt időn belül kikapcsol. A védőföldeléses hálózati csatlakozó aljzat védőföldelés érintkezőt is tartalmaz. A védőföldelés érintkezőhöz a berendezés hálózati kábelének zöld-sárga színjelölésű vezetőjét kell csatlakoztatni. A védőföldelés vezetőjének legalább olyan keresztmetszetűnek kell lennie, mint a hálózati áramot szállító vezetéknek.

### Biztonsági transzformátorok



A villamos elválasztás egy önálló érintésvédelmi módszer. A hibavédelmi mód lényege az, hogy a védendő áramkör el van szeparálva a föld potenciáltól. A védőelválasztás passzív érintésvédelmi módszer. Az esetek túlnyomó többségében a villamos elválasztást biztonsági leválasztó transzformátor alkalmazásával valósítják meg. Védőelválasztással védett berendezés esetében a testzárlatos készüléket megérintő személyen nem fog áram megindulni, nem fog áramütést szenvedni, mivel a tápforrás és a transzformátor szekunder oldaláról táplált készülék között nincs galvanikus kapcsolat.

A védőelválasztás során a készüléket nem a hálózatról tápláljuk, hanem a biztonsági transzformátorral előállított földetlen váltakozó feszültséggel. A transzformátor kimentő (szekunder) oldalán a fölhöz képest nem jelenik meg feszültség. A transzformátor primer és szekunder oldala nincs galvanikus kap-

csolatban egymással. Rendszerint a villamos elválasztás alkalmazása során a feszültség szint nem változik meg, ezért a leválasztó transzformátor tekercselése 1:1 áttételű. Az azonos menetszámnak köszönhetően a transzformátor szekunder oldalán pontosan akkora feszültség fog megjelenni, mint amekkora a primer oldalra kapcsolt feszültség szint, ami jelen esetben AC 230V.

Ez a védelmi módszer például a szervizelés és az ipar területén nagyon jól használható. A különböző szerkezetek feszültség alatti hibakeresésénél teljesen biztonságos és kiküszöbölhető az áramütés veszélye.

Kialakítása sok féle lehet, például egy vasmagon két tekercs megfelelően szigetelve egymástól, de kialakítható dupla vasmagos tekercseknél is. A törpe feszültség használatánál kötelező a leválasztó/elválasztó transzformátor használata.

### **Biztosíték (kismegszakítók)**

A berendezéseket nem csak érintésvédelmi okokból látják el túláram védelemmel, hanem saját áramköreinek a védelme céljából is. A túláram védelem (biztosíték) leold, ha bármely okból (pl. egy alkatrész meghibásodása miatt) a megengedettnél nagyobb tápáram folyik, és ezzel megvédi a túláram miatt veszélyeztetett többi alkatrészt, áramkört.

## **Önellenőrző kérdések (Az érintésvédelem aktív megoldásai)**

### **1. Hogyan fejti ki hatását az aktív érintésvédelem?**

#### **Válasz:**

Az aktív érintésvédelem hatását úgy fejti ki, hogy a megengedettnél nagyobb érintési feszültséget okozó testzárlatos berendezést az előírt időn belül a hálózatról lekapcsolja. (A lekapcsolási idő alatt az érintési feszültséget nem csökkenti.) Fajtái: feszültségvédő kapcsolás, áramvédő kapcsolás, nullázás, védőföldelés.

### **2. Mi a lényege a feszültségvédő kapcsolásnak, mint aktív érintésvédelmi megoldásnak?**

#### **Válasz:**

A **feszültségvédő kapcsolás** alkalmazásakor a védett berendezés teste, és egy, a testtől független potenciálú földelő szonda (segédföldelés) közé egy relé kapcsolnak. Ha a berendezés testpotenciálja a megengedett érintési feszültség fölé emelkedik, a relé 0,2s alatt kikapcsol, és megszakítja a védett berendezés hálózati feszültség ellátását.

### **3. Mi a lényege az áramvédő kapcsolásnak, mint aktív érintésvédelmi megoldásnak?**

#### **Válasz:**

Az **áramvédő kapcsolás** figyelmezteti a védendő berendezés hálózati áramfelvételét, és testzárlatkor a földelésen keresztül kialakuló áram hatására megszakítja a berendezés hálózati feszültség ellátását. A közvetlen fogyasztót védő áramvédő kapcsolónak 0,2s alatt le kell kapcsolnia. Áramvédő kapcsolóként általában ún. kismegszakítót alkalmaznak.

4. Mutassa be a kismegszakítót, mint aktív érintésvédelemi megoldást?

Válasz:

A **kismegszakítók** elsődleges feladata, hogy túlterhelés és zárlat védelemmel lássák el az elektromos hálózatot. A berendezés vezetékeit meg kell védeni a túláramok következtében kialakuló káros hőhatásoktól. A folyamatos túlterhelés a vezetékek szigetelésének az élettartamát csökkenti. A rövidzárlat következtében meginduló, a vezeték terhelhetőségét drámaian túllépő áram hatására, a keletkezett hő a vezeték szigetelését néhány másodpercen belül megsemmisítheti. Tehát a kismegszakító elsődleges feladata, hogy névlegesnél nagyobb áramon felül az áramkört automatikusan lekapcsolja a hálózatról. Két, egymástól függetlenül működő kioldó, ugyanarra a kapcsoló mechanikára fejt ki hatását. A kismegszakítók több típust különböztetünk meg felhasználási terület szerint. Megkülönböztetjük a névleges áram, névleges feszültség, pólusszám, kioldási karakterisztika, névleges megszakítási képesség alapján. A kismegszakító praktikus a kis mérete, és az egyszerű kezelhetősége miatt. A háztartások vezetékek védelmét mára kötelezően kismegszakítók biztosítják, az olvadó biztosítékokat teljesen kiszorították erről a területről.

5. Mutassa be a nullázást, mint aktív érintésvédelemi megoldást?

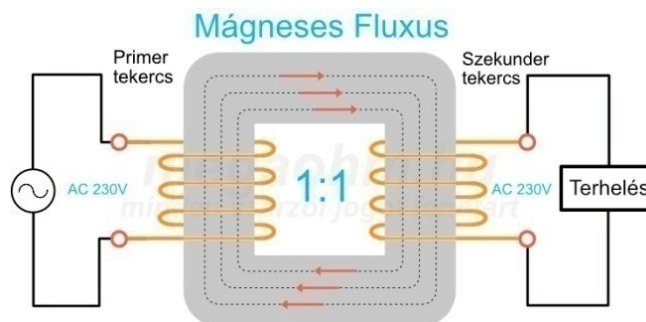
Válasz:

A **nullázás** az érintésvédelemnek az a módja, amikor a villamos berendezés testét a nullázó vezetőkön keresztül a hálózat közvetlenül földelt nulla vezetőjével kötik össze. Így a testzárlat egyfázisú rövidzárlattá alakul, azt pedig a rövidzárlat-védelem az előírt időn belül lekapcsolja. A védőföldelés alkalmazásakor a villamos berendezés testét megfelelő földelési ellenállású földeléssel kötik össze. Így elérhető, hogy kisebb áramerősségű testzárlatok esetén az érintési feszültség nem lesz nagyobb a megengedettnél, nagyobb áramerősségű testzárlatok esetén pedig a berendezés zárlatvédelme az előírt időn belül kikapcsol. A védőföldeléses hálózati csatlakozó aljzat védőföldelés érintkezőt is tartalmaz. A védőföldelés érintkezőhöz a berendezés hálózati kábelének zöld-sárga színjelölésű vezetékét kell csatlakoztatni. A védőföldelés vezetékének legalább olyan keresztmetszetűnek kell lennie, mint a hálózati áramot szállító vezetékek.

6. Mutassa be a biztonsági transzformátort, mint aktív érintésvédelemi megoldást?

Válasz:

**Biztonsági transzformátorok**



A villamos elválasztás egy önálló érintésvédelmi módszer. A hibavédelmi mód lényege az, hogy a védendő áramkör el van szeparálva a föld potenciáltól. A védőelválasztás passzív

érintésvédelmi módszer. Az esetek túlnyomó többségében a villamos elválasztást biztonsági leválasztó transzformátor alkalmazásával valósítják meg. Védőelválasztással védett berendezés esetében a testzárlatos készüléket megérintő személyen nem fog áram megindulni, nem fog áramütést szenvedni, mivel a tápforrás és a transzformátor szekunder oldaláról táplált készülék között nincs galvanikus kapcsolat.

A védőelválasztás során a készüléket nem a hálózatról tápláljuk, hanem a biztonsági transzformátorral előállított földeletlen váltakozó feszültséggel. A transzformátor kimentí (szekunder) oldalán a fölhöz képest nem jelenik meg feszültség. A transzformátor primer és szekunder oldala nincs galvanikus kapcsolatban egymással. Rendszerint a villamos elválasztás alkalmazása során a feszültség szint nem változik meg, ezért a leválasztó transzformátor tekercselése 1:1 áttételű. Az azonos menetszámnak köszönhetően a transzformátor szekunder oldalán pontosan akkora feszültség fog megjelenni, mint amekkora a primer oldalra kapcsolt feszültség szint, ami jelen esetben AC 230V.

Ez a védelmi módszer például a szervizelés és az ipar területén nagyon jól használható. A különböző szerkezetek feszültség alatti hibakeresésénél teljesen biztonságos és kiküszöbölhető az áramütés veszélye.

Kialakítása sokféle lehet, például egy vasmagon két tekercs megfelelően szigetelve egymástól, de kialakítható dupla vasmagos tekercseknél is. A törpe feszültség használatánál kötelező a leválasztó/elválasztó transzformátor használata.

### **3.8. Zárlat keletkezése**

A villamos hálózatok folyamatos nyugodt üzemét leggyakrabban a zárlatok zavarják meg. A zárlat a hálózat olyan sönthibája, amelyet a hálózat különböző fázisvezetői vagy a fázisvezető és a föld illetve földelt nullavezető közötti szigetelés teljes letörése vagy fémes lesöntölése idéz elő.

A villamosenergia-átvitel elemei közül legtöbbször a szabadvezeték hálózatokon keletkezik zárlat. Gyakoribb okai a villámcsapás, vezetékszakadás, összelengés, szigetelő átívelés.

Kábeleken a szigetelés átütése vagy külső eredetű sérülése, kapcsoló-berendezésekben átívelés, átütés, szigetelőtörés, téves kezelés, nem megfelelő karbantartás miatt jönnek létre zárlatok.

A zárlat hatására bekövetkező feszültségletörés nagy kiterjedésű hálózatrészekben érezteti hatását, veszélyezteti a kooperációs hálózatra dolgozó erőművek üzemét. A névleges áram 10-20-szorosát elérő zárlati áram termikus és dinamikus hatása erősen igénybe veszi a villamos berendezéseket. Jelentős pusztítást okozhat a zárlati ív is.

#### **A hálózati zárlatok fajtái**

A zárlatot okozó érintkezés létrejöhet közvetlenül vagy villamos íven keresztül. Eszerint megkülönböztetünk fémes, vagy másképpen merev zárlatot, illetve íves zárlatot.

Egyszerű zárlatok a hálózatok azon zárlatai, amelyek az adott időben csak egy hibahelyen lépnek fel. Az egyszerű zárlatok közül a szimmetrikusak mindhárom fázist érintik, az ettől eltérő eseteket aszimmetrikusnak nevezzük.

### **Egyszerű szimmetrikus zárlatok a következők:**

- 3F zárlat vagy háromfázisú zárlat
- 3FN zárlat vagy szimmetrikus földrövidzárlat
- 3Ff zárlat vagy szimmetrikus földzárlat

### **Egyszerű aszimmetrikus zárlatok:**

- 2F zárlat vagy kétfázisú zárlat
- 2FN zárlat vagy kétfázisú földrövidzárlat
- 2 Ff zárlat vagy kétfázisú földzárlat
- FN zárlat vagy egyfázisú földrövidzárlat
- Ff zárlat vagy egyfázisú földzárlat

Szimultán zárlat (kettős, illetve többszörös zárlat) a hálózatnak az a zárlata, amelyet ugyanazon időben különböző hibahelyeken fellépő egyszerű zárlatok hoznak létre.

A föld felé folyó zárlati áram nagyságát alapvetően befolyásolja, hogy a hálózatnak van-e közvetlenül földelt pontja, vagy csak impedancián keresztül kapcsolódik a földhöz, illetve nincs galvanikus kapcsolat a hálózat és a föld között.

Közvetlenül földelt hálózatokon egyfázisú földzárlat (FN) esetén  $(1 \dots 10) \times 10\text{A}$  nagyságú rövidzárlati áram folyik. Hasonló nagyságrendű áram folyik a földben 2FN zárlat esetén is. A szigetelt csillagpontú, ill. közvetetten földelt hálózatok  $(1 \dots 35\text{kV})$  egyfázisú földzárlata (Ff) nem jelent rövidzárlatot, a kialakuló áramerősség  $10 \dots 200\text{A}$ . A 2Ff zárlat esetén is csak az érintett fázisok áramerőssége zárlati nagyságrendű, a földben folyó kisebb értékű. A zárlati áram több nagyságrendű eltérése miatt jelöljük és nevezzük másképpen a két hálózattípus földérintéses zárlatát. A nem mereven földelt hálózatok Ff zárlatát földzárlatnak, a közvetlenül földelt hálózatokon fellépő FN zárlatot földrövidzárlatnak nevezzük. A zárlatok előfordulási gyakorisága különféle hálózatokon más és más, a hálózat kialakításától, az oszlopképtől, a földrajzi, éghajlati viszonyoktól stb. függően. Hazánkban az alaphálózat távvezetéseken évente és  $100\text{ km}$ -enként átlagosan  $8\text{-}10$  zárlat lép fel, melynek kb.  $90\%$ -a FN zárlat. Az okok között meghatározó a szigetelők átütése, átívelése. A fáziszárlat azért nem gyakori, mert egyrészt az alaphálózat villámvédő vezetével készül, másrészt a fázisvezetők távolsága több méter. a  $20$  és  $35\text{kV}$ -os szabadvezetékeink zárlatai gyakorisága  $20 \dots 30$  rövidzárlat évente  $100\text{km}$ -re vonatkoztatva. Az alaphálózatokhoz viszonyított nagyobb zárlati gyakoriság oka a védővezető hiánya és a viszonylag kicsi fázistávolság.

### **A zárlati áramok időbeli lefolyása.**

A villamosenergia-rendszer hálózatain, berendezéseiben keletkező rövidzárlatokat az erőművek generátorai táplálják. A zárlati áramot korlátozó impedancia időben változó és időben állandó nagyságú összetevőkből áll. Változó összetevő a generátor impedanciája.

## Önellenőrző kérdések (Zárlat keletkezése)

### 1. Mi a zárlat, és milyen gyakoribb kiváltó okai lehetnek?

#### Válasz:

A zárlat a hálózat olyan sönthibája, amelyet a hálózat különböző fázisvezetői vagy a fázisvezető és a föld illetve földelt nullavezető közötti szigetelés teljes letörése vagy fémes lesöntölése idéz elő.

A villamosenergia-átvitel elemei közül legtöbbször a szabadvezeték hálózatokon keletkezik zárlat. **Gyakoribb okai** a villámcsapás, vezetékszakadás, összelengés, szigetelő átívelés.

Kábeleken a szigetelés átütése vagy külső eredetű sérülése, kapcsoló-berendezésekben átívelés, átütés, szigetelőtörés, téves kezelés, nem megfelelő karbantartás miatt jönnek létre zárlatok.

A zárlat hatására bekövetkező feszültségletörés nagy kiterjedésű hálózatrészekben érezteti hatását, veszélyezteti a kooperációs hálózatra dolgozó erőművek üzemét. A névleges áram 10-20-szorosát elérő zárlati áram termikus és dinamikus hatása erősen igénybe veszi a villamos berendezéseket. Jelentős pusztítást okozhat a zárlati ív is.

### 2. A hálózati zárlatoknak milyen fajtáit tudja megemlíteni?

#### Válasz:

##### A hálózati zárlatok fajtái

A zárlatot okozó érintkezés létrejöhet közvetlenül, vagy villamos íven keresztül. Eszerint megkülönböztetünk fémes, vagy másképpen merev zárlatot, illetve íves zárlatot.

Egyszerű zárlatok a hálózatok azon zárlatai, amelyek az adott időben csak egy hibahelyen lépnek fel. Az egyszerű zárlatok közül a szimmetrikusak mindhárom fázist érintik, az ettől eltérő eseteket aszimmetrikusnak nevezzük.

##### Egyszerű szimmetrikus zárlatok a következők:

- 3F zárlat vagy háromfázisú zárlat
- 3FN zárlat vagy szimmetrikus földrövidzárlat
- 3Ff zárlat vagy szimmetrikus földzárlat

##### Egyszerű aszimmetrikus zárlatok:

- 2F zárlat vagy kétfázisú zárlat
- 2FN zárlat vagy kétfázisú földrövidzárlat
- 2 Ff zárlat vagy kétfázisú földzárlat
- FN zárlat vagy egyfázisú földrövidzárlat
- Ff zárlat vagy egyfázisú földzárlat

### 3. Mit nevezünk szimultán zárlatnak?

#### Válasz:

Szimultán zárlat (kettős, illetve többszörös zárlat) a hálózatnak az a zárlata, amelyet ugyanazon időben különböző hibahelyeken fellépő egyszerű zárlatok hoznak létre.

#### 4. Milyen a zárlati áramok időbeli lefolyása?

**Válasz:**

**A zárlati áramok időbeli lefolyása.**

A villamosenergia-rendszer hálózatain, berendezéseiben keletkező rövidzárlatokat az erőművek generátorai táplálják. A zárlati áramot korlátozó impedancia időben változó és időben állandó nagyságú összetevőkből áll. Változó összetevő a generátor impedanciája.

### 3.9. Védelem közvetett érintés ellen

#### 3.9.1. A védővezetős érintésvédelmi módok

A védővezetős érintésvédelmi módok közös jellemzője, hogy ezek alkalmazásánál a villamos berendezés testét (az olyan vezetőanyagú, általában fém, érinthető részét, amely üzemszerűen nem áll feszültség alatt, de hiba esetén feszültség alá kerülhet) földelt védővezetővel (ezt az angol protecting earthing elnevezés alapján nemzetközileg **PE** betűjellel, és a védővezető szigetelését zöld/sárga színezéssel jelölik) kötik össze. A tápláló áramkört annak túláramvédelme, vagy az abba beiktatott áramvédőkapcsolás által rövid idő alatt önműködően kikapcsolják, ha a védővezető testzárlat következtében veszélyes nagyságú érintési feszültségre kerül.

Ezt mutatja a kétbetűs rendszerjelölés első **T** betűje (**T**=terra, földelés). Ha a fogyasztó-berendezések testjeit védővezetőn át ugyancsak földelik, akkor ezt a földelést mutatja a jelölés második **T** betűje. Ha a készülék testzárlatos lesz, akkor a fázisvezetőn, a hibahelyen, az **R<sub>a</sub>** védőföldelésen, és a rendszer **R<sub>cs</sub>** csillagponti földelésén át testzárlati áram lép fel. Ha ennek a testzárlatnak az áramerőssége kicsi, akkor ez a védőföldelés **R** ellenállásán aránylag kis (a megengedhető **U<sub>L</sub>**= 50 V-nál kisebb) feszültségemelkedést okoz. Ha az áramerősség nagy, úgy - az előírt rövid időn belül, a túláram védelem kioldja azt. Ezt az áramvédő kapcsoló végzi el.

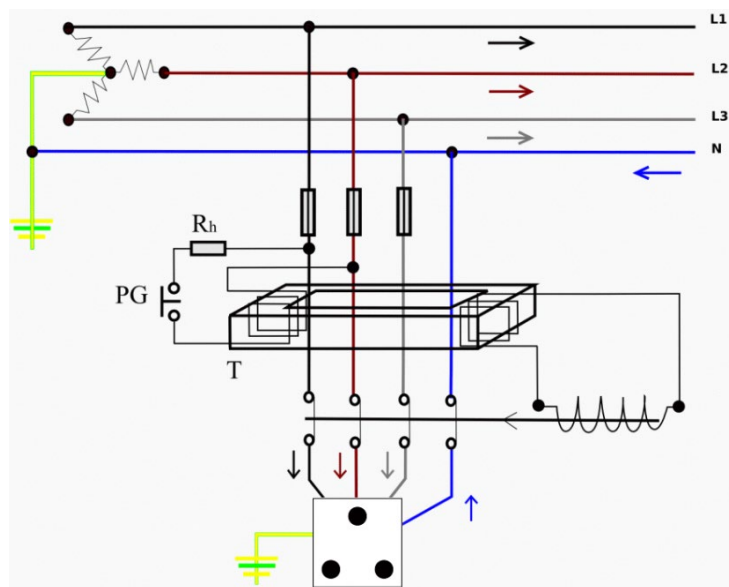
#### 3.9.2. Az áramvédő kapcsoló

Több elnevezéssel is találkozhatunk Magyarországon, ha ezekről a védőkapcsolókról beszélgetünk: Fi-relé, áramvédő kapcsoló, életvédelmi relé, ÁVK. A helyes és szabványos kifejezés: áramvédőkapcsoló. Az angol megnevezése residual current device azaz RCD. Fi-relét közvetett érintés ellen, meghibásodás következtében létrejövő áramütés megelőzésére fejlesztették ki. Az áramvédőkapcsoló feladata, hogy érzékelje a föld felé elfolyó áramot. Ha a föld felé elfolyó hibaáram mértéke meghaladja, a névleges hibaáram érzékenységi értékét a Fi-relé megszólal. Tehát ha valamilyen elektromos berendezés teste feszültség alá kerül, a Fi-relé automatikusan 0.2 mp belül megszakítja a védett berendezés vagy berendezés rész táplálását. A 10mA és a 30mA érzékenységre állított Fi-relé bizonyos fokú védelmet nyújt aktív részek közvetlen érintésekor, vagyis a villamos hálózat üzemszerűen feszültség alatt lévő részeinek véletlen hozzányúlásakor is.



A Fi-relé, vagyis az áram-védőkapcsoló a legkorszerűbb készüléke a modern érintésvédelemnek, és mostanra a hibavédelem egyik nélkülözhetetlen eszközeként tartjuk számon. Új villamos hálózat kiépítésénél vagy felújításnál az áramvédő kapcsoló beépítése kötelezően történik a háztartásokban. A régi berendezések is felszerelhetők Fi-relével, de csak abban az esetben, ha rendelkeznek a beépítéshez szükséges összes feltétellel. Fi-relé tűzvédelmi feladatot (feltételesen) is ellát, mivel észleli a szigetelés hibáit. Fi-relék beépítését előírják többek között építkezések elosztóiban, uszodákban, egészségügyi helyiségekben, laborokban, iskolákban, és tűzveszélyes üzemszobákban. Az áram-védőkapcsoló nem önálló érintésvédelmi módszer, hanem védővezetős érintésvédelem kiegészítő védelmi készülékek. Az áram-védőkapcsoló működési próbáját kötelező dokumentáltan elvégezni háromhavonta a korábban létesített villamos hálózatoknál, illetve építési területen ideiglenesen létesített villamos hálózatoknál havonta.

### Működési elve



Működése azon az egyszerű elven alapul, hogy Kirchhoff csomóponti törvénye értelmében – általános 230 V váltakozó áramú hálózatot feltételezve – a fázisvezetőben folyó áram értéke megegyezik a nulavezetőben folyó árammal.

Amennyiben a fázisvezetőn folyó áram különbözik a nullavezető áramától, akkor valahol szivárgás van, például testzárlatos a fogyasztó vagy megérintettünk egy feszültség alatt álló fémrészt (amely lehet például egy megsérült szigetelésű vezeték), így az áram egy része nem szabályos fogyasztói áramkörön, azaz nem a fázis- és a nullavezető között halad. Ebből adódóan az érintésvédelmi relé a fázis- és a nulla vezetékben kialakult aszimmetriát érzékeli. A „különbség miatt feltételezett hiba” elvére épülő megoldás eredményeként, a relé nem „tud” az elfolyás okáról és helyéről, csak annak tényét érzékeli. Amennyiben ez az úgynevezett hibaáram a relére jellemző küszöbértéket meghaladja, a beépített elektromechanikus modul azonnal bontja a hálózatot.

Háromfázisú, 400 V-os hálózaton a fentiek úgy érvényesek, hogy normál üzemben a három fázisban folyó áram (vektoriális) összege megegyezik a nullavezetőben folyó árammal, és ezt az egyensúlyt figyeli az áram-védőkapcsoló. Ha  $I_1 + I_2 + I_3 \neq I_n$ , akkor a föld felé folyik az áram, ezért a relé kiold. Ebből következik, hogy egy háromfázisú ÁVK nem helyettesíthető 3 darab egyfázisúval, mert mindhárom leoldana.

Lényeges különbség a normál biztosítók (olvadóbiztosító vagy kismegszakító) és az érintésvédelmi relé között, hogy az érintésvédelmi relé 2-3 nagyságrenddel érzékenyebb a biztosítónál, illetve a kismegszakító csak az átfolyó túláram ellen véd, míg a FI relé a szivárgó áramok ellen nyújt védelmet az átfolyó áram nagyságától függetlenül. Például, amíg egy alacsony értékű szokványos biztosító kioldási értéke 6A túláram esetén, addig az életvédelmi relé már **30 mA-es szivárgó áram esetén elvégzi a lekapcsolást, ráadásul igen gyorsan, korszerűbb változatok akár kevesebb, mint 20 ms alatt.** Az érintésvédelmi relé érzékenysége független a hálózatról felvett áramtól, és nem fogyaszt energiát. A készülék „megszólalási” érzékenységet a védett helytől függően választják meg. Mivel az emberre a 70 mA-es áram már életveszélyes lehet, a megszólalási érzékenységet általában mint már említettük 30 mA-ben határozzák meg. Az épületek vezetékezésében gyakran felléphet valamennyi átvezetés (szivárgás) - különösen nedves környezetben, nyirkos falakban, pl. pincékben vezetett régi öreg szigetelésű vezetékek esetében stb. - ezért a kisebb értékű megszólalási érzékenység a készülék felesleges lekapcsolásait okozhatná.

Magyarországon a FI relét jellemzően a betáplálási oldalon, az egész alhálózatot védve szokás beszerezni, általános védelmet adva ezzel az ott lévő összes vezetéknek, fogyasztónak és csatlakozó aljzatnak. Helyes működése csakis ott garantált, ahol a hálózat kivitelezése megfelel az érvényben lévő szabványoknak. Igen sokféle változatban készítik, ezek közül szakembernek kell kiválasztani az adott helyre legoptimálisabb típust. Az 1970-es és 1980-as években (vagy még korábban) készült épületek, társasházak vakolt alumíniumvezetékes, illetve sokszor földelővezető nélküli, esetleg a földelést a vízvezetékrendszerre kötött utólag kiépítve tartalmazó vezetékezésben legtöbbször nem szerelhető összegző FI relé. A folyamatos hibaáramok jelenléte miatt nem lehetne bekapcsolni sem, mert azonnal megszakítaná az áramot. Ilyenkor egyes fogyasztóknál általában lehet egyedileg védelmet kiépíteni, de az egész épület, ház, lakás stb. védelme nem oldható meg a teljes hálózat korszerűsítése, újra kiépítése nélkül.

### Tipusai:

#### "AC" típusú áramvédő kapcsoló:

Az "AC" típus a legelterjedtebb változata az áram-védőkapcsolóknak. Elsősorban a háztartások szivárgó áram védelmét biztosítja. Komplexebb összetettebb hálózatok szivárgó áram védelmére már nem célszerű az „AC” típust választani. Ugyanis ez a fajta csak szinuszos váltakozó hiba áramra érzékeny.

### "A" típusú áramvédő kapcsoló:

A váltakozó áramú körökben alkalmazott különböző, félvezető, egyenirányító elemeket tartalmazó szabályozó elektronikák, mint a fényerőszabályzó, szükségessé teszik az „A” típusú áramvédő kapcsoló alkalmazását. Az "A" típusú áramvédő kapcsoló váltakozó áramra és pulzáló egyenáramra érzékeny. Az "A" típusú fi-reléket célszerű alkalmazni, ahol valamilyen gazdasági tevékenységet folytatnak. Sokkal kifinomultabb, mint az "AC" típusú fi-relé. A pulzáló, illetve lüktető egyenáramú komponensek nem zavarják meg a működését. Gyakran írják elő az "A" típus alkalmazását a készülékgyártók is egyes indukciós tűzhelyek, klímaberendezések és mosó vagy mosogató gépek esetében.

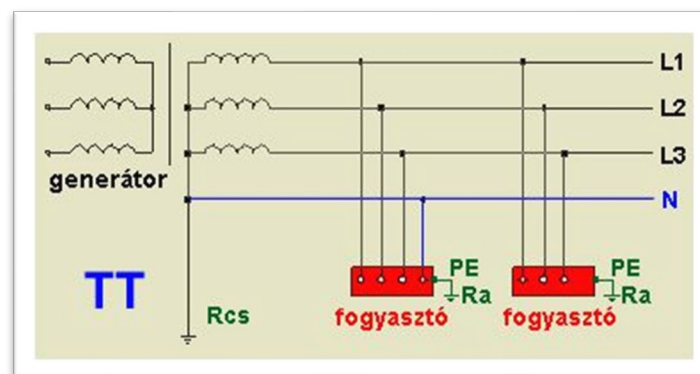
### "S" Szelektív áramvédő kapcsoló:

Az ilyen fi-relék S-jelöléssel vannak ellátva. A szelektív áram-védőkapcsoló késleltetve van, így ugyanarra a hiba áramra később fog lekapcsolni, mint a késleltetés nélküli. Hiba áram érzékenységük 100mA-tól indul. Az S típusú védelmi készülékek nem alkalmazhatóak személy védelemre, viszont fontos szerepet játszanak szelektív hálózatok kialakításában. Sok esetben alkalmazzák az ipar területén olyan elektromos szerkezetek védelmére, ahol bekapcsoláskor, újra indításkor üzemszerűen megjelenő gyorsan lefutó tranziensekre lehet számítani.

## 3.9.3. Földelési rendszerek

### Védőföldelés közvetlenül földelt rendszerben, (TT rendszer)

A közműhálózati kisfeszültségű rendszereket (Európában mindenütt) a tápláló transzformátor csillagponti kivezetésénél, üzemi okokból, közvetlenül (impedancia beiktatása nélkül) leföldelik.



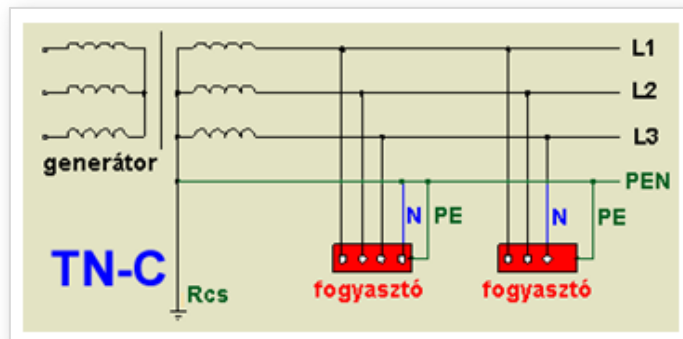
### Nullázás (TN-rendszer)

Ha a közvetlenül földelt közműhálózatot üzemeltető áramszolgáltató ehhez hozzájárul, akkor a nullavezetőt védővezetőként is szabad felhasználni, ez a nullázás, nemzetközi jelölése TN- rendszer. (Hazánkban az áramszolgáltatói hálózatok több mint, 90%-a nullázott). Ebben a kétbetűs jelölésben, a második betű a testhez kötött nullavezetőt jelöli. Elvben ennek három megoldása van

### Nullával egyesített védővezető (TN-C rendszer)

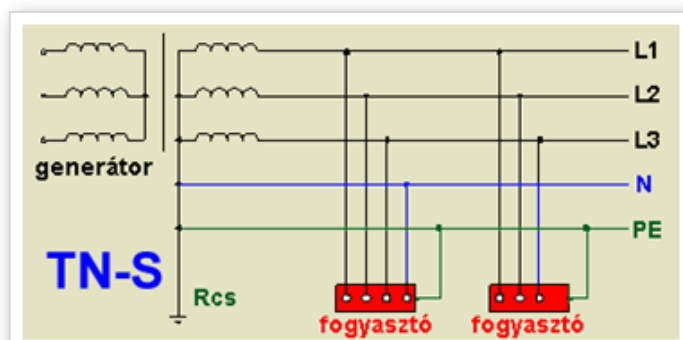
Az első szerint, sehol sem építenek ki külön védővezetőt, az egyfázisú üzemi áramok vezetésére szolgáló nullavezetőt (jelölése N=neutral) kötik minden fogyasztó készülék testére. Ebben az esetben a rendszer jelölése TN-C (a C=common jelzi, hogy a védővezető és a nullavezető mindenütt közös)

(alábbi ábra). Ez a lehetőség bizonyos esetekben csupán elvi, mert 10mm<sup>2</sup>-nél kisebb keresztmetszetű vezetékknél a közösítést, a közös vezető megszakadásának veszélye miatt, a szabvány tiltja. Azt a vezeték szakaszt, amely egyszerre tölti be a védővezető (PE) és az üzemi nullavezető (N) szerepét a két jelölés PE és N egybeírásával PEN vezetőknek (nullával egyesített védővezető) nevezik.



### Elkülönített védővezető (TN-S rendszer)

A második lehetőség az, hogy a védővezetőt mindjárt a tápláló transzformátortól kezdve külön választják az egyfázisú üzemi áramokat vezető nullavezetőtől. Ezt a megoldást TN-S (S=separated, elkülönített) betűcsoporttal jelölik. Ez a megoldás is kizárólag elvi jelentőségű, mert az áramszolgáltató sehol a világon nem vállalja, hogy az elosztóhálózaton kiépítse a védővezető céljára szolgáló ötödik vezetőt.

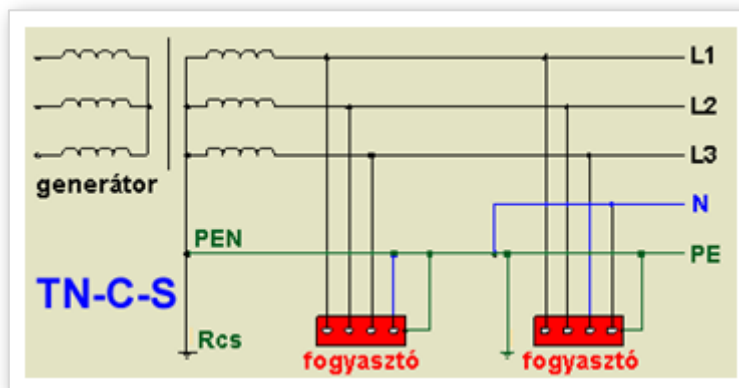


### Egy darabig közös PE N (TN-C-S rendszer)

A harmadik megoldás a leggyakoribb. Egy darabig közös az üzemi nullavezető és a védővezető (ez tehát a PEN vezető), majd egy ponton szétválnak. Ilyen megoldású rendszert TN-C-S betűcsoporttal jelölik. Azt, hogy a két vezető szétválasztása hol történjen (áramszolgáltatói csatlakozópontnál, az épületbe való becsatlakozásnál, a fogyasztásmérőnél, vagy csupán a 10 mm<sup>2</sup>-nél kisebb keresztmetszetű vezetékek csatlakozásánál) a helyi viszonyok és körülmények döntenek el. A szétválasztott szakaszon a védővezetőt (PE) nullázóvezetőnek nevezik.

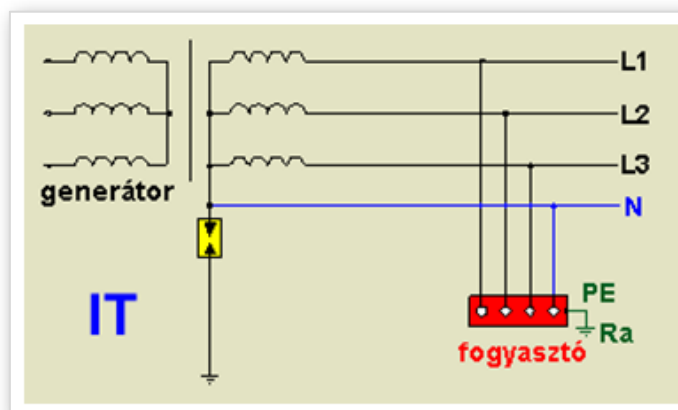
A TN rendszerű hálózaton fellépő testzárlati áram gyakorlatilag nem halad a talajon át, szinte teljesen fémes úton (a fázisvezetőn, a nullázóvezetőn és a PEN-vezetőn át) záródik. Ennek megfelelően a földhöz képest ennek hatására fellépő feszültségemelkedést nem lehet számítani, itt a méretezés csak azt veszi számításba, hogy a fázisfeszültség a zárlati kör impedanciáján (amit "hurok impedanciá"-nak, vagy egyszerűen "hurokellenállás"-nak neveznek) át tud-e hajtani olyan nagyságú áramot, ami a túláramvédelmet az előírt időn belül működteti. Áramvédő-kapcsolás a nullázott hálózaton is alkalmaz-

ható, de csak azokon a szakaszokon, ahol az üzemi vezető és a nullavezető már szét van választva (tehát a PEN vezetők szakaszán nem!).



### Védőföldelés közvetlenül nem földelt rendszerben (IT-rendszer)

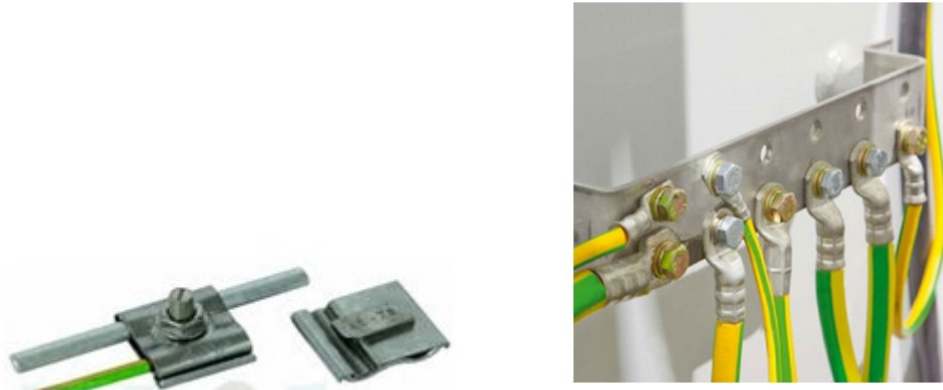
A közvetlenül földelt nullavezetőjű (TT-TN-rendszerű) hálózatok földzárlat esetén nem tarthatók üzemben. Ezért olyan helyen, ahol az ellátás folytonossága elengedhetetlen, a váratlan kikapcsolás életveszélyt, vagy igen nagy anyagi kárt okozna (pl. kórházi műtők, földalatti bányahálózatok, kohók, egyes vegyi üzemek), a nullavezetőt nem (vagy csak nagy ellenálláson át) földelik. Érintésvédelemre ez esetben is szükség van, mert egyrészt földzárlat (testzárlat) esetén a vezetékhálózat és a fogyasztókészülékek földhöz viszonyított kapacitásán átfolyó "földzárlati áram" emberre veszélyes nagyságú lehet, másrészt kettős (két helyen, és eltérő fázisokban fellépő) földzárlat esetében a testzárlatos szerkezetek esetében veszélyes feszültség lépne fel. Ezért ezen rendszerekben is kötelezi a földelt védővezető kiépítése. (Az IT jelölés a táptranszformátor szigetelt (I=isolated, szigetelt), vagy nagy impedancián át földelt (amit esetleg csak a hálózat és a szerkezetek földkapacitása képvisel), csillagpontjára utal, míg a második helyen álló T betű a testek védőföldelését jelenti.



### Egyenpotenciálú hálózat

Egyenpotenciálú hálózatot (továbbiakban EPH) kell kialakítani minden olyan épületben, amelyben védővezetőes érintésvédelmet alkalmaznak, és az épületben a helyhez kötött villamos szerkezetek test-

ével egyidejűleg érinthető, kiterjedt fémszerkezet is van. Valamennyi villamos berendezés részére ki kell alakítani egy központi földelő kapcsolót, illetve földelő sín, amelybe bonthatóan be kell kötni a következő vezetőket: a földelővezetőket, a védővezetőket, az EPH-gerincvezetőket, az üzemi földelések földelő vezetőit (ha ilyenek vannak és az összekötést előírás nem tiltja). Célja, hogy megakadályozza a veszélyes potenciál különbségek kialakulását. A villámok áramának fele az épületen belül halad le, az EPH rendszer megakadályozza az esetleges másodlagos kisüléseket.



#### Nézzünk egy gyakorlati példát:

Egy üzemben a sajtológépnél dolgozó munkavállaló folyamatosan érzi, hogy ha megérinti az általa kezelt gépet mindig megrázza az áram egy kicsit. A sajtoló gép nem volt bekötve az EPH-ba.

Vajon mért történik ez, és hogyan lehetne megszüntetni a problémát? Mért nem kapcsol le az áram-védőkapcsoló?

A gép I. osztályú érintésvédelmi kategóriába esik, emiatt védővezetős betáp kábelt használnak az üzembe helyezéskor. Sajnos a gép testzárt volt, ami azt jelentette, hogy a zárlat következtében megjelenő hibaáram a gépkezelőn szeretett volna a föld felé záródni a gép érintésekor, de mivel a dolgozó munkavédelmi cipőt, (aminek nagy szigetelése van, és emiatt nagyon kicsit volt vezetőképes a föld felé) viselt így ő nagy ellenállásúnak számított. A rajta átfolyó áram és az ember ellenállása miatt az Ohm törvény értelmében a rá eső áram olyan kicsi volt, hogy nem indította be az áram-védőkapcsolót, de olyan áramütést sem kapott szerencsére, amitől komoly sérüléseket szenvedhetett volna.

Tanulság: Ha a sajtológépet bekötötték volna az egyenpotenciálú hálózatba, akkor a hibaáram a fogyasztói elosztó felé folyik és működésbe hozza az áram-védőkapcsolót, ami azonnal megszakítja a gép villamos táplálását és így nem a munkavállalón keresztül folyik az áram föld felé. Önmagában egy áram-védőkapcsoló nem elég az áramütés elkerülésére, hanem létre kell hozni az egyenpotenciál hálózatot is és minden villamosan táplált, vagy feszültség közeli (ököl szabály szerint testrésszel elérhető távolságban lévő) fém felületű eszközt is be kell kötni az EPH-ba.

A bekötéseket normális esetben időszakosan ellenőrizik és amennyiben leszakadt EPH bekötés keletkezik, azt soron kívül helyre kell állítani.

## Önellenőrző kérdések (Védelem közvetlen érintés ellen)

### 1. Mi a védővezetős érintésvédelmi módok, közös jellemzője?

#### Válasz:

A védővezetős érintésvédelmi módok közös jellemzője, hogy ezek alkalmazásánál a villamos berendezés testét (az olyan vezetőanyagú, általában fém, érinthető részét, amely üzemszerűen nem áll feszültség alatt, de hiba esetén feszültség alá kerülhet) földelt védővezetővel (ezt az angol protecting earthing elnevezés alapján nemzetközileg **PE** betűjellel, és a védővezető szigetelését zöld/sárga színezéssel jelölik) kötik össze. A tápláló áramkört annak túláramvédelme, vagy az abba beiktatott áram-védőkapcsolás által rövid idő alatt önműködően kikapcsolják, ha a védővezető testzárlat következtében veszélyes nagyságú érintési feszültségre kerül.

Ezt mutatja a kétbetűs rendszerjelölés első **T** betűje (**T**=terra, földelés). Ha a fogyasztó-berendezések testjeit védővezetőn át ugyancsak földelik, akkor ezt a földelést mutatja a jelölés második **T** betűje. Ha a készülék testzárlatos lesz, akkor a fázisvezetőn, a hibahelyen, az **R<sub>a</sub>** védőföldelésen, és a rendszer **R<sub>s</sub>** csillagponti földelésén át testzárlati áram lép fel. Ha ennek a testzárlatnak az áramerőssége kicsi, akkor ez a védőföldelés **R** ellenállásán aránylag kis (a megengedhető  $U_L = 50$  V-nál kisebb) feszültségemelkedést okoz. Ha az áramerősség nagy, úgy - az előírt rövid időn belül, a túláram védelem kioldja azt. Ezt az áramvédő kapcsoló végzi el.

### 2. Mutassa be az áramvédő kapcsoló lényegét, és hogy mire szolgál!

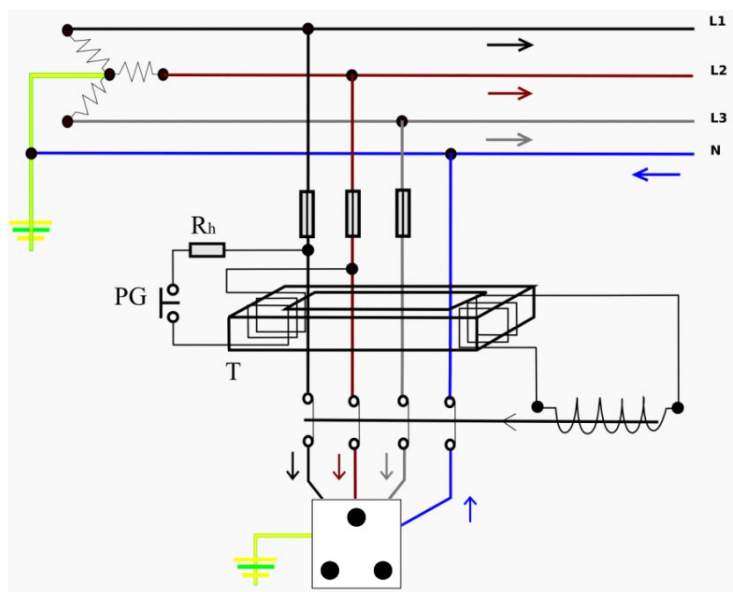
#### Válasz:

Több elnevezéssel is találkozhatunk Magyarországon, ha ezekről a védőkapcsolókról beszélgetünk: Fi-relé, áramvédő kapcsoló, életvédelmi relé, ÁVK. A helyes és szabványos kifejezés: áram-védőkapcsoló. Az angol megnevezése residual current device azaz RCD. Fi-relét közvetett érintés ellen, meghibásodás következtében létrejövő áramütés megelőzésére fejlesztették ki. Az áram-védőkapcsoló feladata, hogy érzékelje a föld felé elfolyó áramot. Ha a föld felé elfolyó hibaáram mértéke meghaladja, a névleges hibaáram érzékenység értékét a Fi-relé megszólal. Tehát ha valamilyen elektromos berendezés teste feszültség alákerül, a Fi-relé automatikusan 0.2 mp belül megszakítja a védett berendezés vagy berendezés rész táplálását. A 10mA és a 30mA érzékenységű fi-relé bizonyos fokú védelmet nyújt aktív részek közvetlen érintésekor, vagyis a villamos hálózat üzemszerűen feszültség alatt lévő részeinek véletlen hozzá nyúlásakor is.

### 3. Mutassa be az áramvédő kapcsoló működési elvét!

#### Válasz:

Működése azon az egyszerű elven alapul, hogy Kirchhoff csomóponti törvénye értelmében – általános 230 V váltakozó áramú hálózatot feltételezve – a fázisvezetőben folyó áram értéke megegyezik a nullavezetőben folyó árammal.



Amennyiben a fázisvezetőn folyó áram különbözik a nullavezető áramától, akkor valahol szivárgás van, például testzárlatos a fogyasztó vagy megérintettünk egy feszültség alatt álló fémrész (amely lehet például egy megsérült szigetelésű vezeték), így az áram egy része nem szabályos fogyasztói áramkörön, azaz nem a fázis- és a nullavezető között halad. Ebből adódóan az érintésvédelmi relé a fázis- és a nulla vezetékekben kialakult aszimmetriát érzékeli. A „különbőség miatt feltételezett hiba” elvére épülő megoldás eredményeként, a relé nem „tud” az elfolyás okáról és helyéről, csak annak tényét érzékeli. Amennyiben ez az úgynevezett hibaáram a relére jellemző küszöbértéket meghaladja, a beépített elektromechanikus modul azonnal bontja a hálózatot.

#### 4. Mi a különbség a normál biztosítók, és az érintésvédelmi relé között?

##### Válasz:

Lényeges különbség a normál biztosítók (olvadóbiztosító vagy kismegszakító) és az érintésvédelmi relé között, hogy az érintésvédelmi relé 2-3 nagyságrenddel érzékenyebb a biztosítónál, illetve a kismegszakító csak az átfolyó túláram ellen véd, míg a FI relé a szivárgó áramok ellen nyújt védelmet az átfolyó áram nagyságától függetlenül. Például, amíg egy alacsony értékű szokványos biztosító kioldási értéke 6A túláram esetén, addig az életvédelmi relé már **30 mA-es szivárgó áram esetén elvégzi a lekapcsolást, ráadásul igen gyorsan, korszerűbb változatok akár kevesebb, mint 20 ms alatt**. Az érintésvédelmi relé érzékenysége független a hálózathoz felvett áramtól, és nem fogyaszt energiát. A készülék „megszólalási” érzékenységét a védett helytől függően választják meg. Mivel az emberre a 70 mA-es áram már életveszélyes lehet, a megszólalási érzékenységet általában mint már említettük 30 mA-ben határozzák meg. Az épületek vezetékezésében gyakran felléphet valamennyi átvezetés (szivárgás) - különösen nedves környezetben, nyirkos falakban, pl. pincékben vezetett régi öreg szigetelésű vezetékek esetében stb. - ezért a kisebb értékű megszólalási érzékenység a készülék felesleges lekapcsolásait okozhatná.

## 5. Milyen típusai vannak az áramvédő kapcsolónak?

Válasz:

### "AC" típusú áramvédő kapcsoló:

Az "AC" típus a legelterjedtebb változata az áram-védőkapcsolóknak. Elsősorban a háztartások szivárgó áram védelmét biztosítja. Komplexebb összetettebb hálózatok szivárgó áram védelmére már nem célszerű az „AC” típust választani. Ugyanis ez a fajta csak szinuszos váltakozó hiba áramra érzékeny.

### "A" típusú áramvédő kapcsoló:

A váltakozó áramú körökben alkalmazott különböző, félvezető, egyenirányító elemeket tartalmazó szabályozó elektronikák, mint a fényerőszabályzó, szükségessé teszik az „A” típusú áramvédő kapcsoló alkalmazását. Az "A" típusú áramvédő kapcsoló váltakozó áramra és pulzáló egyenáramra érzékeny. Az "A" típusú fi-reléket célszerű alkalmazni, ahol valamilyen gazdasági tevékenységet folytatnak. Sokkal kifinomultabb, mint az "AC" típusú fi-relé. A pulzáló, illetve lüktető egyenáramú komponensek nem zavarják meg a működését. Gyakran írják elő az "A" típus alkalmazását a készülékgyártók is egyes indukciós tűzhelyek, klímaberendezések és mosó vagy mosogató gépek esetében.

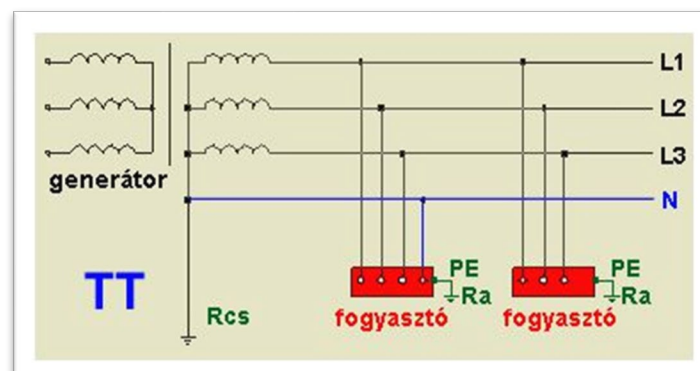
### "S" Szelektív áramvédő kapcsoló:

Az ilyen fi-relék S-jelöléssel vannak ellátva. A szelektív áram-védőkapcsoló késleltetve van, így ugyanarra a hiba áramra később fog lekapcsolni, mint a késleltetés nélküli. Hiba áram érzékenyséjük 100mA-tól indul. Az S típusú védelmi készülékek nem alkalmazhatók személy védelemre, viszont fontos szerepet játszanak szelektív hálózatok kialakításában. Sok esetben alkalmazzák az ipar területén olyan elektromos szerkezetek védelmére, ahol bekapcsoláskor, újra indításkor üzemszerűen megjelenő gyorsan lefutó tranziensekre lehet számítani.

## 6. Mi a védőföldelés közvetlenül földelt rendszerben (TT rendszer)?

Válasz:

A közműhálózati kisfeszültségű rendszereket (Európában mindenütt) a tápláló transzformátor csillagponti kivezetésénél, üzemi okokból, közvetlenül (impedancia beiktatása nélkül) leföldelik.



## 7. Mi a nullázás (TN rendszer) lényege?

Válasz:

### Nullázás (TN-rendszer)

Ha a közvetlenül földelt közműhálózatot üzemeltető áramszolgáltató ehhez hozzájárul, akkor a nullavezetőt védővezetőként is szabad felhasználni, ez a nullázás, nemzetközi jelölése TN-rendszer. (Hazánkban az áramszolgáltatói hálózatok több mint, 90%-a nullázott). Ebben a kétbetűs jelölésben, a második betű a testhez kötött nullavezetőt jelöli. Elvben ennek **három megoldása** van:

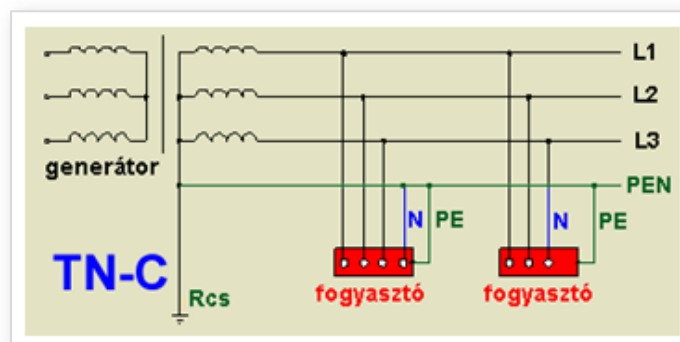
- Nullával egyesített védővezető (TN-C rendszer)
- Elkülönített védővezető (TN-S rendszer)
- Egy darabig közös PE N (TN-C-S rendszer)

## 8. Mutassa be röviden a nullával egyesített védővezető (TN-C) rendszert!

Válasz:

### Nullával egyesített védővezető (TN-C rendszer)

E szerint, sehol sem építenek ki külön védővezetőt, az egyfázisú üzemi áramok vezetésére szolgáló nullavezetőt (jelölése N=neutral) kötik minden fogyasztó készülék testére. Ebben az esetben a rendszer jelölése TN-C (a C=common jelzi, hogy a védővezető és a nullavezető mindenütt közös). Ez a lehetőség bizonyos esetekben csupán elvi, mert 10mm<sup>2</sup>-nél kisebb keresztmetszetű vezetékeknél a közösítést, a közös vezető megszakadásának veszélye miatt, a szabvány tiltja. Azt a vezeték szakaszt, amely egyszerre tölti be a védővezető (PE) és az üzemi nullavezető (N) szerepét a két jelölés PE és N egybeírásával PEN vezetőnek (nullával egyesített védővezető) nevezik.

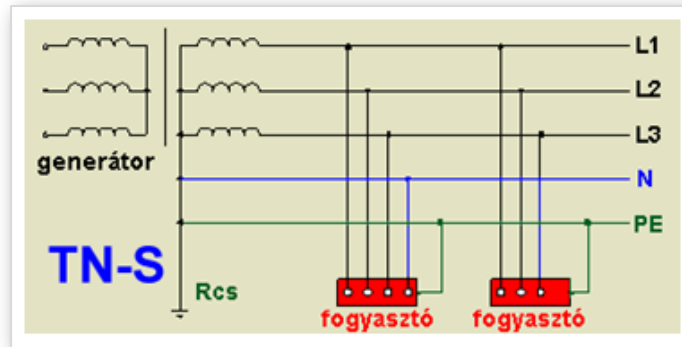


## 9. Mutassa be röviden az elkülönített védővezető (TN-S) rendszert!

Válasz:

### Elkülönített védővezető (TN-S rendszer)

A második lehetőség az, hogy a védővezetőt mindjárt a tápláló transzformátortól kezdve külön választják az egyfázisú üzemi áramokat vezető nullavezetőtől. Ezt a megoldást TN-S (S=separated, elkülönített) betűcsoporttal jelölik. Ez a megoldás is kizárólag elvi jelentőségű, mert az áramszolgáltató sehol a világon nem vállalja, hogy az elosztóhálózatán kiépítse a védővezető céljára szolgáló ötödik vezetőt.



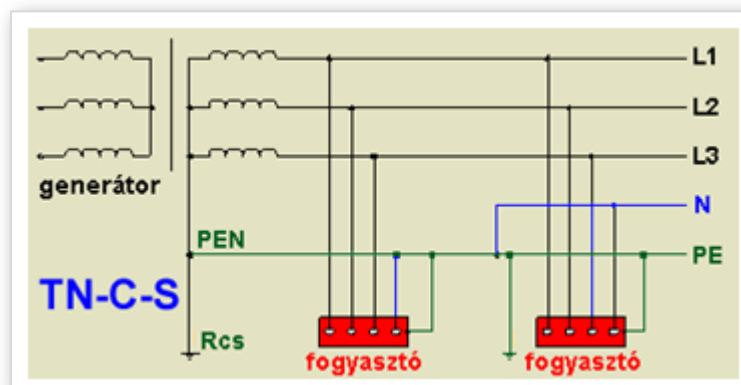
**10. Mutassa be röviden az egy darabig közös PE N (TN-C-S) rendszert!**

**Válasz:**

**Egy darabig közös PE N (TN-C-S rendszer)**

A harmadik megoldás a leggyakoribb. Egy darabig közös az üzemi nullavezető és a védővezető (ez tehát a PEN vezető), majd egy ponton szétválnak. Ilyen megoldású rendszert TN-C-S betűcsoporttal jelölik. Azt, hogy a két vezető szétválasztása hol történjen (áramszolgáltatói csatlakozópontnál, az épületbe való becsatlakozásnál, a fogyasztásmérőnél, vagy csupán a 10 mm<sup>2</sup>-nél kisebb keresztmetszetű vezetékek csatlakozásánál) a helyi viszonyok és körülmények döntenek el. A szétválasztott szakaszon a védővezetőt (PE) nullázó vezetőnek nevezik.

A TN rendszerű hálózaton fellépő testzárlati áram gyakorlatilag nem halad a talajon át, szinte teljesen fémes úton (a fázisvezetőn, a nullázó vezetőn és a PEN-vezetőn át) záródik. Ennek megfelelően a földhöz képest ennek hatására fellépő feszültségemelkedést nem lehet számítani, itt a méretezés csak azt veszi számításba, hogy a fázisfeszültség a zárlati kör impedanciáján (amit "hurok impedanciá"-nak, vagy egyszerűen "hurokellenállás"-nak neveznek) át tud-e hajtani olyan nagyságú áramot, ami a túláramvédelmet az előírt időn belül működteti. Áramvédő-kapcsolás a nullázott hálózaton is alkalmazható, de csak azokon a szakaszokon, ahol az üzemi vezető és a nullavezető már szét van választva (tehát a PEN vezetők szakaszán nem!).

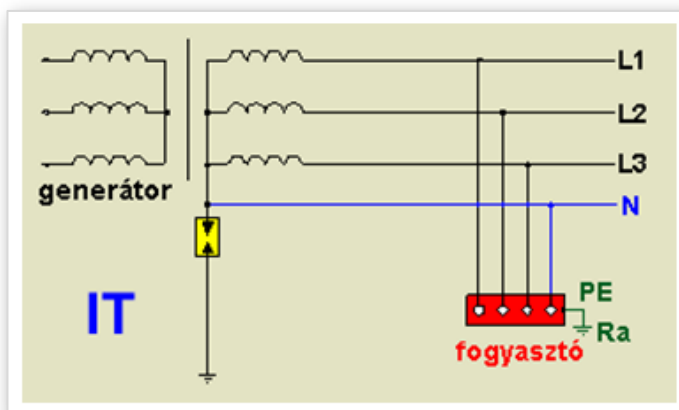


## 11. Mutassa be a védőföldelés védelmet, közvetlenül nem földelt rendszerben (IT-rendszer)!

Válasz:

### Védőföldelés közvetlenül nem földelt rendszerben (IT-rendszer)

A közvetlenül földelt nullavezetőjű (TT-TN-rendszerű) hálózatok földzárlat esetén nem tarthatók üzemben. Ezért olyan helyen, ahol az ellátás folytonossága elengedhetetlen, a váratlan kikapcsolás életveszélyt, vagy igen nagy anyagi kárt okozna (pl. kórházi műtők, földalatti bányahálózatok, kohók, egyes vegyi üzemek), a nullavezetőt nem (vagy csak nagy ellenálláson át) földelik. Érintésvédelemre ez esetben is szükség van, mert egyrészt földzárlat (testzárlat) esetén a vezetékhalózat és a fogyasztókészülékek földhöz viszonyított kapacitásán átfolyó "földzárlati áram" emberre veszélyes nagyságú lehet, másrészt kettős (két helyen, és eltérő fázisokban fellépő) földzárlat esetében a testzárlatos szerkezetek esetében veszélyes feszültség lépne fel. Ezért ezen rendszerekben is kötelezi a földelt védővezető kiépítése. (Az IT jelölés a táptranzformátor szigetelt (I = Isolated, szigetelt), vagy nagy impedancián át földelt (amit esetleg csak a hálózat és a szerkezetek földkapacitása képvisel), csillagpontjára utal, míg a második helyen álló T betű a testek védőföldelését jelenti.



## 12. Mutassa be az egyenpotenciálú hálózat (EPH) lényegét!

Válasz:

Egyenpotenciálú hálózatot (továbbiakban EPH) kell kialakítani minden olyan épületben, amelyben védővezetős érintésvédelmet alkalmaznak, és az épületben a helyhez kötött villamos szerkezetek testével egyidejűleg érinthető, kiterjedt fémszerkezet is van. Valamennyi villamos berendezés részére ki kell alakítani egy központi földelő kapcsot, illetve földelő sít, amelybe bonthatóan be kell kötni a következő vezetőket: a földelővezetőket, a védővezetőket, az EPH-gerincvezetőket, az üzemi földelések földelő-vezetőit (ha ilyenek vannak és az összekötést előírás nem tiltja). Célja, hogy megakadályozza a veszélyes potenciálkülönbségek kialakulását. A villámok áramának fele az épületen belül halad le, az EPH rendszer megakadályozza az esetleges másodlagos kisüléseket.

### 13. Mutassa be az egyenpotenciálú hálózat (EPH) jelentőségét, egy példán keresztül!

**Válasz:**

**Nézzünk egy gyakorlati példát:**

Egy üzemben a sajtológépnél dolgozó munkavállaló folyamatosan érzi, hogy ha megérinti az általa kezelt gépet, mindig megrázza az áram egy kicsit. A sajtoló gép nem volt bekötve az EPH-ba.

Vajon miért történik ez, és hogyan lehetne megszüntetni a problémát? Mért nem kapcsol le az áram-védőkapcsoló?

A gép I. osztályú érintésvédelmi kategóriába esik, emiatt védővezetős betáp kábelt használnak az üzembe helyezéskor. Sajnos a gép testzárlatos volt, ami azt jelentette, hogy a zárlat következtében megjelenő hibaáram a gépkezelőn szeretett volna a föld felé záródni a gép érintésekor, de mivel a dolgozó munkavédelmi cipőt, (aminek nagy szigetelése van, és emiatt nagyon kicsit volt vezetőképes a föld felé) viselt így ő nagy ellenállásúnak számított. A rajta átfolyó áram és az ember ellenállása miatt az Ohm törvény értelmében a rá eső áram olyan kicsi volt, hogy nem indította be az áram-védőkapcsolót, de olyan áramütést sem kapott szerencsére, amitől komoly sérüléseket szenvedhetett volna.

**Tanulság:** Ha a sajtológépet bekötötték volna az egyenpotenciálú hálózatba, akkor a hibaáram a fogyasztói elosztó felé folyik és működésbe hozza az áram-védőkapcsolót, ami azonnal megszakítja a gép villamos táplálását és így nem a munkavállalón keresztül folyik az áram föld felé. Önmagában egy áram-védőkapcsoló nem elég az áramütés elkerülésére, hanem létre kell hozni az egyenpotenciál hálózatot is és minden villamosan táplált, vagy feszültség közeli (ököl szabály szerint testrésszel elérhető távolságban lévő) fém felületű eszközt is be kell kötni az EPH-ba.

A bekötéseket normális esetben időszakosan ellenőrizik és amennyiben leszakadt EPH bekötés keletkezik, azt soron kívül helyre kell állítani.

## 4. A villamos munkák során betartandó biztonsági szabályok

Kulcsszavak (meghatározások):

FAM, Feszültség közeli munkavégzés, Védőtávolságok

A villamosipari munkák elvégzéséhez az MSZ 1585:2016 Villamos berendezések üzemeltetéséről készült szabvány vonatkozik. A villamos berendezések feszültség szintje a törpefeszültségtől a nagyfeszültségig terjedhet. A szabvány olyan követelményeket határoz meg, aminek a betartásával a villamos berendezéseken, vagy azok közelében olyan szakemberek végezhetnek munkát, akik a szabványban leírt csoportok (I.-V.) valamelyikének megfelelő végzettséggel és tapasztalattal rendelkeznek.

### 4.1. Feszültségmentes munkavégzés szabályai

Nem számít, hogy milyen munkát szükséges elvégezni, a munkabiztonságot - függetlenül az elvégzendő munka fajtájától - mindig biztosítani kell, a munkavállalók, vagy magunk számára a fennálló veszélyt lehetőleg meg kell szüntetni, de legalábbis csökkenti, kell.

Emiatt a villamos energia használata óta a villamos berendezéseken és eszközökön az elvégzendő munka előtt a szükséges részekben feszültség mentesíteni kell.

De mi a helyzet azon segédeszközök és felszerelések biztonságával és megbízhatóságával, melyek segítségével ezekhez a létfontosságú információkhoz el kellene hozzájutnunk?

Minden villamos berendezést és eszközt - függetlenül a működési állapotától - alapvetően feszültség alattinak kell tekinteni egészen addig, amíg meg nem győződünk az ellenkezőjéről. Következésképpen az alkalmazott feszültségkémlőknek (vagy műszereknek) segítségével ellenőriznünk kell a feszültség mentes állapotot.

Minden óvintézkedés megtétele mellett - még nagyobb biztonságot kell szavatolni. Ha még fennáll a hiba, a későbbi károk elkerülésének érdekében a munka megkezdése előtt a villamos berendezést földelni kell és rövidre kell zárni.

Azonban ezek a biztonsági intézkedések is csak annyit érnek, mint az erre a célra alkalmazott munkaeszköz megbízhatósága. A korrózió csökkenti a földelő és rövidrezáró kábelek tényleges keresztmetszetét, így kérdésessé teszi biztonságát. Ha lazán húzunk meg egy vezeték rögzítő csavart akkor nő az átmeneti az ellenállása ennek a pontnak és melegedéshez, vagy vezeték gyulladása következhet be.

#### Fontos:

A berendezés feszültségmentesítésétől a munka befejezéséig megbízható információkra van szükség a berendezés állapotáról, a hibás működések és üzemzavarok elkerülése érdekében elvégzendő intézkedések végrehajtásáról, valamint tájékoztatást kell nyújtani a felmerülő üzemzavarok és hibás működésekkel szembeni védelemről és a közeli berendezések által keltett veszélyekről. Annak érdekében, hogy a fent említett veszélyek elkerülhetőek legyenek, öt biztonsági szabály került megfogalmazásra:

- Kikapcsolás minden lehetséges betáplálási irányból.
- A visszakapcsolás / visszakapcsolódás megakadályozása.
- A feszültség nélküli állapot ellenőrzése.
- Földelés és rövidre zárás.
- A szomszédos, feszültség alatt álló részek elburkolása vagy elkerítése.

## 4.2. A feszültség alatti munkavégzés szabályai (FAM)

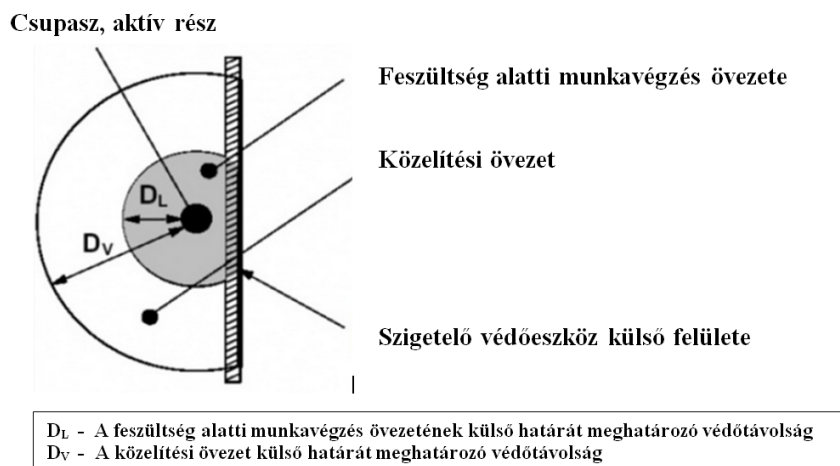
Feszültség alatti munkát csak az a személy, aki megfelelő szakmai képesítéssel és gyakorlattal rendelkezik a kockázatok észlelésére és villamosság által előidézett veszélyek elkerülésére. A Feszültség Alatti Munkavégzés Biztonsági Szabályzata (72/2003. (X. 29.) GKM rendelet, FAM BSZ) előírja azt is, ki folytathat ilyen jellegű tevékenységet. Minimum 18. életévét betöltött, alkalmassági orvosi vizsgálaton megfelelt villanszerelő vagy középfokú erősáramú szerelő végzettséggel rendelkező, sikeres tanfolyami vizsgát teljesített, a munkáltató által feljogosított személy.

Fontos a munka elvégzéséhez szükséges szerszámok kiválasztása. Ennek során nemcsak az adott feladat paramétereit kell figyelembe venni, hanem a szerszámok gyártójának tanácsát és útmutatását is, amit a szerszámokhoz rendszeresített minősítő iratok tartalmaznak, de a szerszámokat használók tudása és tapasztalata is segíti a megfelelő szerszám kiválasztását. Ezen alapján a szerszámokat használók képessé válnak olyan szerszámokat választani, amely nem csak a legegyszerűbb használatúak, de biztosítja, hogy a szerszámokat nem terhelik túl. A szerszámokat használó személyeket oktatás keretében tájékoztatni kell a szerszámok megfelelő használatáról, a megfigyelendő vagy felismerendő különleges biztonsági kérdésekről is.

Felügyelői ellenőrzéskor a szerszámok szemrevételezésekor meg kell vizsgálnunk, hogy a szerszám szigetelésében a feszültség határ fel van-e tüntetve. Például 1000 V feszültség alatti munkavégzéshez a szerszám minősítését a „Feszültség alatti munkavégzés. Kéziszerszámok legfeljebb 1000 V váltakozó feszültségen és 1500 V egyenfeszültségen való használatra (IEC 60900:2012MSZ EN 60900:2013” szabvány szerint végeznek el. A szerszám jelölése: ICE60900, valamint a feszültség feltüntetése. Ha nincs ilyen jelölés a szerszámon, akkor a jelöletlen szerszám használatát ideiglenes intézkedés keretében fel kell, hogy függesztjük. A helyszínen lehetnek még a fent említett dokumentumokból is, melyek megtekintése és az adott technológia megismerése után segít a további hiányosságok megállapításában.

Két nagyon fontos dologra kell odafigyelnie a veszélyzónában tevékenykedőnek, az egyik, hogy ne okozzon munkájával zárlatot (tartom a megközelíthetőségi távolságot), valamint, hogy megfelelően védett legyen az áramütés ellen (önmagát vagy a feszültség alatti részt elszigeteli). Sajnos a villamos áramütés által keletkezett halálos kimenetelű balesetek egyik oka például az, hogy nem veszik figyelembe a megközelítési távolságot (vagy nem jelölik, de erről majd a következő fejezetben térünk ki).

Az alábbi ábrán láthatóak az FAM övezetei.



A feszültség alatti munkavégzésnek egyéb szabályai is vannak, amiket a munkavégzés helyszíne és típusa határoz meg pl. szabadterben felsővezeték javítását, karbantartását végzik, vagy kapcsoló helységeken végeznek feszültség közeli, vagy alatti munkát.

A munkavégzés helyén minden olyan részt, amelyen munka folyik, le kell földelni és rövidre kell zárni. A földelés és rövidrezárás a munkavégzés helyéről legyen látható.

A feszültségmentesített rész körülhatárolását mindig úgy kell végezni, hogy még a határvonal érintése se legyen feszültség alatti tevékenységnek tekinthető.

**A körülhatárolás végezhető:** körülzárással, védőfedéssel, körülkerítéssel, a határ megjelölésével (pl. táblával, zászlóval).

Az adott területet, ahol majd a munkát végezni fogják, át kell, hogy adják és át kell, hogy vegyék, majd a feladat végeztével ugyan ez a folyamat megy végbe megfelelő dokumentumok elkészítésével. A munkavégzés előtt a munkaterületre és az elvégzendő feladatra dokumentált oktatást tartanak.

Egy állomás elzárt villamos kezelőtérnek minősül, így az állomási kerítésen belül feszültség alatti, vagy feszültség közelében idegen kivitelező csak munkaterület átadás-átvételi eljárás lebonyolítását követően, munkahelyi felügyelet mellett végezhet munkát. A munkavégzéshez az üzemeltető szerelési felügyelőt köteles kijelölni. Megjegyzem, hogy ez igaz akkor is amikor, olyan feladat kerül végrehajtásra egy adott helyen, ahol a különböző munkafázisokat különböző képzésben részesült szakemberek végzik majd el. Például egy kapcsoló teremben kiszakaszolnak egy áramvezető sínt karbantartás miatt. Ezt a műveletet az ún. kapcsolószemélyzet hajtja végre, úgy, hogy a munkaterület e részét feszültség mentesítik, ill. a munkaterület két végét védőföldeléssel látják el és a villamosan aktív részeket jelölik, vagy burkolják.

### 4.3. Feszültség közeli munkavégzés

Minden olyan munka annak számít, ahol a munkát végző személy testrészeivel, szerszámmal, vagy más tárggyal a feszültség alatti munkavégzés övezetének érintése nélkül behatol a közelítési övezetbe. Ide tartozik az is, hogy a munkát végző személy a szokásos körütekintés mellett nem tudja a közelítési övezetbe való behatolást biztonságosan elkerülni.

A munkahely közelében lévő feszültség alatt álló villamos berendezést a körül kell határolni.

Az aktív részek közelében a villamos veszély elhárítására védőrácsot, védőfedést, burkolatot vagy szigetelőborítást lehet használni. Ha az előző védelmi módok nem alkalmazhatóak, akkor a védelmet az aktív részekről  $D_L$ -nél nagyobb védőtávolság tartásával kell biztosítani. Erről bővebben a villamos munkabaleset részben fogunk kitérni.

A munkavégzés során változhatnak a munkavégzés körülményei például feszültség mentes környezet feszültség közeli munkahellyé változik, ilyenkor a villamos munkabiztonság adott körülményekre vonatkozó szabályai lesznek érvényesek. Ezekről a szabványok és biztonsági szabályzatok, valamint rendeletek adnak iránymutatást. Mindezek ellenére súlyos és sajnos halálos munkabalesetek következnek be.

#### **4.4. Védőtávolságok**

**Villamos berendezéseknél néhány példa:**

- 1 kV-nál nem lehet érintés (DL) távolságnál, 300mm a (DV) távolság.
- 6 kV-nál, 90 mm (DL) távolság, 1200 mm a (DV) távolság.
- 20 kV-nál 220 mm (DL) távolság, 1500 mm a (DV) távolság

**Föld feletti szabad vezetéknél:**

Ideértve a vezeték tartószerkezetén (oszlopán) elhelyezett átalakító és kapcsoló berendezést is a biztonsági övezete a vezeték névleges feszültségétől függően, a vezeték mindkét oldalán a szélső, nyugalomban lévő áramvezetőktől vízszintesen és nyomvonalukra merőlegesen mért, következő távolságokra lévő függőleges síkokig terjed:

- 500 kV-ot meghaladó névleges feszültség szint felett 40 méter,
- 300 kV felett 500 kV névleges feszültség szintig 28 méter,
- 200 kV felett 300 kV névleges feszültség szintig 18 méter,
- 35 kV felett 200 kV névleges feszültség szintig 13 méter,
- 1 kV felett 35 kV névleges feszültség szintig 5 méter, de a vezeték azon szakaszán, amely a belterületre és a fokozott biztonságra vonatkozó előírásainak megtartásával létesült, 2,5 méter,
- legfeljebb 1 kV névleges feszültség szintig 1 méter, a vezeték tartószerkezetén (oszlopán) elhelyezett átalakító és kapcsoló berendezés esetében 2,5 méter,
- föld feletti szigetelt vezeték és univerzális kábel esetében 0,5 méter, a szigetelt vezeték és univerzális kábel tartószerkezetén (oszlopán) elhelyezett átalakító és kapcsoló berendezés esetében 2,5 méter.

#### **Emelőgépekre vonatkozó biztonsági követelmények**

A nagy- és kisfeszültségű föld feletti szabadvezeték közelében üzemeltetett emelőgépnél a vezetékeket feszültségmentesíteni kell. Ha ez nem lehetséges, akkor a külön jogszabályban feszültség szinttől függően meghatározott biztonsági távolságot kell biztosítani. A vonatkozó jogszabályban foglaltakon túl a telepítés, üzemeltetés megkezdése előtt ki kell kérni a vezeték kezelőjének (áramszolgáltató) írásbeli nyilatkozatát is a feszültség nagyságáról és a biztonsági távolságról.

Amennyiben az emelőgép magassága a 4 métert meghaladja és a vezeték szakasz nem feszültségmentesíthető, az emelési utasításban rögzíteni kell:

- a) a legkisebb biztonsági távolság határára jelzőőrt kell állítani,
- b) a legkisebb biztonsági távolságot a vezetékkel párhuzamosan meg kell jelölni (pl. karók, jelzőszalag),
- c) a jelzőőrnek minden mozgást le kell állíttatnia, ha az emelőgép, a teher vagy a teherfelvevő eszköz megközelítette a jelzett vonalat,
- d) a jelzőőr tartózkodási helyét.

A jelzőőrt egyéb feladattal megbízni nem szabad.

A nagy- és kisfeszültségű föld feletti szabadvezeték veszélyes közelébe telepített, illetőleg üzemeltetett emelőgép kezelőjével és a kötöző, irányító személyzettel a munkálatok megkezdése előtt a biztonságos munkavégzés feltételeit el kell sajátíttatni, ellenőrizhető módon.

Elektromos szabadvezetékek közelében végzett munkák esetén a földmunkagép, illetve annak alkatrészei és a szabadvezetékek között a feszültségnek megfelelő biztonsági távolságot kell hagyni.

#### **Névleges feszültségek és biztonsági távolságok**

- 1000 V-ig 1,0 m
- 1 kV-tól 110 kV-ig 3,0 m
- 110 kV-tól 220 kV-ig 4,0 m
- 220 kV-tól 380 kV-ig 5,0 m
- Ismeretlen feszültség 5,0 m

#### **Földmunkagépekre vonatkozó biztonsági követelmények**

A földmunkagéppel végzett földkiemelési munkák megkezdése előtt a munkáltató köteles meggyőződni arról, hogy a tervezett munkaterületen földkábelek nincsenek elhelyezve.

Amennyiben földvezeték található a tervezett munkavégzési területen, a munkáltató a helyi körülményeknek megfelelően köteles meghatározni a munkavégzés biztonsági követelményeit és a szükséges biztonsági intézkedéseket megtenni.

#### **Gallyazásra vonatkozó biztonsági előírások**

Feszültség alatt álló – legfeljebb 35 kV névleges feszültségű – szabadvezeték közelében levő fák kisebb méretű gallyazását a következő feltételek mellett szabad elvégezni:

- a) Ha az ágak, gallyak nem nyúlnak a feszültség alatt álló legalsó vezetékszál alatt 1 méter távolságban képzelt vízszintes sík fölé, a gallyazásnál arra kell ügyelni, hogy a gallyazást végző személy a feszültség alatt álló vezetőt ne közelítse meg a veszélyes közelségen belül.
- b) Abban az esetben, ha az ágak, gallyak kívül esnek a hozzájuk legközelebbi feszültség alatti vezetőtől 1 méterre képzelt függőleges síkon és ebbe a síkba levágás vagy leesés közben sem érhetnek be, a gallyazást végző személy a feszültség alatt álló vezetőt legfeljebb a veszélyes közelség 0,5 méterrel megnövelt távolságáig közelítheti meg.
- c) Abban az esetben, ha az ágak, gallyak kívül esnek ugyan az előző szakaszban körülírt függőleges síkon, de nincs biztosítva, hogy ez a távolság az ág (gally) levágása vagy eltávolítása közben is megmarad (pl. ferdén lefelé nőtt ág), feszültség melletti gallyazást csak abban az esetben szabad végezni, ha a vezeték veszélyes megközelítését megfelelő intézkedéssel (pl. az ág felső részének a törzshöz való kikötésével) megakadályozzuk. A fűrésze csak azután szabad elvégezni, ha a már befűrészelt ágat a kikötéssel a törzshöz vontuk. Feszültség alatt álló villamos vezeték a

munkát végző személynek a veszélyes közelség 0,5 méterrel megnövelt távolságánál jobban nem szabad megközelítenie.

- d) Azokat a friss hajtásokat, amelyek a kisfeszültségű szabadvezeték feszültség alatt álló legalsó vezetőjét még nem közelítették meg 0,5 méternél kisebb távolságra, száraz időben, legalább 2,5 m hosszú fanyélre szerelt, száraz kötéllel működtetett nyesőollóval vagy ilyen fanyélre szerelt – ki-fejezetten gallyazásra kialakított – motoros fűrészszel szabad lenyesni.
- e) A nagyfeszültségű vezetéket csak a vezető feszültségmentesítése után szabad levágni.
- f) Feszültség alatt álló vezetékek közelében való gallyazással csak e munkára kellően kioktatott, a munka irányításával pedig szakképzett személyt szabad megbízni.

## Önellenőrző kérdések

### (A villamos munkák során betartandó biztonsági szabályok)

#### 1. Melyik szabvány vonatkozik a villamos ipari munkák elvégzéséhez?

**Válasz:**

A villamos ipari munkák elvégzéséhez az **MSZ 1585:2016** Villamos berendezések üzemeltetéséről készült szabvány vonatkozik. A villamos berendezések feszültség szintje a törpefeszültségtől a nagyfeszültségig terjedhet. A szabvány olyan követelményeket határoz meg, aminek a betartásával a villamos berendezéseken, vagy azok közelében olyan szakemberek végezhetnek munkát, akik a szabványban leírt csoportok (I.-V.) valamelyikének megfelelő végzettséggel és tapasztalattal rendelkeznek.

#### 2. Említsen néhányat a feszültségmentes munkavégzés szabályai közül!

**Válasz:**

- Nem számít, hogy milyen munkát szükséges elvégezni, a munkabiztonságot mindig biztosítani kell, a munkavállalók, vagy magunk számára a fennálló veszélyt lehetőleg meg kell szüntetni, de legalábbis csökkenteni, kell.
- A villamos berendezéseken és eszközökön az elvégzendő munka előtt a szükséges részen feszültség mentesíteni kell.
- Minden villamos berendezést és eszközt - függetlenül a működési állapotától - alapvetően feszültség alattinak kell tekinteni egészen addig, amíg meg nem győződünk az ellenkezőjéről. Következésképpen az alkalmazott feszültségkémlélőknek (vagy műszereknek) segítségével ellenőriznünk kell a feszültség mentes állapotot.
- Minden óvintézkedés megtétele mellett - még nagyobb biztonságot kell szavatolni. Ha még fennáll a hiba, a későbbi károk elkerülésének érdekében a munka megkezdése előtt a villamos berendezést földelni kell és rövidre kell zárni.
- A biztonsági intézkedések is csak annyit érnek, mint az erre a célra alkalmazott munkaeszköz megbízhatósága. A korrózió csökkenti a földelő és rövidrezáró kábelek tényleges keresztmetszetét, így kérdésessé teszi biztonságát. Ha lazán húzunk meg egy vezetéket rögzítő csavart, akkor nő az átmeneti az ellenállása ennek a pontnak és melegedéshez, vagy vezetékek gyulladása következhet be.

### 3. Sorolja fel a feszültségmentesítés öt biztonsági szabályát!

#### Válasz:

A berendezés feszültségmentesítésétől a munka befejezéséig megbízható információkra van szükség a berendezés állapotáról, a hibás működések és üzemzavarok elkerülése érdekében elvégzendő intézkedések végrehajtásáról, valamint tájékoztatást kell nyújtani a felmerülő üzemzavarok és hibás működésekkel szembeni védelemről és a közeli berendezések által keltett veszélyekről. Annak érdekében, hogy a fent említett veszélyek elkerülhetőek legyenek, **öt biztonsági szabály** került megfogalmazására:

- Kikapcsolás minden lehetséges betáplálási irányból.
- A visszakapcsolás / visszakapcsolódás megakadályozása.
- A feszültség nélküli állapot ellenőrzése.
- Földelés és rövidre zárás.
- A szomszédos, feszültség alatt álló részek elburkolása vagy elkerítése.

### 4. Ki végezhet feszültség alatti munkát, és melyik szabályzat írja elő a feszültség alatti munkavégzés szabályait?

#### Válasz:

Feszültség alatti munkát csak az a személy, aki megfelelő szakmai képesítéssel és gyakorlattal rendelkezik a kockázatok észlelésére és villamosság által előidézett veszélyek elkerülésére. **A Feszültség Alatti Munkavégzés Biztonsági Szabályzata (72/2003. (X. 29.) GKM rendelet, FAM BSZ)** előírja azt is, ki folytathat ilyen jellegű tevékenységet. Minimum 18. életévét betöltött, alkalmassági orvosi vizsgálaton megfelelt villanyszerelő vagy középfokú erősáramú szerelő végzettséggel rendelkező, sikeres tanfolyami vizsgát teljesített, a munkáltató által feljogosított személy.

### 5. Milyen fontos dolgokra kell odafigyelnie a veszélyzónában tevékenykedőnek?

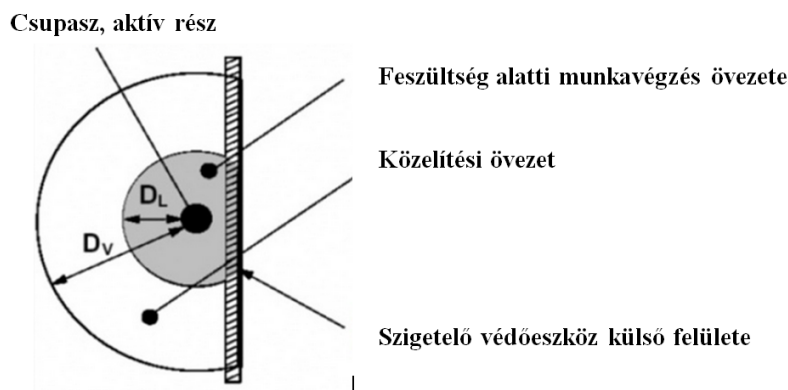
#### Válasz:

Két nagyon fontos dologra kell odafigyelnie a veszélyzónában tevékenykedőnek, az egyik, hogy **ne okozzon munkájával zárlatot** (tartom a megközelíthetőségi távolságot), valamint, hogy **megfelelően védett legyen az áramütés ellen** (önmagát vagy a feszültség alatti részt elszigeteli). Sajnos a villamos áramütés által keletkezett halálos kimenetelű balesetek egyik oka például az, hogy nem veszik figyelembe a megközelítési távolságot (vagy nem jelölik, de erről majd a következő fejezetben térünk ki).

### 6. Mutassa be röviden, a FAM övezeteit?

#### Válasz:

A FAM övezetei.



$D_L$  - A feszültség alatti munkavégzés övezetének külső határát meghatározó védőtávolság  
 $D_V$  - A közelítési övezet külső határát meghatározó védőtávolság

## 7. Soroljon fel néhány, a feszültség alatti munkavégzésre vonatkozó egyéb szabályt!

### Válasz:

- A feszültség alatti munkavégzésnek egyéb szabályai is vannak, amiket a munkavégzés helyszíne és típusa határoz meg pl. szabadtérben felsővezeték javítását, karbantartását végzik, vagy kapcsoló helységekben végeznek feszültség közeli, vagy alatti munkát.
- A munkavégzés helyén minden olyan részt, amelyen munka folyik, le kell földelni és rövidre kell zárni. A földelés és rövidrezárás a munkavégzés helyéről legyen látható.
- A feszültségmentesített rész körülhatárolását mindig úgy kell végezni, hogy még a határvonal érintése se legyen feszültség alatti tevékenységnek tekinthető.
- A körülhatárolás végezhető: körülzárással, védőfedéssel, körülkerítéssel, a határ megjelölésével (pl. táblával, zászlóval).
- Az adott területet, ahol majd a munkát végezni fogják, át kell, hogy adják és át kell, hogy vegyék, majd a feladat befejeztével ugyan ez a folyamat megy végbe megfelelő dokumentumok elkészítésével. A munkavégzés előtt a munkaterületre és az elvégzendő feladatra dokumentált oktatást tartanak.
- Egy alállomás elzárt villamos kezelőtérnek minősül, így az alállomási kerítésen belül feszültség alatti, vagy feszültség közelében idegen kivitelező csak munkaterület átadás-átvételi eljárás lebonyolítását követően, munkahelyi felügyelet mellett végezhet munkát. A munkavégzéshez az üzemeltető szerelési felügyelőt köteles kijelölni.

## 8. Mi számít feszültség közeli munkavégzésnek?

### Válasz:

Minden olyan munka annak számít, ahol a munkát végző személy testrészével, szerszámmal, vagy más tárggyal a feszültség alatti munkavégzés övezetének érintése nélkül behatol a közelítési övezetbe. Ide tartozik az is, hogy a munkát végző személy a szokásos körültekintés mellett nem tudja a közelítési övezetbe való behatolást biztonságosan elkerülni.

A munkahely közelében lévő feszültség alatt álló villamos berendezést a körül kell határolni.

Az aktív részek közelében a villamos veszély elhárítására védőrácsot, védőfedést, burkolatot vagy szigetelőborítást lehet használni. Ha az előző védelmi módok nem alkalmazhatóak, akkor a védelmet az aktív részekről  $D_L$ -nél nagyobb védőtávolság tartásával kell biztosítani.

A munkavégzés során változhatnak a munkavégzés körülményei például feszültség mentes környezet feszültség közeli munkahellyé változik, ilyenkor a villamos munkabiztonság adott körülményekre vonatkozó szabályai lesznek érvényesek. Ezekről a szabványok és biztonsági szabályzatok, valamint rendeletek adnak iránymutatást. Mindezek ellenére súlyos és sajnos halálos munkabalesetek következnek be.

## **9. Mutassa be, a föld feletti szabad vezetéknél betartandó védőtávolságokat!**

**Válasz:**

### **Föld feletti szabad vezetéknél:**

Ideértve a vezeték tartószerkezetén (oszlopán) elhelyezett átalakító és kapcsoló berendezést is a biztonsági övezete a vezeték névleges feszültségétől függően, a vezeték mindkét oldalán a szélső, nyugalomban lévő áramvezetőktől vízszintesen és nyomvonalukra merőlegesen mért, következő távolságokra lévő függőleges síkokig terjed:

- 500 kV-ot meghaladó névleges feszültség szint felett 40 méter,
- 300 kV felett 500 kV névleges feszültség szintig 28 méter,
- 200 kV felett 300 kV névleges feszültség szintig 18 méter,
- 35 kV felett 200 kV névleges feszültség szintig 13 méter,
- 1 kV felett 35 kV névleges feszültség szintig 5 méter, de a vezeték azon szakaszán, amely a belterületre és a fokozott biztonságra vonatkozó előírásainak megtartásával létesült, 2,5 méter,
- legfeljebb 1 kV névleges feszültség szintig 1 méter, a vezeték tartószerkezetén (oszlopán) elhelyezett átalakító és kapcsoló berendezés esetében 2,5 méter,
- föld feletti szigetelt vezeték és univerzális kábel esetében 0,5 méter, a szigetelt vezeték és univerzális kábel tartószerkezetén (oszlopán) elhelyezett átalakító és kapcsoló berendezés esetében 2,5 méter.

## **10. Melyek az emelőgépeket érintő, védőtávolságokra vonatkozó biztonsági követelmények?**

**Válasz:**

Emelőgépekre vonatkozó biztonsági követelmények

A nagy- és kisfeszültségű föld feletti szabadvezeték közelében üzemeltetett emelőgépnél a vezetékeket feszültségmentesíteni kell. Ha ez nem lehetséges, akkor a külön jogszabályban feszültség szinttől függően meghatározott biztonsági távolságot kell biztosítani. A vonatkozó jogszabályban foglaltakon túl a telepítés, üzemeltetés megkezdése előtt ki kell kérni a vezeték kezelőjének (áramszolgáltató) írásbeli nyilatkozatát is a feszültség nagyságáról és a biztonsági távolságról.

Amennyiben az emelőgép magassága a 4 métert meghaladja és a vezeték szakasz nem feszültségmentesíthető, az emelési utasításban rögzíteni kell:

- a) a legkisebb biztonsági távolság határára jelzőőrt kell állítani,
- b) a legkisebb biztonsági távolságot a vezetékkel párhuzamosan meg kell jelölni (pl. karók, jelzőszalag),
- c) a jelzőőrnek minden mozgást le kell állíttatnia, ha az emelőgép, a teher vagy a teherfelvő eszköz megközelítette a jelzett vonalat,
- d) a jelzőőr tartózkodási helyét.

A jelzőőrt egyéb feladattal megbízni nem szabad.

A nagy- és kiefeszültségű föld feletti szabadvezeték veszélyes közelébe telepített, illetőleg üzemeltetett emelőgép kezelőjével és a kötöző, irányító személyzettel a munkálatok megkezdése előtt a biztonságos munkavégzés feltételeit el kell sajátítani, ellenőrizhető módon.

Elektromos szabadvezetékek közelében végzett munkák esetén a földmunkagép, illetve annak alkatrészei és a szabadvezetékek között a feszültségnek megfelelő biztonsági távolságot kell hagyni.

## **11. Soroljon fel néhány, gallyazásra vonatkozó biztonsági előírást!**

### **Válasz:**

Gallyazásra vonatkozó biztonsági előírások

Feszültség alatt álló – legfeljebb 35 kV névleges feszültségű – szabadvezeték közelében levő fák kisebb méretű gallyazását a következő feltételek mellett szabad elvégezni:

- a) Ha az ágak, gallyak nem nyúlnak a feszültség alatt álló legalsó vezetékszáll alatt 1 méter távolságban képzelt vízszintes sík fölé, a gallyazásnál arra kell ügyelni, hogy a gallyazást végző személy a feszültség alatt álló vezetőt ne közelítse meg a veszélyes közelségben belül.
- b) Abban az esetben, ha az ágak, gallyak kívül esnek a hozzájuk legközelebbi feszültség alatti vezetőtől 1 méterre képzelt függőleges síkon és ebbe a síkba levágás vagy leesés közben sem érhetnek be, a gallyazást végző személy a feszültség alatt álló vezetőt legfeljebb a veszélyes közelség 0,5 méterrel megnövelt távolságáig közelítheti meg.
- c) Abban az esetben, ha az ágak, gallyak kívül esnek ugyan az előző szakaszban körülírt függőleges síkon, de nincs biztosítva, hogy ez a távolság az ág (gally) levágása vagy eltávolítása közben is megmarad (pl. ferdén lefelé nőtt ág), feszültség melletti gallyazást csak abban az esetben szabad végezni, ha a vezeték veszélyes megközelítését megfelelő intézkedéssel (pl. az ág felső részének a törzshöz való kikötésével) megakadályozzuk. A fűrésze csak azután szabad elvégezni, ha a már befűrészelt ágat a kikötéssel a törzshöz vontuk. Feszültség alatt álló villamos vezeték a munkát végző személynek a veszélyes közelség 0,5 méterrel megnövelt távolságánál jobban nem szabad megközelítenie.
- d) Azokat a friss hajtásokat, amelyek a kiefeszültségű szabadvezeték feszültség alatt álló legalsó vezetőt még nem közelítették meg 0,5 méternél kisebb távolságra, száraz időben, legalább 2,5 m hosszú fanyélre szerelt, száraz kötéllel működtetett nyeseollóval vagy ilyen fanyélre szerelt – kifejezetten gallyazásra kialakított – motoros fűrészszel szabad lenyesni.
- e) A nagyfeszültségű vezetéket csak a vezető feszültségmentesítése után szabad levágni.
- f) Feszültség alatt álló vezetékek közelében való gallyazással csak e munkára kellően kioktatott, a munka irányításával pedig szakképzett személyt szabad megbízni.

## 5. Érintésvédelmi ellenőrzések

Érintésvédelem célja, hogy aktív és passzív érintésvédelmi módszerekkel megakadályozza a berendezések feszültség alatti részeinek véletlen érintését, valamint, hogy az elektromos árammal működő gépek külső érinthető burkolata a berendezés meghibásodása esetén se okozzon áramütést. Az érintésvédelmi felülvizsgálat villamos műszeres mérésből áll, és a helyszíni vizsgálat során a látottak alapján minősítik a villamos berendezéseket azért, hogy megfelelnek -e az érvényben lévő érintésvédelmi szabványoknak. Az érintésvédelmi szabványossági felülvizsgálat tartalmazza az érintésvédelmi szerelői ellenőrzést is.

A hatályos a munkaeszközök és használatuk biztonsági és egészségügyi követelményeinek minimális szintjéről szóló **10/2016. (IV. 5.) NGM rendelet** a villamos berendezések üzembe helyezése előtti, és az előírt rendszerességgel végzendő időszakos az érintésvédelem ellenőrzéseket határozza meg

A kisfeszültségű erősáramú villamos berendezés közvetett érintés elleni védelmének, valamint az érintésvédelmi berendezés megfelelőségének ellenőrző felülvizsgálatairól szerelői ellenőrzés, illetve szabványossági felülvizsgálat keretében kell gondoskodni.

A **szerelői ellenőrzés** a villamos gépeken, berendezéseken az érintésvédelem alapvető hibáinak kimutatása céljából erősáramú villamos szakember által végrehajtott,- a szigetelés ellenállásmérésen túl - műszeres mérést nem igénylő ellenőrzés.

### **Szerelői ellenőrzés elvégzése szükséges a villamos berendezés, illetve érintésvédelmi berendezés**

- a) létesítése, bővítése, átalakítása és javítása után a szerelés befejező műveleteként;
- b) érintésvédelmének hibájára vagy hiányosságára visszavezethető rendellenesség észlelése esetén első lépésként;
- c) minden érintésvédelmi szabványossági felülvizsgálata alkalmával, annak bevezető részeként; vagy
- d) jogszabályban meghatározott gyakoriságú időszakos ellenőrző felülvizsgálatok esetén.

### **Szabványossági felülvizsgálat elvégzése szükséges:**

- a) új villamos berendezés létesítésekor az üzemszerű használatbavétel előtt;
- b) a villamos berendezés bővítése, átalakítása és javítása alkalmával, a szerelői ellenőrzés elvégzése után;
- c) az érintésvédelem hibájára vagy hiányosságára visszavezethető, minden olyan rendellenesség észlelése esetén, amelynél a rendellenességi ok meghatározása, a javításhoz szükséges hiba behatárolása szerelői ellenőrzéssel nem volt elvégezhető; vagy
- d) jogszabályban meghatározott gyakoriságú időszakos ellenőrző felülvizsgálat esetén.
- e) Rendkívüli munkavégzési körülmények esetén villamos üzemi próba elvégzése is elegendő – az érintésvédelmi szabványossági felülvizsgálat helyett – a rendkívüli munkavégzési körülmény elhárításának időtartamára ideiglenesen telepített villamos berendezésekre vonatkozóan, ha azokat független aggregátorról táplálják, vagy az ideiglenes csatlakozó berendezésbe áramvédőkapcsolót szereltek. A villamos működési próbát az üzemszerű használatbavétel előtt kell elvégezni.

### **Működési próbát kell végezni:**

- a) áram-védőkapcsolón és a korábban létesített feszültség-védőkapcsolón háromhavonta;
- b) ideiglenesen telepített munkahely esetén az áram-védőkapcsolón és korábban létesített feszültség-védőkapcsolón a telepítéskor és azt követően havonta.

**Az időszakos ellenőrző felülvizsgálatot szerelői ellenőrzéssel legalább a következő gyakorisággal kell elvégezni:**

- a) kéziszerszámokon és hordozható biztonsági transzformátorokon évente;
- b) az összekötő és felhasználói berendezésekről, valamint a potenciálisan robbanásveszélyes közegekben működő villamos berendezésekről és védelmi rendszerekről szóló rendelet (a továbbiakban: Villamos Műszaki Biztonsági Szabályzat rendelet) szerinti lakóépület, kommunális épület és egyéb épület villamos berendezésein hatévente;
- c) azon villamos berendezésrészen, amelyre a fentiek szerint nincs külön gyakoriság előírva, az érintésvédelmi szabványossági felülvizsgálat alkalmával, annak bevezető részeként háromévente.

Az időszakos ellenőrző felülvizsgálatot – a Villamos Műszaki Biztonsági Szabályzat rendelet hatálya alá tartozó villamos berendezések kivételével – szabványossági felülvizsgálattal rendszeresen, legalább háromévente kell elvégezni a munkahelynek minősülő helyen.

**A vizsgált berendezés vizsgálati eredményét írásban kell dokumentálni, amely tartalmazza:**

- a) hogy a felülvizsgálat mely berendezésre terjedt ki;
- b) a vizsgálatot végző felelős személy nevét és az érintésvédelmi szabványossági felülvizsgálói vizsgabizonyítványának számát;
- c) hogy milyen ok miatt került sor a vizsgálatra;
- d) hogy mikor végezték a vizsgálatot és
- e) az irat végén a hitelesítést, amely a dátumot és a vizsgálatot végző aláírását foglalja magába.

Az érintésvédelmi szerelői ellenőrzésről és a villamos üzemi próba eredményéről készülő iratnak a felsoroltakon kívül tartalmaznia kell legalább a vizsgált berendezés minősítését, amely lehet megfelelő, vagy nem megfelelő.

**Az érintésvédelmi szabványossági felülvizsgálati ellenőrzésről készülő érintésvédelmi minősítő irat a fent felsorolt pontokon kívül legalább a következőket kell, hogy tartalmazza:**

- a) a felülvizsgálat befejezésekor fennmaradó hibákat, amelyeket a részletes felsoroláson túl legalább a közvetlen életveszélyes, vagy a soron kívül javítandó csoportokba kell besorolni és ezt a minősítést az iratban egyértelműen jelölni kell;
- b) a mérési eredmények számszerű értékeit tartalmazó, rövidített jegyzőkönyvet, mellékletként.

Az érintésvédelmi minősítő iratban a vizsgált berendezést minden esetben az irat kiállítása idején érvényes előírások szerint kell minősíteni.

A felülvizsgálat megállapításait, a megtett intézkedéseket jegyzőkönyvben rögzíteni kell, amit a következő időszakos ellenőrző felülvizsgálat időpontjáig meg kell őrizni és annak egy példányát a helyszínen kell tartani.

A minősítő iratot minimum kettő eredeti példányban készítik el.

Érintésvédelem felülvizsgálatát csak az végezheti, aki erősáramú előképzettséggel rendelkezik, és legalább 3 év gyakorlati időt töltött el a szakmában. Elvégezte az érintésvédelmi felülvizsgáló tanfolyamot és ott sikeres vizsgát tett. Rendelkezik OKJ-s érintésvédelem felülvizsgálója bizonyítvánnyal.

## Önellenőrző kérdések (Érintésvédelmi ellenőrzések)

### 1. Miből áll az érintésvédelmi felülvizsgálat?

#### Válasz:

Az érintésvédelmi felülvizsgálat villamos műszeres mérésből áll, és a helyszíni vizsgálat során a látottak alapján minősítik a villamos berendezéseket azért, hogy megfelelnek-e az érvényben lévő érintésvédelmi szabványoknak. Az érintésvédelmi szabványossági felülvizsgálat tartalmazza az érintésvédelmi szerelői ellenőrzést is.

A hatályos a munkaeszközök és használatuk biztonsági és egészségügyi követelményeinek minimális szintjéről szóló **10/2016. (IV. 5.) NGM rendelet** a villamos berendezések üzembe helyezése előtti, és az előirt rendszerességgel végzendő időszakos az érintésvédelem ellenőrzéseket határozza meg

A kifeszültségű erősáramú villamos berendezés közvetett érintés elleni védelmének, valamint az érintésvédelmi berendezés megfelelőségének ellenőrző felülvizsgálatairól szerelői ellenőrzés, illetve szabványossági felülvizsgálat keretében kell gondoskodni.

### 2. Miből áll a szerelői ellenőrzés?

#### Válasz:

A **szerelői ellenőrzés** a villamos gépeken, berendezéseken az érintésvédelem alapvető hibáinak kimutatása céljából erősáramú villamos szakember által végrehajtott,- a szigetelés ellenállásmérésen túl - műszeres mérést nem igénylő ellenőrzés.

### 3. Mikor van szükség szerelői ellenőrzés elvégzésére?

#### Válasz:

**Szerelői ellenőrzés elvégzése szükséges a villamos berendezés, illetve érintésvédelmi berendezés**

- a) létesítése, bővítése, átalakítása és javítása után a szerelés befejező műveleteként;
- b) érintésvédelmének hibájára vagy hiányosságára visszavezethető rendellenesség észlelése esetén első lépésként;
- c) minden érintésvédelmi szabványossági felülvizsgálata alkalmával, annak bevezető részeként; vagy
- d) jogszabályban meghatározott gyakoriságú időszakos ellenőrző felülvizsgálatok esetén.

### 4. Mikor van szükség szabványossági felülvizsgálat elvégzésére?

#### Válasz:

**Szabványossági felülvizsgálat elvégzése szükséges:**

- a) új villamos berendezés létesítésekor az üzemszerű használatbavétel előtt;
- b) a villamos berendezés bővítése, átalakítása és javítása alkalmával, a szerelői ellenőrzés elvégzése után;
- c) az érintésvédelem hibájára vagy hiányosságára visszavezethető, minden olyan rendellenesség észlelése esetén, amelynél a rendellenességi ok meghatározása, a javításhoz szükséges hiba behatárolása szerelői ellenőrzéssel nem volt elvégezhető; vagy

- d) jogszabályban meghatározott gyakoriságú időszakos ellenőrző felülvizsgálat esetén.
- e) Rendkívüli munkavégzési körülmények esetén villamos üzemi próba elvégzése is elegendő – az érintésvédelmi szabványossági felülvizsgálat helyett – a rendkívüli munkavégzési körülmény elhárításának időtartamára ideiglenesen telepített villamos berendezésekre vonatkozóan, ha azokat független aggregátorról táplálják, vagy az ideiglenes csatlakozó berendezésbe áram-védőkapcsolót szereltek. A villamos működési próbát az üzemszerű használatbavétel előtt kell elvégezni.

**5. Mikor kell működési próbát végezni?**

**Válasz:**

**Működési próbát kell végezni:**

- a) áram-védőkapcsolón és a korábban létesített feszültség-védőkapcsolón háromhavonta;
- b) ideiglenesen telepített munkahely esetén az áram-védőkapcsolón és korábban létesített feszültség-védőkapcsolón a telepítéskor és azt követően havonta.

**6. Milyen gyakorisággal kell elvégezni az időszakos ellenőrző felülvizsgálatot szerelői ellenőrzéssel?**

**Válasz:**

**Az időszakos ellenőrző felülvizsgálatot szerelői ellenőrzéssel legalább a következő gyakorisággal kell elvégezni:**

- a) kéziszerszámokon és hordozható biztonsági transzformátorokon évente;
- b) az összekötő és felhasználói berendezésekről, valamint a potenciálisan robbanásveszélyes közegben működő villamos berendezésekről és védelmi rendszerekről szóló rendelet (a továbbiakban: Villamos Műszaki Biztonsági Szabályzat rendelet) szerinti lakóépület, kommunális épület és egyéb épület villamos berendezésein hatévente;
- c) azon villamos berendezésrészen, amelyre a fentiek szerint nincs külön gyakoriság előírva, az érintésvédelmi szabványossági felülvizsgálat alkalmával, annak bevezető részeként háromévente.

Az időszakos ellenőrző felülvizsgálatot – a Villamos Műszaki Biztonsági Szabályzat rendelet hatálya alá tartozó villamos berendezések kivételével – szabványossági felülvizsgálattal rendszeresen, legalább háromévente kell elvégezni a munkahelynek minősülő helyen.

**7. Mit kell tartalmaznia a vizsgált berendezés vizsgálati eredményeinek írásbeli dokumentációjának?**

**Válasz:**

**A vizsgált berendezés vizsgálati eredményét írásban kell dokumentálni, amely tartalmazza:**

- a) hogy a felülvizsgálat mely berendezésre terjedt ki;
- b) a vizsgálatot végző felelős személy nevét és az érintésvédelmi szabványossági felülvizsgálói vizsgabizonyítványának számát;
- c) hogy milyen ok miatt került sor a vizsgálatra;
- d) hogy mikor végezték a vizsgálatot és

- e) az irat végén a hitelesítést, amely a dátumot és a vizsgálatot végző aláírását foglalja magába.

Az érintésvédelmi szerelői ellenőrzésről és a villamos üzemi próba eredményéről készülő iratnak a felsoroltakon kívül tartalmaznia kell legalább a vizsgált berendezés minősítését, amely lehet megfelelő, vagy nem megfelelő.

#### **8. Ki végezhet érintésvédelmi felülvizsgálatot?**

**Válasz:**

Érintésvédelem felülvizsgálatát csak az végezheti, aki erősáramú előképzettséggel rendelkezik, és legalább 3 év gyakorlati időt töltött el a szakmában. Elvégezte az érintésvédelmi felülvizsgáló tanfolyamot és ott sikeres vizsgát tett. Rendelkezik OKJ-s érintésvédelem felülvizsgálója bizonyítvánnyal.

## 6. Hatósági ellenőrzés során követendő magatartás, beavatkozási kötelezettség esetei

A munkahelyek döntő többsége kiefeszültségű hálózaton üzemel. A felügyelők feladata, hogy a dokumentumokban leírt szabályok megvalósulását ellenőrizzék. A szabályok készítésénél a szolgáltatók minden esetben az érvénybe lévő szabványokat használják. Ezekkel nem árt, ha mi is tisztában vagyunk, mielőtt belekezdzenék egy helyszíni ellenőrzésbe, vagy balesetvizsgálatba, de még így is lesznek benne olyan információk, vagy szituációk ami újdonság lesz számunkra. Az általános tapasztalat az, hogy a villamos munkabiztonság területén történnek a szabálytalanságok leginkább és nem a hibás villamos ipari technológiák alkalmazása során következnek be balesetek.

Az ipar más területein, ahol villamos energiával működő gépeket berendezéseket használnak az ellenőrzést végző felügyelőknek sok mindenben hasonló, de mégis más szabályokat és magatartásformát kell betartaniuk.

Alapszabály most is az, hogy **nem szabad semmilyen villamos energiával működő, vagy üzemben kívül lévő géphez, berendezéshez, lógó, vagy szigetelő szalaggal javított vezetékhez hozzányúlni!**

Szemmel is nagyon sok mindent meg lehet állapítani!

### Néhány példa:

- Ha horpadt, törött, sérült villamos eszközöket látunk, már is gondolhatunk arra, hogy érintésvédelmi hiányosságok vannak az eszközökön.
- A fémtestű készülékek villás dugóját, csak földelt aljzatba lehet csatlakoztatni, csak három eres szabályos hosszabbítót lehet használni.
- Ha a csatlakozóvezetékek sérültek, repedtek kilátszanak a vezető erek, vagy szigetelőszalaggal körbetekkerik a vezetékeket stb., akkor tudjuk már, hogy nem teljesülnek az érintésvédelmi követelmények.

Ezeket az eseteket szemmel is gyorsan és könnyen észrevehetjük. **Áramütés elleni védelem megvalósításának elmaradása, vagy megvalósulásának hiányossága, vagy a túláram védelem hiánya esetén általában indokolt az ideiglenes/azonnali intézkedés.**

Motorok túlmelegedés elleni védelmének hiánya esetén vizsgálni kell az esetleges veszélyeztetés nagyságát, és ez alapján kell megtenni a szükséges intézkedést.

A tápfeszültség kimaradása vagy csökkenése és az ezt követő visszatérése elleni védelem hiánya esetén szintén vizsgálni kell az esetleges veszélyeztetés nagyságát, és ez alapján kell megtenni a szükséges intézkedést.

Az egyenpotenciálú összekötés kapcsán ellenőrizni kell a fent felsorolt feltételek teljesülését. Hiányosság esetén határidős kötelezéssel kell intézkedni a munkáltató felé.

A villamos berendezések felügyelői ellenőrzésével kapcsolatban, általánosságban elmondható, hogy a munkaterületen tapasztalt, főképpen súlyos hiányosságok esetén indokolt a munkáltatótól elkérni a kiefeszültségű erősáramú villamos berendezések érintésvédeleméről készült ellenőrző felülvizsgálat, vagy az időszakos ellenőrző felülvizsgálat jegyzőkönyvét, valamint a munkáltató kockázatértékelését.

A fenti iratokból mélységében tárható fel a munkaterületen feltárt hiányosság, amely indokolt esetben súlyosbító tényezőként is jelentkezhet a felügyelő intézkedése során.

Az elektrosztatikus kisülés jelenléte is indokoltá teszi az azonnali intézkedést. Ebben az esetben a dokumentált mérési eredmények is adhatnak tájékoztatást a jelenség meglétéről. Amennyiben nincs ilyen információ, úgy ellenőrizni kell a ruházat anyagát, az elektrosztatikus kisülések ellen viselendő egyéni védőeszközök (csuklóvédő, kötény stb.) viselését, kiosztását, ill. ezek bekötését a munkaállásba, vagy az járófelület milyenségéről szerezzünk be információt (pl.: disszipatív-e, elektrosztatikusan vezető-e a járófelület).

### **Nagyfeszültségű telephelyek ellenőrzése**

Hatósági ellenőrzéseknél mindig törekedjük arra, hogy a villamos energiát előállító (erőmű), továbbító, vagy transzformáló egységekben (kapcsolóállomás, transzformáló állomás) egyedül kísérő nélkül soha ne közlekedjünk.

Belépéskor kérjünk munkavédelmi oktatást, (ha nem ad a munkáltató magától) a villamos területre, vagy az adott térre (pl.: kapcsolótér).

Ne hagyjuk el a kijelölt közlekedési útvonalakat. A vizsgált villamos energiával működő gépeket, berendezéseket, soha ne érintsük, meg és ne közelítsük meg az ismeretlen nagyfeszültség miatt (áthúzás, biztonsági távolságok!). Kísérőnek mindig villamos képzettségű szakembert kérjünk magunk mellé, vagy az egység vezetőjét, aki ismeri a területet, és aki kérdéseinkre válaszolni tud.

A villamos energiával foglalkozó ipari üzemek speciális és a helyi sajátosságokra legjellemzőbb villamos munkabiztonsági intézkedéseket, szabályzatokat készítenek maguk számára.

**Az ellenőrzést végző felügyelőnek tilos villamos méréseket végezni, vagy javaslatot tenni villamos műszaki megoldásokra!**

## 7. Villamos munkabalesetek

Két megtörtént halálos munkabalesetet fogunk bemutatni.

### 7.1. Első munkabaleset

Egy villamos energiát előállító és szállító vállalatnál a munkavállalók egy részének feladata volt, hogy a kapcsoló termekben elhelyezett megszakító cellákat takarítsanak. Az alábbi fotón a cella belső képe átható.



A takarítási tevékenység abból állt, hogy a cellából kihúzott megszakító kocsit (alábbi fényképen látható) porszívó segítségével portalanították.



A munkavállalók feszültségmentes munkavégzés céljából érkeztek a munkaterületre, ahol tájékoztatták őket, hogy az egyik cella feszültségmentesítését nem tudták elvégezni. A munkáltató emiatt a biztonságos munkavégzés megvalósítása érdekében munkafelügyelőt biztosított, aki elmondta a feladat végrehajtására oda delegált munkavállalóknak, hogy nem történt meg a feszültségmentesítés teljes mértékben. A csoport munkavezetője tájékoztatta telefonon a vezetőjét arról, hogy nem történt meg a feszültségmentesítés, aki csak arra utasította a helyi vezetőt, hogy a feszültség alatt lévő cellát ne taka-

rítsák, sem a munkavégzés megtagadására, sem a munkaterület lehatárolására nem adott utasítást. A munkáltató a szabványban foglaltaknak megfelelően a kinevezett felügyelővel biztosítottak és elegendőnek tekintette a területet a villamos munkabiztonság szempontjából.

A cella előtti megszakító takarítása közben a cellának háttal álló munkavállaló a lábával, egyéb testrészével a közelítési övezetbe behatolt és ekkor a keletkező villamos ív és a munkavállaló által „képződött áramkör” záródott föld felé. A cellában 6 kV feszültség volt fázis síneken. A baleset helyszínét az előbbi fényképek mutatják.

**A munkabaleset során az alábbi megállapítások születtek (nem történt volna meg az esemény, ha...):**

- Nem gondoskodtak körülhatárolásról. A cellás berendezések esetén szabvány írja elő, hogy a cellákban elhelyezett feszültség alatt álló villamos berendezések véletlen érintését meg kell gátolni. A jelölések mellett a munkába veendő villamos berendezéssel szomszédos - feszültség alatt állónak tekintendő – cellákat úgy kell elzárni, hogy az azokba való téves behatolás vagy a bennük elhelyezett készülékek véletlen érintése, véletlen kapcsolása gyakorlatilag ne legyen lehetséges.
- A védelmet a védőtávolság betartása és felügyelet biztosítása jelenti, akkor kidolgozott feltételrendszernek kell lenni a személyzet kiválasztására, a munkavégzés végrehajtására, illetve kidolgozott eljárással kell rendelkezni a feszültség alatti munkavégzés övezetébe való bejutás megakadályozására a munkavégzés időtartama alatt. Ilyen eljárásokat, feltételrendszereket nem tartalmazott a munkáltató által készített technológiai utasítás, és a munkáltató sem gondoskodott az eredetileg meghatározott munkavégzési körülmények megváltozása során maradéktalanul feszültségközeli munkavégzés biztonsági szabályainak betartására. Egyéni védőeszközök biztosítása, kollektív védelem (pajzs) elhelyezése (lásd alábbi fénykép)



Mivel a munkavállalók a feszültség-közeli övezetbe való behatolást biztonságosan nem tudták elkerülni, így munkavégzésük feszültséghez közeli munkavégzésnek minősül a vonatkozó MSZ 1585:2016 szabvány értelmében.

- Az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés követelményei megvalósításának módját - a jogszabályok és a szabványok keretein belül - a munkáltató határozza meg. Ezt az Munkavédelmi törvény szabályozza, de ez megegyezik a vonatkozó szabvánnyal.

## **Az általános előírások szerint:**

### **Az Mvt. 18. § (1) bekezdése és a 40. § (1) bekezdése alapján:**

*„Munkahely, létesítmény, technológia tervezése, kivitelezése, használatba vétele és üzemeltetése, továbbá munkaeszköz, anyag, energia, egyéni védőeszköz előállítása, gyártása, tárolása, mozgatása, szállítása, felhasználása, forgalmazása, importálása, üzemeltetése a munkavédelemre vonatkozó szabályokban meghatározott, ezek hiányában a tudományos, technikai színvonal mellett elvárható követelmények megtartásával történhet.”*

*„A munkafolyamatot, a technológiát, a munkaeszközt, az anyagot úgy kell megválasztani, hogy az sem a munkavállalók, sem a munkavégzés hatókörében tartózkodók egészségét és biztonságát ne veszélyeztesse”*

A munkaeszközök és használatuk biztonsági és egészségügyi követelményeinek minimális szintjéről szóló **10/2016. (IV. 5.) NGM rendelet 4. § c) bekezdése szerint:**

*„A munkaeszközt úgy kell kialakítani és elhelyezni, hogy biztosítsa a munkavállaló és a munkavégzés hatókörében tartózkodó védelmét az áramütés ellen mind üzemszerű körülmények, mind meghibásodás esetén.”*

### **Feszültség közeli munkavégzés feltételei a speciális előírások alapján nem teljesültek!**

Minden olyan munka annak számít, ahol a munkát végző személy testrészeivel, szerszámmal, vagy más tárggyal a feszültség alatti munkavégzés övezetének érintése nélkül behatol a közelítési övezetbe. Ide tartozik az is, hogy a munkát végző személy a szokásos körületek mellett nem tudja a közelítési övezetbe való behatolást biztonságosan elkerülni.

Ha a munkát végző személy a munkával kapcsolatos közlekedés során, vagy nem szándékos mozdulattal behatol a közelítési övezetbe, a ruházat zsebeiben ne legyenek vezetőképes, zárlatot okozható tárgyak oly módon elhelyezve, hogy azok a munka során várható mozgások következtében a zsebekből kihullhassanak.

A feszültséghez közeli munkavégzést váltakozó áram esetében 50 V-nál nagyobb feszültségű aktív részek közelében csak akkor szabad folytatni, amennyiben a biztonsági intézkedések megakadályozzák a feszültség alatt álló részek érintését vagy a feszültség alatti munkavégzés övezetének elérését.

Az aktív részek közelében a villamos veszély elhárítására védőrácsot, védőfedést, burkolatot vagy szigetelőborítást lehet használni. Ha az előző védelmi módok nem alkalmazhatóak, akkor a védelmet az aktív részekről DL-nél nagyobb védőtávolság tartásával kell biztosítani, és ha szükséges és felügyeletről kell gondoskodni. A munkahely közelében lévő feszültség alatt álló villamos berendezést körül kell határolni.

A feszültségmentesített rész körülhatárolását mindig úgy kell végezni, hogy még a határvonal érintése se legyen feszültség alatti tevékenységnek tekinthető. A körülhatárolás végezhető: tényleges körülzárással, védőfedéssel, jelképes (pl. szalagból készült) körülkerítéssel.

A cellás berendezés esetén a jelölések mellett a munkába veendő villamos berendezéssel szomszédos - feszültség alatt állónak tekintendő – cellákat el kell elzárni olyan formán, hogy az azokba való téves behatolás vagy a bennük lévő villamosan aktív részek véletlen érintése, vagy véletlen kapcsolása meg

legyen gátolva jelen esetben a védelmet a védőtávolság betartása és a felügyelet biztosítása jelentette, akkor a munkavégzési módszer tartalmaznia kellett volna:

- legalább  $D_L$  nagyságú védőtávolságot kell biztosítani a munkavégzés jellegének és a villamos berendezés névleges feszültségének figyelembevételével,
- kidolgozott feltételrendszert a személyzet kiválasztására a munkavégzés végrehajtásához,
- kidolgozott eljárást a feszültség alatti munkavégzés övezetébe való bejutás megakadályozására a munkavégzés időtartama alatt.

A fentiek alapján látható, hogy a karbantartási, tisztítási műveletet az elosztóhelyiségben a 6 kV feszültségű aktív részek közelében végezték a munkavállalók anélkül, hogy megfelelő, hatékony védőintézkedéseket tettek volna annak érdekében, hogy a művelet a veszélyes téren kívülről elvégezhető legyen.

A fent leírt szabálytalanságokkal összességében megsértették az **MSZ 1585: 2016 Villamos berendezések üzemeltetése szabvány 3.4.5.; 3.4.5.101.; 4.6.102.1.; 6.4.1.2.; 6.4.1.3.; 6.4.1.3.101.; 6.2.6.101.; 6.4.1.6.101.; 6.4.3.;** pontjainak előírásait.

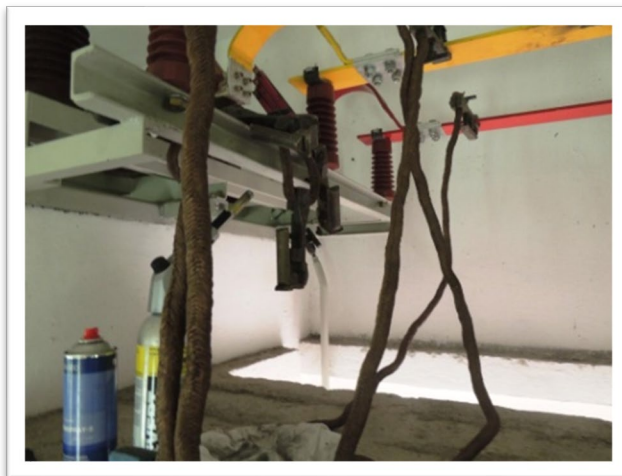
## 7.2. Második munkabaleset

A munkáltató munkaterületén egy 132/22 kV alállomáson tervezett karbantartási tevékenységre érkezett 4 fős karbantartást végző munkacsoport. A tervezett munkavégzés szerint a feladat az volt, hogy a 20 kV-os belső kapcsolótérben az egyik cella belső, felső fázisvezető gyűjtősínjeiről a közdarabokat kiszereeljék. (fázisvezető sínek, kapcsoló fényképe az alábbiakban)



A tervezett karbantartási munkavégzéshez az alállomási kapcsolószolgálattól feszültségmentesítést követően, munkaterület átadás-átvételi lapon dokumentált módon munkaterületet kaptak. A munkavégzés során a munkaterület átadás-átvételi lapon foglaltak alapján az egyik munkavállaló szerelési felügyelettel lett megbízva. A tervezett karbantartási feladatot - belső gyűjtősínről a közdarab kiszerelése – a munkacsoport rendben elvégezte. Ezt követően a kapcsolószolgálat vezető elektrikus munkavezetője visszavette a munkaterületet a munkaterület átadás-átvételi lapon szereplők szerint. A következő, szintén tervezett karbantartási munkafeladat elvégzéséhez – a külső gyűjtősínről történő közda-

rab kiserelése – szükséges feszültségmentes munkaterület biztosításához a kapcsolószolgálat megkezdte a szükséges kapcsolásokat/műveleteket. A kapcsolások során, a belső gyűjtősínen maradt munkahelyi földelő-rövidrezáró zárlatot okozott. (rövidre záró védőföldelés fényképe az alábbiakban)



A zárlat következtében kialakult üzemzavar megszüntetését a kapcsolószolgálat megkezdte, amelyhez szükséges kapcsolásokat elvégezték. A zárlat során, a belső gyűjtősínen lévő gyűjtősín bontó meghibásodott, távműködtetéssel nem működött. A meghibásodás miatt javítására, karbantartására volt szükség. A javítás, meghibásodás elhárítása miatt (a szakaszoló érintkezőinek javítása, felcsiszolása, parafinozása) a belső, felső gyűjtősín úgynevezett köztes szakaszának feszültségmentesítésére volt szükség. A kapcsolószolgálat a szükséges kapcsolási műveletek elvégzése után feszültség mentesítette a gyűjtősín köztes szakaszát és elvégezte a földelést, rövidre zárást is, azonban a vonatkozó szabvány előírásával ellentétben (valamint a szabvány alapú belső utasítását figyelmen kívül hagyva) a közeli, aktív részek elleni védelem (a feszültségmentes munkavégzés öt biztonsági műveletének 5. pontja) nem került kialakításra. A feszültségmentesített rész körülhatárolását nem végezték el és a földelő-rövidrezáró kábel jelölte ki a határt. Tényleges körülzárás, védőfedés, jelképes körülkerítés (pl. szalagból készült), határszerelvények (pl. táblával, zászlóval való) megjelölés nem volt. A gyűjtősín bontó szakaszoló tényleges javítását a munkaterület átadás-átvételi dokumentumon szerelési felügyelettel megbízott munkavállaló végezte el. A javítási munka elvégzése során a munkavállaló nem tudta ellátni szerelési felügyelői feladatait, helyette más munkavállalót nem tudtak és nem is neveztek ki a szerelési felügyelet ellátására.

A munkavállaló a földemen állva végezte munkáját, távolsága a feszültség alatt álló gyűjtősín bontótól a következő volt: zöld fázisvezetőn lévőől 1,78 méter, sárga fázisvezetőn lévőől 1,71 méter, piros fázisvezetőn lévőől 1,76 méter. A helyszíni rekonstrukció alapján megállapítást nyert, hogy a munkavállaló a gyűjtősín bontó karbantartása, javítása során feszültségmentes környezetben végezte a munkáját. A javítás végeztével a feladatot készre jelentette, majd megkezdte a köztes gyűjtősíneken lévő munkahelyi földelők, rövidrezárók eltávolítását. A munkavállaló annak ellenére kezdte meg és végezte a földelők, rövidrezárók eltávolítását, hogy az tényleges feladata lett volna, ezt a kapcsolószolgálatnak kellett volna elvégeznie. A három fázisvezetőről a földelőket, rövidrezárókat leszerelte, amely művelet során behatolt a feszültség alatti rész biztonsági közelítési övezetébe (20kV esetén 1500mm), ahol már a feszültség közeli munkavégzés szabályai voltak érvényesek. A földelő, rövidrezáró földelési pontjáról is le akarta a földelő, rövidrezáró vezetékét szerelni, – a földelési pont a feszültség alatt lévő gyűjtősín bontó zöld fázisvezetője alatt 0,97 méter távolságra volt – amely munkaművelet során a gyűjtő-

sín bontó fázisvezetőjén lévő 20kV feszültség alatt lévő nyitott sínbontó szakaszoló, mozgó érintkezőjéhez ért jobb vállával, lapockájával és áramütést szenvedett. A bekövetkezett áramütés következtében munkavállaló a helyszínen életét veszítette.

#### **A szabálytalanságokkal megsértett előírások:**

- **Az Mvt. 18. § (1) bekezdése és a 40. § (1) bekezdése, amelyek szerint:**

*18. § (1) „Munkahely, létesítmény, technológia tervezése, kivitelezése, használatba vétele és üzemeltetése, továbbá munkaeszköz, anyag, energia, egyéni védőeszköz előállítása, gyártása, tárolása, mozgatása, szállítása, felhasználása, forgalmazása, importálása, üzemeltetése a munkavédelemre vonatkozó szabályokban meghatározott, ezek hiányában a tudományos, technikai színvonal mellett elvárható követelmények megtartásával történhet.”*

*40. § (1) „A munkafolyamatot, a technológiát, a munkaeszközt, az anyagot úgy kell megválasztani, hogy az sem a munkavállalók, sem a munkavégzés hatókörében tartózkodók egészségét és biztonságát ne veszélyeztesse.”,*

- **A munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjéről szóló 3/2002 (II.8.) SzCsM-EüM együttes rendelet 2. § (3) bekezdésének c) és d) pontjai, amelyek szerint:**

*„(3) A munkáltató felelős azért, hogy [...]*

*c) a munkavállalók és a munkavégzés hatókörében tartózkodók védve legyenek a közvetlen vagy közvetett érintés okozta villamos baleseti veszélyekkel szemben;*

*d) az anyagok és a védőberendezések a feszültségre, a munkavégzési körülményekre és a villamos berendezéseket használó munkavállalók szakképzettségére figyelemmel kerüljenek megválasztásra.”*

- **A villamos berendezések üzemeltetése (EN 50110-1:2013 és nemzeti kiegészítései) MSZ 1585:2016 szabvány következő pontjai:**

#### **6.2. pont Feszültségmentes munkavégzés**

**6.2.1. pont szerint:** a feszültségmentesítés során a következő öt alapvető követelményt kell teljesíteni az itt meghatározott sorrendben:

- teljes körű leválasztás;
- visszkapcsolás elleni védelem;
- a villamos berendezés feszültség nélküli állapotának ellenőrzése;
- földelés és rövidre zárás végrehajtása;
- a közeli aktív részek elleni védelem biztosítása.

#### **6.2.6. pont A közeli aktív részek elleni védelem**

Ha a munkavégzés helyének közelében a villamos berendezésnek vannak olyan részei, amelyeket nem lehet feszültségmentesíteni, akkor a munka megkezdése előtt különleges kiegészítő óvintézkedéseket kell tenni.

**6.2.6.101. pont szerint:** a feszültségmentesített rész körülhatárolását mindig úgy kell végezni, hogy még a határvonal érintése se legyen feszültség alatti tevékenységnek tekinthető. A körülhatárolás végezhető: tényleges körülzárással, védőfedéssel, jelképes (pl. szalagból készült) körülkerítéssel.

### **3.4.5. pont** Feszültség közeli munkavégzés

Minden olyan munka, amely során a munkát végző személy testrészével, szerszámmal, vagy más tárggyal a feszültség alatti munkavégzés övezetének érintése nélkül behatol a közelítési övezetbe.

**3.4.5.101. szerint** feszültség közelében végzett munkának minősül az a munka is, amelynek során a munkát végző személy a szokásos körütekintés mellett nem tudja a közelítési övezetbe való behatolást biztonságosan elkerülni.

### **6.4. pont** Feszültséghez közeli munkavégzés

**6.4.1.2. pont** szerint feszültséghez közeli munkavégzést váltakozó áram esetében 50 V-nál nagyobb feszültségű aktív részek közelében csak akkor szabad folytatni, amennyiben a biztonsági intézkedések megakadályozzák a feszültség alatt álló részek érintését vagy a feszültség alatti munkavégzés övezetének elérését.

**6.4.1.3. pont** szerint az aktív részek közelében a villamos veszély elhárítására védőrácsot, védőfedést, burkolatot vagy szigetelőborítást lehet használni. Ha az előző védelmi módok nem alkalmazhatóak, akkor a védelmet az aktív részekről DL-nél nagyobb védőtávolság tartásával kell biztosítani, és ha szükséges, megfelelő felügyeletről kell gondoskodni.

**6.4.1.3.101. pont** szerint a munka megkezdése előtt a munkába veendő részt feszültségmentesíteni kell; illetve, ha a feszültséghez közeli munkavégzés nem villamos berendezésen vagy még az első bekapcsolásra nem került villamos berendezésen történik, akkor a munkahely közelében lévő feszültség alatt álló villamos berendezést a 6.2.6.101. szakasz szerint körül kell határolni.

### **6.4.3. pont** Védelem védőtávolság betartásával és felügyelet biztosításával

Ha a védelmet a védőtávolság betartása és a felügyelet biztosítása jelenti, akkor a munkavégzési módszer tartalmazza

- legalább  $D_L$  nagyságú védőtávolságot a munkavégzés jellegének és a villamos berendezés névleges feszültségének figyelembevételével;
- kidolgozott feltételrendszert a személyzet kiválasztására a munkavégzés végrehajtásához;
- kidolgozott eljárást a feszültség alatti munkavégzés övezetébe való bejutás megakadályozására a munkavégzés időtartama alatt.

### **Összefoglalva:**

- **Nem valósult meg a szabályos feszültségmentes munkavégzés és a szabályos feszültség közeli munkavégzés sem!**
- **A közeli aktív részek elleni védelemre intézkedni kell!**

Ha a munkavégzés helyének közelében a villamos berendezésnek vannak olyan részei, amelyeket nem lehet feszültségmentesíteni, akkor a munkamegkezdése előtt különleges kiegészítő óvintézkedéseket kell tenni.

**Nevezetesen:** a feszültségmentesített rész körülhatárolását mindig úgy kell végezni, hogy még a határvonal érintése se legyen feszültség alatti tevékenységnek tekinthető. A körülhatárolás lehetséges formái: tényleges körülzárással, védőfedéssel, jelképes (pl. szalagból készült) körülkerítéssel.

### **Szerelési felügyelő jelenléte és feladata**

A szerelési felügyeleti munka ellátására a berendezés üzemeltetője ad megbízást. A megbízás alapján a szerelési felügyelő a munkaterületet az üzemeltető feszültségmentesítést végző személyzetétől veszi át.

A szerelési felügyelő a munkavégzés előtt tájékozódik az üzemállapotról, a tervezett munkáról és a feszültségmentesített berendezés pontos megnevezéséről, a munkaterület behatároltságáról, a munkát végzők létszámáról. A szerelési felügyelő ellenőrzi, hogy a munkaterület alkalmas-e a biztonságos munkavégzésre, a feszültségmentesítés megtörtént-e, a feszültség alatt lévő berendezések esetében a megközelítési távolság betartható-e, hogy minden dolgozó alkalmas-e a munkavégzésre, és hogy az adott munkára kitöltött munkaterület átadás-átvételi lapot minden dolgozó aláírásával ellátta-e. Ezután az üzemeltető feszültségmentesítést végző személyzete a helyszínen átadja a - kijelölt és/vagy elhatárolt - munkaterületet a szerelési felügyelő és a munkacsoport vezető részére.

#### **A szerelési felügyelő üzemeltetési feladata a munkavégzés alatt.**

A szerelési felügyelő a munkavégzés alatt a következő üzemeltetési feladatokat látja el:

- Folyamatosan ellenőrzi, hogy az üzemi helyzetben nem állt-e elő olyan változás, amely veszélyeztetné a munkavégzés biztonságát
- Folyamatosan figyelemmel kíséri, hogy a munkavégzők a munkavégzés során ne veszélyeztessék az üzemi berendezéseket és az üzem, zavartalan folytonosságát
- Ügyel arra, hogy a dolgozók csak a kijelölt munkaterületen tartózkodjanak és csak a kijelölt közlekedési utakat használják,
- Ügyel arra, hogy az üzemelő berendezések ne jelentsenek veszélyt a munkaterületen dolgozókra,
- Folyamatosan ügyel arra, hogy a munkák alatt a dolgozók se testükkel, se szerszámmal, valamint azzal az anyaggal, amivel dolgoznak, ne kerüljenek a feszültség alatt álló berendezés veszélyes közelségébe.

A munkavégzés alatt a munkahelyről eltávozni csak a szerelési felügyelő engedélyével lehet. Amennyiben az üzem állapotában üzemzavar következtében változás áll be, a szerelési felügyelő kötelessége a munkacsoportjával a feszültségteret elhagyni és ezt az üzemeltető megbízottjának jelenteni. A munka újbóli elkezdését, csak az üzemeltető megbízottjának engedélyével, a megváltozott üzemi helyzet részletes ismerete és ismertetése után szabad és új munkaterület átadás-átvételi lapot kell kiállítani.

Amennyiben a szerelési felügyelő a felügyeleti tevékenységében akadályoztatva van például rosszul-lét, akkor a munkát haladéktalanul be kell fejezni, a munkaterületről le kell vonulni.

A munkavégzés befejeztével a szerelési felügyelő rögzíti a tényt a munkaterület átadás –átvételi lapon az összes dolgozók aláírásával, ellenőrzi, hogy valamennyi dolgozó elhagyta-e a munkaterületet, majd megállapítja, hogy a berendezés üzembevitelre alkalmas-e (pl.: nem maradt-e a munkaterületen szerszám, kivitelező által elhelyezett munkahelyi földelés vagy egyéb anyag), felhívja a figyelmet, hogy a munka készre jelentése után a berendezést feszültség alatt állónak kell tekinteni. Mind a két esetben a munkáltató a (EN 50110-1:2013 és nemzeti kiegészítései) **MSZ 1585:2016 szabvány és a FAM BSZ** szerint szabályozta tevékenységét írásban (ezekre a tevékenységekre). Azonban a gyakorlatban egy-két villamos ipari szolgáltatót leszámítva még mindig a sok évtizedes régi gyakorlatot alkalmazzák, nevezetesen „majd elmondom”, „majd átadom”, „azt én tudom, mert ismerem a helyet”, vagy „nekem így mondta Jani bácsi, hogy így csináljam” stb.

**A másik súlyos hiányosság,** az információk elmaradása, a kommunikáció hiánya. Példának okáért az egyik vizsgálat során be kellett mennünk egy nagyfeszültség alatt álló elosztóhelyiségbe. Szabvány szerint oktatni kell minden belépőt, de ennek minősége és időtartama egy-két perc volt csak. Ez alatt lehetetlen megfelelő információval ellátni a belépőket.

## 8. A munkavédelmi hatóság ellenőrzési jogosultságának tárgyköre

### A munkavédelmi hatóság jogosult:

A közigazgatási hatósági ellenőrzés során a **munkavédelmi hatóság az Mvt. 84. § (1) alapján, jogosult például:**

- b) valamennyi munkahelyen - külön engedély nélkül - **ellenőrzést tartani**;
  - c) a munkabaleseteket - kivéve a közúti közlekedéssel kapcsolatosakat - és a fokozott expozíciós eseteket - a munkáltató ez irányú felelősségét nem érintve - **kivizsgálni**;
  - d) a **munkáltatót felhívni** az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés követelményeinek teljesítésére;
  - e) a munkáltatót a feltárt **hiányosságok** meghatározott határidőn belül történő **megszüntetésére kötelezni**;
  - f) az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzésre vonatkozó előírások súlyos megszegésével foglalkoztatott **munkavállalót a kifogásolt munkavégzéstől eltiltani**;
  - g) a munkavállaló egészségét, testi épségét fenyegető veszély esetén, határértéket meghaladó expozícióban, rákkeltő, mutagén, teratogén hatású veszély előfordulásakor - annak elhárításáig -, vagy nem megfelelő védelmet nyújtó védőeszköz használatakor a veszélyes tevékenység, illetve üzem, üzemrész működésének, munkaeszköz, egyéni védőeszköz, veszélyes anyag vagy keverék használatának **felfüggesztését elrendelni**;
  - j) a munkaeszköz és egyéni védőeszköz működését, **használatát felfüggeszteni**, ha az nem rendelkezik a 18. § (3)-(4) bekezdésében meghatározott okirattal;
  - l) a munkahelyen tartózkodó személytől az ellenőrzéshez szükséges **felvilágosítást kérni**, valamint az ilyen személyt személyi azonosságát igazolására felhívni;
  - m) az ellenőrzés lefolytatásának akadályozása esetén a **rendőrség igénybevételére**;
- (4) A munkavédelmi hatóság a tényállás alapján jogosult a munkáltató és a munkahelyen munkát végző személy közötti munkavégzésre irányuló - az ellenőrzés megkezdésekor, illetőleg baleset bekövetkezése esetén a baleset időpontjában fennálló - **jogviszonyt szervezett munkavégzésnek minősíteni**. A minősítéshez a munkáltatóként eljárás alá vontnak rendelkezésre kell bocsátania mindazokat a bizonyítékokat, amelyek alapján megállapítható, hogy a részére végzett munka nem tartozik a szervezett munkavégzés (87. § 9. pont) körébe.
- (5) Olyan munkahelyen, ahol különböző munkáltatók munkavállalókat egyidejűleg foglalkoztatnak, és a munkavédelmi ellenőrzés eredményeként valamely munkáltató nem azonosítható, a (4) bekezdés vonatkozásában az ellenkező bizonyításáig **vélelmezni** kell, hogy az érintett munkavállalók munkáltatója az, aki a tevékenységet a munkahelyen ténylegesen irányítja, ennek hiányában, aki a munkahelyért a fő felelősséget viseli, ha ilyen nincs, akkor az, akinek a területén a munkavégzés folyik.
- (6) A munkavédelmi hatóság a helyszíni ellenőrzés során készített jegyzőkönyv egy példányát a munkáltatónak, távollétében a munkavédelmi hatóság által készített feljegyzést a munkáltató részéről jelen lévő személynek átadja.
- (7) A munkavédelmi hatóság által a helyszíni ellenőrzésen közölt **adatszolgáltatásra való felhívást** a jegyzőkönyvben rögzíteni kell.

82. § (1) A munkavédelmi hatóság munkavédelmi bírságot alkalmaz az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzésre vonatkozó követelmények teljesítését elmulasztó, és ezzel a munkavállaló életét, testi épségét vagy egészségét súlyosan veszélyeztető munkáltatóval vagy a 40. § (2) bekezdésében meghatározott összehangolási kötelezettség megvalósításáért felelős személlyel vagy szervezettel szemben.

- (2) A munkavállaló életét, testi épségét vagy egészségét súlyosan veszélyezteteti különösen
- a) a 21. §-ban meghatározott feltételek szerinti munkavédelmi üzembe helyezés elmulasztása;
  - b) a 23. § (1) bekezdésében meghatározott időszakos biztonsági felülvizsgálat elmulasztása;
  - c) a 23. § (2) bekezdésében meghatározott soron kívüli ellenőrzés elmulasztása;
  - d) az 54. § (2) bekezdésében meghatározott kockázatértékelés elmulasztása;
  - da) a foglalkoztatáspolitikáért felelős miniszter rendelete szerinti legmagasabb veszélyességi osztályba tartozó munkáltató esetében, valamint
  - db) az egyes veszélyforrások hatásának kitett munkavállalók védelméről szóló külön jogszabályokban előírt esetekben, amely megvalósul különösen a kockázatértékelés keretében szükséges expozícióbecslés/-mérés hiányában;
  - e) a szükséges biztonsági berendezések, egyéni védőeszközök működésképtelensége, illetve hiánya;
  - f) a munkavégzés 40. § (2) bekezdése szerinti összehangolási kötelezettségének elmulasztása;
  - g) a veszélyes munkahelyen, veszélyes munkaeszkővel, vagy veszélyes technológiai folyamatban végzett munka esetére - ideértve a külön jogszabályban meghatározott veszélyforrásokkal járó munkaköröket, sérülékeny csoportot - előírt munkaköri alkalmassági vizsgálatok, biológiai monitorozás elmulasztása;
  - h) a külön jogszabályok szerint előírt foglalkoztatási tilalom megszegése;
  - i) a megengedett értéket meghaladó expozícióban történő foglalkoztatás a szükséges védelem hiányában; továbbá
  - j) a rákkeltő expozícióval járó tevékenység esetére a külön jogszabály által előírt mérések elmulasztása;
  - k) a veszélyes munkahelyen, veszélyes munkaeszkővel vagy veszélyes technológiai folyamatban végzett munka esetére a munkavédelemre vonatkozó szabályban előírtnál kevesebb munkavállalói létszám foglalkoztatása.

## Munkavédelmi bírság

- (3) A munkavédelmi bírság összege **100.000,- Ft-tól 100.000.000,- Ft-ig** terjedhet.
- (4) A munkavédelmi hatóság a munkavédelmi bírságot telephelyenként szabja ki, amennyiben az azonos időben lefolytatott eljárás során megállapítást nyer, hogy az (1) bekezdésben leírt veszélyeztetést ugyanazon jogszabályi rendelkezést megsértve a munkáltató több telephelyén valósítja meg.
- (5) A munkavédelmi bírságot a súlyos veszélyeztetést feltáró felügyelő javaslata alapján a munkavédelmi hatóság szabja ki.

A munkavédelmi hatóság a bírságot

- a) a veszélyeztetés mértékének,
- b) a veszélyeztetettek számának,
- c) a veszélyeztetés időtartamának, ismétlődő jellegének,
- d) a megsértett jogszabályi előírások számának,
- e) a veszélyeztetés várható következményeinek,
- f) a sérülés és az egészségkárosodás mértékének,

- g) a munkáltató vagy a 40. § (2) bekezdésében meghatározott összehangolási kötelezettséget elmulasztó személy vagy szervezet által foglalkoztatott munkavállalók számának és éves nettó árbevételének vagy mérlegfőösszegének,
- h) a határértékkel jellemzett kóroki tényezőkre megadott határérték túllépése mértékének, valamint
- i) a bírság kiszabására okot adó veszélyeztetés kialakulásához vezető egyéb mulasztás személyi és tárgyi körülményeinek mérlegelésével szabja ki.

(6) Az (1) bekezdés alapján kiszabott **pénzbírságot** a munkavédelmi hatóság kincstári előirányzat-felhasználási keretszámlájára **kell befizetni**.

## Közigazgatási bírság

82/D. § (1) A **munkavédelmi hatóság közigazgatási bírsággal sújtja** azt a természetes személyt, aki a szervezett munkavégzés során:

- a) a munka egészséges és biztonságos végzésére, illetve annak ellenőrzésére vonatkozó szabályokat megszegi vagy feladatkörében e szabályok végrehajtásának mellőzését eltűri,
- b) a munkabalesettel, fokozott expozíciós esettel kapcsolatos nyilvántartási, kivizsgálási, jegyzőkönyv készítési és bejelentési kötelezettségét kellő időben nem teljesíti, vagy valótlan adatot közöl, valamint a baleset, fokozott expozíciós eset valódi okát eltitkolja vagy feltárását akadályozza,
- c) a foglalkozási megbetegedéssel kapcsolatos adatszolgáltatási kötelezettségét nem teljesíti, valótlan adatot közöl, a foglalkozási megbetegedés valódi okát eltitkolja vagy kivizsgálását akadályozza, vagy
- d) a munkáltató képviselőjeként a munkavédelmi képviselő választásra vonatkozó szabályokat megszegi, a munkavédelmi képviselőt a munkavédelemre vonatkozó szabályban biztosított jogainak gyakorlásában akadályozza, vagy a munkavédelmi képviselővel szemben jogainak gyakorlása miatt hátrányos intézkedést tesz.

(2) Az (1) bekezdés alapján kiszabott közigazgatási bírság összege **ötszázezer forintig terjedhet**. A közigazgatási bírság egy eljárásban, ugyanazon kötelezettség ismételt megszegése vagy más kötelezettségsegség esetén ismételten is kiszabható.

(3) A honvédelemért felelős miniszter feladat- és hatáskörébe tartozó eljárások kivételével az (1) bekezdés a) pontjában meghatározott jogszabálysértés esetén közigazgatási szankcióként figyelemztetés nem alkalmazható.

(4) Az (1) bekezdésben meghatározott jogszabálysértés esetén a munkavédelmi hatóság a közigazgatási bírságot helyszíni bírságként is kiszabhatja.

## Határidők

83/D. § (1) A **munkavédelmi hatósági ellenőrzés határideje** negyvenöt nap

- a) a munkabalesetekkel, foglalkozási megbetegedésekkel és fokozott expozíciós esetekkel,
- b) a baleset munkabalesetnek minősítésével,
- c) a munkáltató és a munkahelyen munkát végző személy közötti munkavégzésre irányuló jogviszony szervezett munkavégzésnek történő minősítésével kapcsolatban.

(2) A munkavédelmi hatósági ellenőrzés határideje az (1) bekezdés által nem érintett esetekben 30 nap.

(3) A munkavédelmi hatóság hivatalbóli eljárásának ügyintézési határideje 60 nap.

## 9. A munkavédelmi hatóság hatáskörébe tartozó panaszok és közérdekű bejelentések

Kulcsszavak (meghatározások):

Panasztv., Panasz, Közérdekű bejelentés, Eljárásra jogosult szerv, Elérhetetlenség, Azonosíthatatlan személy,

### Bevezetés

Az Alaptörvény XXV. cikke az állampolgári szabadságjogok között sorolja fel a panasz, közérdekű bejelentés megtételéhez fűződő alkotmányos jogot: „Mindenkinek joga van ahhoz, hogy egyedül vagy másokkal együtt, írásban kérelemmel, panasszal vagy javaslattal forduljon bármely közhatalmat gyakorló szervhez ” Az idézett alkotmányos alapjogot **a panaszokról, a közérdekű bejelentésekről, valamint a visszaélések bejelentésével összefüggő szabályokról szóló 2023. évi XXV. törvény** (a továbbiakban: **Panasztv.**) tölti meg tartalommal, amely - a jogbiztonságot veszélyeztető jogi helyzet tisztázásán túl - arra hivatott, hogy támogassa a közérdekű bejelentőket, és megteremtse tényleges védelmüket.

Garanciális szabályt jelent az alapvető jogok biztosának központi szerepe. Az alapvető jogok biztos vizsgálhatja az állami szervek panasz- és közérdekű bejelentés kezelési gyakorlatát, A munkavédelmi és munkaügyi ellenőrzés szervezeti rendszerében a miniszter és a járási hivatalok önálló hatáskörben és felelősséggel látják el a panaszok és közérdekű bejelentések intézését, illetve döntenek a jogszabályi keretek között a kivizsgálás mellőzéséről

### Fogalom-meghatározások

A **panasz** olyan kérelem, amely egyéni jog- vagy érdeksérelem megszüntetésére irányul, és elintézése nem tartozik más - így különösen bírósági, közigazgatási - eljárás hatálya alá.

A **közérdekű bejelentés** olyan körülményre hívja fel a figyelmet, amelynek orvoslása vagy megszüntetése a közösség vagy az egész társadalom érdekét szolgálja.

Mind a panasz, mind a közérdekű bejelentés javaslatot is tartalmazhat.

Az **eljárásra jogosult szerv** az az állami szerv (államigazgatási szerv, önkormányzat, közintézmény stb.), amely a feladat- és hatáskörét meghatározó jogszabály alapján a panasz, közérdekű bejelentés vizsgálatára hatáskörrel és illetékességgel rendelkezik.

### A panaszok és közérdekű bejelentések intézésének szabályai

Panasszal és közérdekű bejelentéssel (a továbbiakban együtt: bejelentés) **bárki fordulhat az eljárásra jogosult szervhez.**

A szóban (személyesen vagy telefonon) tett bejelentést írásba kell foglalni, ha a bejelentés személyesen tették, a másodpéldányt a bejelentő részére át kell adni.

A bejelentés rögzítése során fel kell venni a bejelentő személyes adatait (kivéve, ha a bejelentő anonimitást kér), elérhetőségét, a bejelentés tartalmát.

Ha a bejelentés vizsgálata során a hatóság azt állapítja meg, hogy annak kivizsgálása nem tartozik valamely állami szerv hatáskörébe, vagy nem állapítható meg, hogy arra mely állami szerv rendelkezik hatáskörrel, a bejelentőt ennek tényéről is tájékoztatni kell.

A panaszt vagy a közérdekű bejelentést a beérkezésétől számított nyolc napon belül az eljárásra jogosult szervhez át kell tenni, ha a bejelentést kivizsgálására a hatóság nem rendelkezik hatáskörrel vagy illetékességgel. Az áttételről a panaszt vagy a közérdekű bejelentőt az áttétellel egyidejűleg értesíteni kell. [Panasztv. 1. § (5) bek.]

A Panasztv. 2/A. § (1) bekezdése alapján a korábbival azonos tartalmú, ugyanazon panaszos vagy közérdekű bejelentő által tett ismételt panasz vagy közérdekű bejelentés vizsgálata mellőzhető.

A kivizsgálás mellőzéséről szóló értesítést a pontos ok megjelölésével kell rögzíteni az ügyiratban. A hatóság vezetője a panaszt, vagy közérdekű bejelentőt haladéktalanul tájékoztatja a döntéséről

A panasz vizsgálata akkor is mellőzhető, ha a panaszos a sérelmezett tevékenységről vagy mulasztásról való tudomásszerzéstől számított hat hónap után terjesztette elő panaszát (szubjektív határidő). [Panasztv. 2/A. § (2) bek.]

Az **azonosíthatatlan személy** fogalomkörébe beletartozik minden olyan személy, akinek esetében a személyazonosság valamilyen okból nem állapítható meg.

Tekintve, hogy a Panasztv. 1. § (2) bekezdésében meghatározott definíció szerint a panasz egyéni jog vagy érdeksérelem megszüntetésére irányuló kérelem, az azonosíthatatlan személytől érkezett bejelentés esetében fogalmilag kizárt annak panaszként való kezelése. Ezeket a megkereséseket tehát mindenkor közérdekű bejelentésként kell kezelni és vizsgálni.

A Panasztv. 2/A. § (4) bekezdése alapján az eljárásra jogosult szerv eltekinthet a főszabály alkalmazásától - az azonosíthatatlan személy által tett bejelentés vizsgálatának mellőzésétől - és **erősen megvizsgálja a panaszt vagy a közérdekű bejelentést**, ha annak alapjául súlyos jog- vagy érdeksérelem szolgál

Az **azonosíthatatlanságtól eltérő fogalom az elérhetetlenség**, hiszen nem azonosítható személy (névtelen bejelentő) is lehet elérhető e-mail címen.

## **A panasz és a közérdekű bejelentés kivizsgálása**

A Panasztv. 2. § (1)-(2) bekezdése alapján a panaszt és a közérdekű bejelentést - ha törvény eltérően nem rendelkezik - az eljárásra jogosult szervhez történő beérkezésétől számított harminc napon belül kell elbírálni.

Ha a bejelentés alapján a hatóság a munkáltatónál hatósági ellenőrzést kezdett, illetve ezt követően hatósági eljárást indított, ez utóbbiakra az Ákr.-nek az Mvt. és a Met. szerinti eltérésekkel megállapított szabályai irányadóak.

A panaszos, közérdekű bejelentő tájékoztatására vonatkozó kötelezettség azonban továbbra is a Panasztv. rendelkezésein alapul.

A panasz vagy a közérdekű bejelentés alapján - ha alaposnak bizonyul - gondoskodni kell

- a jogszerű vagy a közérdeknek megfelelő állapot helyreállításáról, illetve az egyébként szükséges intézkedések megtételéről,
- a feltárt hibák okainak megszüntetéséről,
- az okozott sérelem orvoslásáról és
- indokolt esetben a felelősségre vonás kezdeményezéséről. [Panasztv. 3. § (1) bekezdés]

## **A panaszos, közérdekű bejelentő tájékoztatása**

A panaszt és a közérdekű bejelentést az eljárásra jogosult szervhez történő beérkezésétől számított harminc napon belül kell elbírálni.

A bejelentés, illetve a panasz benyújtóját a vizsgálat befejezésekor haladéktalanul tájékoztatni kell a megtett intézkedésről vagy annak mellőzéséről az indokok megjelölésével.

A tájékoztatási kötelezettség a munkavédelmi, munkaügyi hatósági eljárások esetében nem terjed ki a bejelentés alapján indult eljárásban hozott döntés részletes tartalmára. A bejelentőt elegendő arról tájékoztatni, hogy a bejelentés alapján a hatóság milyen intézkedést tett, illetve a panasszal, közérdekű bejelentéssel érintett személlyel, szervvel szemben milyen döntést hozott.

A bejelentő részére - ideértve az azonosíthatatlan, de elérhető bejelentőket is - elektronikus úton (e-mailben) kell közölni a kivizsgálás eredményéről szóló tájékoztatást, ha a lakcíme nem ismert, mert a bejelentést ő is e-mailen küldte meg a hatóság részére.

## **A panaszos, közérdekű bejelentő védelme**

A panaszost vagy a közérdekű bejelentőt nem érheti hátrány a panasz, illetve a közérdekű bejelentés megtétele miatt.

Ugyanakkor, ha az eljárás során nyilvánvalóvá válik, hogy a bejelentés rosszhiszemű, döntő jelentőségű valótlan információt közölt és

- a) ezzel bűncselekmény vagy szabálysértés elkövetésére utaló körülmény merül fel, személyes adatait az eljárás lefolytatására jogosult szerv vagy személy részére át kell adni,
- b) alappal valószínűsíthető, hogy másnak jogellenes kárt vagy egyéb jogsérelmet okozott, személyes adatait az eljárás kezdeményezésére, illetve lefolytatására jogosult szervnek vagy személynek kérelmére át kell adni.

## **Jogsértés, jogsérelm esetén tehető bejelentések, panaszok és egyéb igényérvényesítési lehetőségek**

- a) A munkavédelmi hatósági feladatkörben eljáró szervek, illetve a kormánytisztviselők és állami tisztviselők tevékenységét érintő panaszok és közérdekű bejelentések nyújthatók be, **a munkavédelmi feladatkörben eljáró kormányhivatalokhoz, illetve a Nemzetgazdasági Minisztérium Munkavédelmi Irányítási Főosztályának.**

Felhívjuk szíves figyelmét, hogy **nem a munkavédelmi eljárással, hanem a munkavédelmi hatósági feladatkörben eljáró szervek, illetve a kormánytisztviselők és állami tisztviselők tevékenységét érintő panaszok és közérdekű bejelentések** nyújthatók be.

Ügyfélszolgálat telefonszáma: 06-1-896-2902

Ügyfélszolgálat e-mail címe: [munkavedelmi-foo@ngm.gov.hu](mailto:munkavedelmi-foo@ngm.gov.hu)

- b) **Közigazgatási szerv (munkavédelmi hatóság) határozatának bírósági felülvizsgálata iránti keresetlevél benyújtása**

Amennyiben az ügyfél nem ért egyet a közigazgatási szerv határozatával, a felülvizsgálni kért határozat közlésétől számított 30 napon belül keresetlevelet terjeszthet elő.

A keresetlevelet jogszabálysértésre hivatkozással az **első fokú határozatot hozó közigazgatási szervnél kell benyújtani.**

Az elsőfokú közigazgatási szerv a keresetlevelet 5 napon belül az iratokkal együtt felterjeszti a másodfokú határozatot hozó közigazgatási szervhez, amely az iratokat 15 napon belül tovább-

bíja az Országos Bírósági Hivatal útján az illetékes közigazgatási és munkaügyi bíróságra, a keresetlevélben foglaltakra vonatkozó nyilatkozatával együtt.

Amennyiben a keresetlevél végrehajtás felfüggesztése iránti kérelmet is tartalmaz, a közigazgatási szervnek haladéktalanul (3 ill. 8 napon belül) fel kell terjesztenie az iratokat.

**Az ügyfél a keresetlevelet közvetlenül nem nyújthatja be a bíróságra, kizárólag a közigazgatási szervén keresztül.**

## 10. Fogalmak, meghatározások:

### Az elektromos áramsűrűség

Az elektromos áramsűrűség a vezető egységnyi felületén a felületre merőleges irányban áthaladó elektromos áram nagysága, feltételezve, hogy a vezetőben az áram eloszlása egyenletes.

### Elektromos ellenállás

Elektromos ellenállásnak (pontosabban egyenáramú ellenállásnak, röviden ellenállásnak) nevezzük az elektromos vezető két pontjára kapcsolt feszültség és a vezetőn áthaladó áram erősségének a hányadosaként értelmezett fizikai mennyiséget

### Fajlagos ellenállás

A fajlagos ellenállás különféle anyagok elektromos áramot akadályozó tulajdonságát jellemzi. A homogén, mindenütt azonos keresztmetszetű, állandó hőmérsékletű huzalnál az ellenállás és a keresztmetszet szorzatának, valamint a huzal hosszának a hányadosa a huzal anyagára jellemző állandó. Ezt a hányadost az adott anyag fajlagos ellenállásának nevezzük

### Fizikai teljesítmény

A fizikai teljesítmény (jelölése  $P$ ) a munkavégzés vagy energiaátvitel sebessége, más szóval az egységnyi idő alatt végzett munka.

### Egyenáram

Az egyenáram (Direct Current, rövidítve: DC) olyan elektromos áram, amelyben a töltéshordozók időben állandó vagy változó mennyiségben, de egyazon irányban haladnak.

### Váltakozó feszültség

Az olyan feszültséget, amelynek nem csak a nagysága, hanem iránya is változik, váltakozó feszültségnek nevezik

### Elosztóhálózat

Rendeltetése a villamos energia nagyfeszültségen való elosztása az alállomási gyűjtősinéktől a fogyasztói transzformátorig. Ezek feszültségintje hazánkban, a közcélú elosztóhálózatok esetében 10 kV, illetve 20 kV, míg az ipartelepek belső elosztóhálózatain 3 kV, illetve 6 kV, ezeket szokás szakmai körökben középvezetékű elosztóhálózatoknak nevezni.

### Főelosztó hálózat

Rendeltetése a villamos energia elosztása az alaphálózati csomópontokból a középvezetékű elosztóhálózatok táppontjaihoz, amelyek általában a fogyasztói körzetek súlypontjában helyezkednek el.

### Országos alaphálózat

Feladata az erőművek és a csomóponti nagy transzformátorállomások összekapcsolása, a villamos energia nagy mennyiségű szállítása, Az országos alaphálózat külföldre menő távvezetékei alakítják ki a kooperációs villamosenergia-rendszert. A magyar alaphálózat távvezetékeinek nagyobb hányada ma már 400 kV-os.

## **Nemzetközi, kooperációs hálózat**

A különböző országok alaphálózatainak olyan távvezetési összekötése, amely biztosítja a nemzetközi kooperációs villamos energia rendszerek kialakulását, a villamos energia országok közötti szállítását. A szokásos feszültség szintek itt 220 kV, 400 kV és 750 kV.

## **Föld**

A talaj vagy a talajjal jól érintkező minden vezető anyag.

## **Földelés**

A testnek vagy valamilyen vezető résznek a tudatos összekötése a földdel. - Földelő Feszültség: Az a feszültség, amely a földelőn átfolyó áram hatására a földelő és nullpotenciálú hely között felépül.

## **Földzárlat**

Üzemszerűen feszültség alatt álló vezetőknek a földdel való olyan záródása, amely rendellenesség következtében keletkezik.

## **Érintési feszültség**

A hibafeszültségnek (vagy a földelő feszültségnek) az a része, amelyet megérintéskor az ember testével áthidalhat.

## **Üzemi földelés**

Az energiaszolgáltató vezetékhálózat rendszer valamely pontjának összekötése a földdel.

## **Védővezető**

A földet és a készüléket összekötő vezető, amely az alapvető érintésvédelmet biztosítja.

## **Feszültség közeli munkavégzés**

Minden olyan munka annak számít, ahol a munkát végző személy testrészével, szerszámmal, vagy más tárggyal a feszültség alatti munkavégzés övezetének érintése nélkül behatol a közelítési övezetbe. Ide tartozik az is, hogy a munkát végző személy a szokásos körütekintés mellett nem tudja a közelítési övezetbe való behatolást biztonságosan elkerülni.

## 11. Jogszabályi háttér

- A munkavédelemről szóló **1993. évi XCIII. törvény**
- **10/2016. (IV. 5.) NGM rendelet** a munkaeszközök és használatuk biztonsági és egészségügyi követelményeinek minimális szintjéről
- **2/2013. (I. 22.) NGM rendelet** a villamosművek, valamint a termelői, magán- és közvetlen vezetékek biztonsági övezetéről
- **2007. évi LXXXVI. törvény** a villamos energiáról (VET)
- **40/2017. (XII. 4.) NGM rendelet** az összekötő és felhasználói berendezésekről, valamint a potenciálisan robbanásveszélyes közegben működő villamos berendezésekről és védelmi rendszerekről.
- A Feszültség Alatti Munkavégzés Biztonsági Szabályzatának kiadásáról szóló **72/2003. (X. 29.) GKM rendelet**

## 12. Hivatkozott szabványok

- **MSZ EN 61936-1:2016** (IEC 61936-1:2010, módosítva) 1 kV-nál nagyobb váltakozó feszültségű energetikai létesítmények. 1. rész: Általános szabályok (bevezetve: 2016. 06. 01.,)
- **MSZ EN 50522:2011** 1 kV-nál nagyobb váltakozó feszültségű energetikai létesítmények földelése. (bevezetve: 2011. 02. 01.)
- **MSZ 1585:2016** Villamos berendezések üzemeltetése. (bevezetve: 2016. 12. 01.)
- **MSZ EN 60529:2015** Villamos gyártmányok burkolatai által nyújtott védettségi fokozatok (bevezetve: 2015. 10. 01.)

## 13. Irodalomjegyzék

- Internet:  
<https://hu.wikipedia.org/wiki/Elektromoss%C3%A1g>
- Budapesti Műszaki Főiskola Villamosmérnöki Kar (Kandó Kálmán erőáramú szakirány)  
Villamos energetika jegyzet
- Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Kar  
dr. Kiss Lajos: Villamos hálózatok



# MUNKAVÉDELEM

GINOP-5.3.7-VEKOP-17-2017-00001 azonosító számú  
„Jogszerű foglalkoztatás fejlesztése” elnevezésű kiemelt  
projekt

Nemzetgazdasági Minisztérium

Készült: 2022  
Aktualizálva: 2025. január

**SZÉCHENYI** 



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

**Európai Unió**  
Európai Szociális  
Alap



**BEFEKTETÉS A JÖVŐBE**