

1. A VILLAMOSENERGIA-TERMELÉS ÉS ÁTVITEL JELENTŐSÉGE

Napjainkban életünk minden területén nélkülözhetlenné vált a villamos energia felhasználása. Jelentősége mindenki számára akkor válik tudatossá, ha ez a – minden nap magától értetődő módon – rendelkezésre álló energia valamilyen oknál fogva rövidebb-hosszabb időre megszűnik.

A villamos energiát főleg nagyteljesítményű erőművekben állítják elő. Az erőművek helyét földrajzi, gazdasági, felhasználási szempontok figyelembevételével határozzák meg. Például a szén felhasználásával működő erőműveket célszerű szénbányák közelében létesíteni, a vízenergiát felhasználó erőműveket pedig a folyók egy célszerűen megválasztott szakaszán kell építeni. A villamos energia felhasználási helye, a nagyvárosok és egyéb települések, valamint ipari és mezőgazdasági termelő üzemek általában tekintélyes távolságra lehetnek, így a villamos energiát vezetékekkel kell elszállítani.

A villamos energiának és átvitelének jelentősége tehát abban áll, hogy az összes természeti energiahordozók (pl. szén, olaj, gáz stb.) közül a villamos energia szállítása és felhasználása a legegyszerűbben megoldható a különböző jellegű fogyasztók termelési folyamataiban. A villamos energiát egyszerű módon szinte tetszés szerinti mennyiségben és távolságra lehet szállítani megfelelő feszültség szinten, a villamosvezeték hálózatok segítségével.

2. A VILLAMOS ENERGIA ÁTVITELE NAGYFESZÜLTSGŰ HÁLÓZATOKON

A nagyfeszültségű hálózatok feladata, az erőművekben nagy mennyiségben termelt villamos energiának az elszállítása nagyobb távolságokra.

A nagyfeszültségű hálózatokkal valósítják meg erőművek együttműködését és a termelt villamos energiának országon belüli elosztását, valamint az egyes országok villamosenergia-rendszerei közötti kapcsolatot, együttműködést (kooperációt). Ezen túlmenően feladatuk még a nagy fogyasztói csomópontokban igényelt villamos energiának a szállítása is.

A villamos energia előállítására, átvitelére, elosztására szolgáló berendezések összességét villamos műveknek nevezzük.

A villamos művek együttműködő rendszerét pedig röviden villamosenergia-rendszernek (VER) nevezzük.

A villamos energiát szállító vezetők elhelyezésüktől, kialakításuktól függően lehetnek szabadvezeték- és kábelhálózatok. A szabadvezetékes hálózatok távvezetéseiket célszerűen kialakított oszlopokra szerelt szigetelőkön helyezik el. A vezetők szigeteletlen huzalok, sodronyok. A kábelhálózatok vezetői megfelelően szigetelt kábelek, ezeket rendszerint a földbe fektetjük, vagy zárt földalatti csatornáknban, kábelalagutakban helyezük el. Kisfeszültségen vannak légkábelek is.

A villamoshálózatokat az alábbiak szerint csoportosíthatjuk:

- Rendeltetés
- Feszültség szint
- Alakzat
- Áramnem
- Frekvencia
- Áramelosztó rendszer

2.1 Rendeltetés

2.1.1 Kisfeszültségű elosztóhálózatok: amelyek közvetlenül a fogyasztókat látják el villamos energiával. Feszültségük 400/230 V.

2.1.2 Elosztóhálózat: feladata a villamos energia elosztása a tápponti állomásoktól a fogyasztói transzformátorokig. Az energia elosztása 10 kV és 20 kV (35 kV) feszültségen történik. Az ipartelepek, bányák, erőművek belső hálózatán megtaláljuk a 3 kV és a 6 kV-os feszültség szinteket is.

2.1.3 Főelosztóhálózat: rendeltetése a villamos energia szállítása az alaphálózati csomópontokból az elosztóhálózat táppontjaihoz. A tápponti állomások általában a fogyasztói súlypontokban helyezkednek el. Hazánkban korábban 35 kV feszültségű hálózatok töltötték be e feladatot. Napjainkban már a 120 kV feszültségű hálózatok látják el ezt a funkciót.

2.1.4 Országos alaphálózat: az ország nagy erőműveit és állomásait köti össze, teszi alkalmassá nagy teljesítmények szállítására. Az itt használt feszültség szintek 220 kV és 400 kV. A nagyfeszültségű hálózattal létrejövő erőművi, állomási kapcsolatok hozzák létre a villamosenergia-rendszert.

2.1.5 Nemzetközi kooperációs hálózat: a különböző országok alaphálózatát köti össze egymással. Így az egyes országok villamosenergia-rendszereinek magasabb szintű

együtműködésével jön létre a nemzetközi kooperációs villamosenergia-rendszer. A feszültség szintek: 220 kV, 400 kV, 750 kV.

Az előbbieken felsorolt különböző rendeltetésű hálózatok elvi kialakítását a 2.1 ábrán vázlatosan szemléltetjük.

2.2 Feszültség szint

2.2.1 Az átviteli feszültség nagyságának jelentősége

A villamos energia szállításánál – mint minden egyéb energiahordozó szállításánál – döntő szerepe van a gazdaságosságnak. A feladat tehát az, hogy az energiahordozó szállítása minél kisebb költséggel (veszteséggel) valósuljon meg.

A villamos energia szállításának gazdaságosságát döntően befolyásolja a feszültség nagysága, amelyen az energia szállítása történik. Az u.n. leggazdaságosabb feszültség az a feszültségérték, amelyen a legkisebb a szállítási költség. Ennek értéke függ az átvendő villamos teljesítmény nagyságától és a szállítási távolságtól. Egy adott feszültségen egyre nagyobb teljesítményt ($S=U \cdot I$) akarunk átvinni, akkor a növekvő áramerősséggel nő a vezetősínek szükséges keresztmetszete, ezzel pedig a felhasznált vezető súlya. A megnövekedett vezetősúly és áramerősség egyrészt nagyobb szilárdságú oszlopokat, szigetelőket stb. tesz szükségessé, ami növeli a létesítési költségeket. A megnövekedett áram miatt nő az $I^2 \cdot R$ teljesítményvesztés, ami az üzemviteli költségeket is növeli.

Ha ezt el akarjuk kerülni, növeljük a feszültséget és ezzel az előbbieken említett nagyobb villamos teljesítmény átvitele is – a kisebb áramerősség miatt – kisebb vezetősínekkel oldható meg. A megnövekedett feszültség miatt viszont megnövekednek a szükséges fázistávolságok, ezzel az oszlopok, szigetelő láncok stb. méretei, ami viszont ismét a létesítési költségek növekedését eredményezi. Ezért biztos van egy az előbbieken említett u.n. gazdaságos átviteli feszültség, amelynél a legkisebbek a létesítési és üzemeltetési költségek.

A nagy teljesítmények nagy távolságra való átvitelénél – a vezetéken fellépő feszültségesés miatt is – fontos szerepe van a helyesen megválasztott átviteli feszültségnek. Az átviteli feszültség növelését teszi szükségessé a vezeték ellenállásán létrejövő feszültségesés.

A villamos energiát termelők, szolgáltatók és fogyasztók műszaki és gazdasági megfontolások alapján szabványos feszültség szinteket állapítottak meg a villamosenergia-szállításban és – felhasználásban.

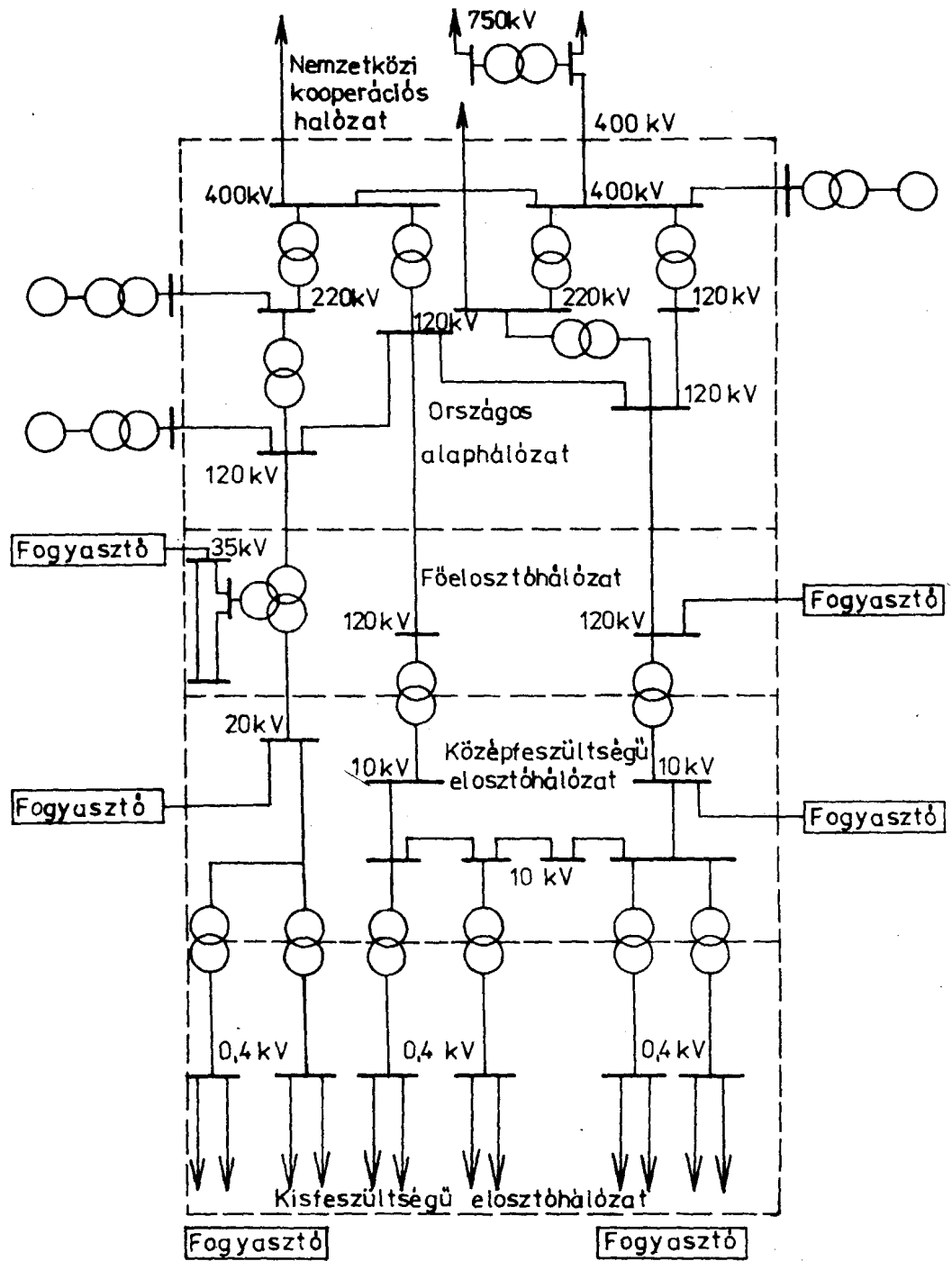
2.2.2 Szabványos feszültségek

Törpefeszültség: a berendezés akkor törpefeszültségű, ha nincsenek olyan vezetői, amelyek névleges feszültsége egymás közt, vagy a földhöz képest váltakozó áram esetében 50 V-nál, egyenáram esetében 120 V-nál nagyobb.

Kisfeszültség: a berendezés akkor kisfeszültségű, ha vannak olyan vezetői, amelyek között a névleges feszültség váltakozó áram esetében 50 V-nál nagyobb, de nincsenek olyanok, amelyek között 1000 V-nál nagyobb. Közvetlenül földelt berendezés azonban csak akkor kisfeszültségű, ha a névleges feszültség bármelyik vezető és a föld között 600 V-nál nem nagyobb. Egyenáram esetében nem haladja meg az 1500 V-ot.

A közcélú kisfeszültségű hálózat feszültsége $3 \cdot 400/230$ V.

Nagyfeszültségű: a berendezés akkor nagyfeszültségű, ha vannak olyan vezetői, amelyek között a névleges feszültség váltakozó áram esetében 1000 V-nál nagyobb. Közvetlenül földelt berendezés akkor is nagyfeszültségű, ha van olyan vezetője, amelynek névleges feszültsége a földhöz képest 600 V-nál nagyobb. Egyenáram esetében 1500 V-nál nagyobb.



2.1 ábra

Névleges nagyfeszültségek:

- kisebb teljesítményű generátorok, nagyobb teljesítményű motorok: 3 kV, 6 kV;
- városi elosztóhálózatok (kábel), közepes teljesítményű generátorok: 10 kV;
- vidéki szabadvezetési elosztóhálózatok: 20 kV, 35 kV;
- főelosztó hálózatok: 35 kV, 120 kV;
- alaphálózat, kooperációs vezetékek: 220 kV, 400 kV, 750 kV.

2.3 Alakzat

A villamos energia felhasználói, fogyasztói teljesítményigényük nagyságának az energiaellátás folyamatosságával szemben támasztott igényüknek megfelelően

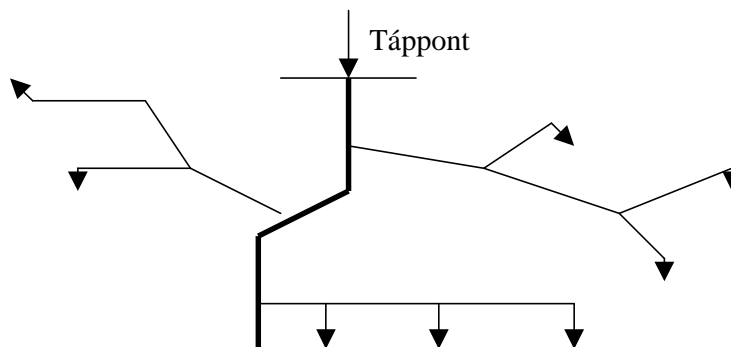
- az országos alaphálózatról
- a főelosztó hálózatról vagy
- az elosztóhálózatról

kaphatnak villamos energiát.

A különböző feszültségű hálózatok 2.1 pontban megjelölt feladataikon túlmenően (lásd 2.1 ábrát) különböző hálózati alakzatban látják el a fogyasztókat villamos energiával.

2.3.1 Sugaras hálózat

Fő jellemzője, hogy a fogyasztó egyetlen vezetéken, egy úton csak egy irányból kaphat villamos energiát. A vastag vonallal rajzolt vezeték a gerinc-, vagy fővezeték. A megszakítók és az oszlopkapcsolók (szakaszolók) bontási lehetőséget biztosítanak akár a karbantartás, akár üzemzavar idejére, a meghibásodott vezetékek leválasztására.



2.2 ábra

A hálózat előnye: könnyen áttekinthető, a hibás vezeték szakasz megállapítása, leválasztása a legegyszerűbb.

Hátránya: a meghibásodás miatt a gerinc- vagy szárnyvezetéken bekövetkezett lekapcsolás miatt – a hiba megszüntetésének időtartamára – a fogyasztók villamos energia nélkül maradnak. A feszültségesés is a vezeték végén lévő fogyasztóknál a legnagyobb.

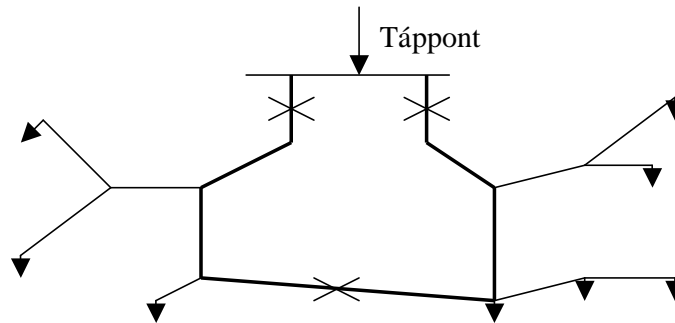
Sugaras hálózattal tehát olyan fogyasztókat célszerű táplálni, amelyek rövidebb-hosszabb ideig tartó feszültség kimaradást is minden számottevő károsodás nélkül el tudnak viselni.

A magyar villamosenergia-rendszerben a 20 kV-os szabadvezeték és a 10 kV-os kábelhálózatok tipikusan sugaras hálózatok.

A kisebb biztonságigényű ipari és háztartási fogyasztók a 10 kV, 6 kV, 3 kV és 0,4 kV feszültségű sugaras hálózatról kapnak energiát.

2.3.2 Gyűrűs hálózat

A sugaras hálózatoknál előforduló esetleges tartós villamosenergia-kimaradás elkerülésére a sugaras vezetékeket úgy alakítják ki, hogy az azonos táppontból kiinduló gerincvezetékek egy pontban találkozzanak. Az összekötés helyén megszakítót alkalmaznak. Így a hálózat valamely részén bekövetkezett meghibásodás esetén a gerincvezeték bontásával a fogyasztók egy része a másik irányból kaphat táplálást.

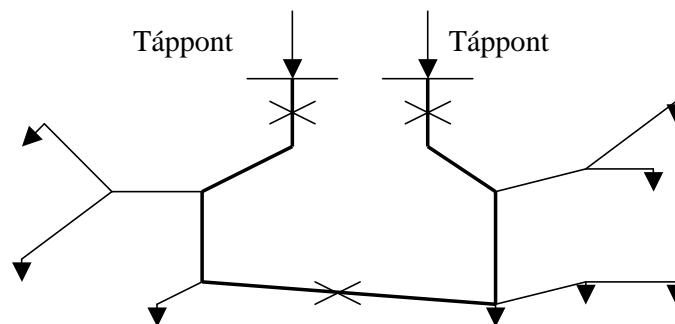


2.3 ábra

Alkalmazásának területei és feszültségszintjei azonosak lehetnek a sugaras hálózatokéval.

2.3.3 Íves hálózat

Kialakítása lényegében azonos a gyűrűs hálózatokéval, csak egymástól független táppontokból indulnak ki a gerincvezetékek, melyek azután megszakítóval kapcsolódnak össze (2.4 ábra).



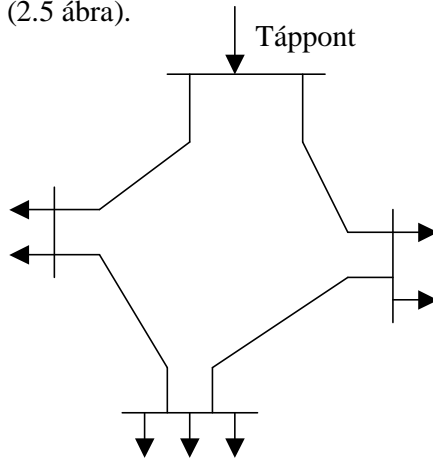
2.4 ábra

Előnyük a gyűrűs hálózatokkal szemben, hogy bármelyik táppont kiesése biztosítható a fogyasztók villamos energiával történő ellátása.

Alkalmazásának területei és feszültségszintjei azonosak lehetnek a sugaras hálózatokéval.

2.3.4 Körvezeték

Azonos táppontból táplált olyan vezeték alakzat, amely a táppontból kiindulva az összes fogyasztókat ellátva villamos energiával ismét visszatér a táppontba. A fogyasztók gyűjtősínről ágaznak le (2.5 ábra).



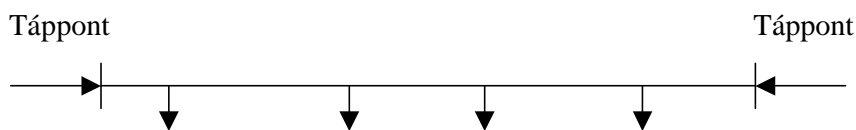
2.5 ábra

Előnye, hogy bármelyik fogyasztó üzemszerűen két oldalról kaphat táplálást. Ez az energiaellátás minőségét és biztonságát nagymértékben növeli. Bármelyik összekötő hálózatrész meghibásodása esetén egy irányból ugyan, de a villamosenergia-szolgáltatás fenntartható.

Hátránya a nagyobb beruházási költség az egy pontból táplált vezetékekhez képest.

2.3.5 Két végén táplált vezeték

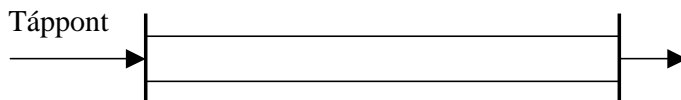
Kialakítása lényegében azonos az íves hálózatokéval, de a fogyasztók folyamatosan kapcsolódnak mindkét táppontra, így az energiaellátás biztonsága nagyobb (2.6 ábra).



2.6 ábra

2.3.6 Párhuzamos vezeték

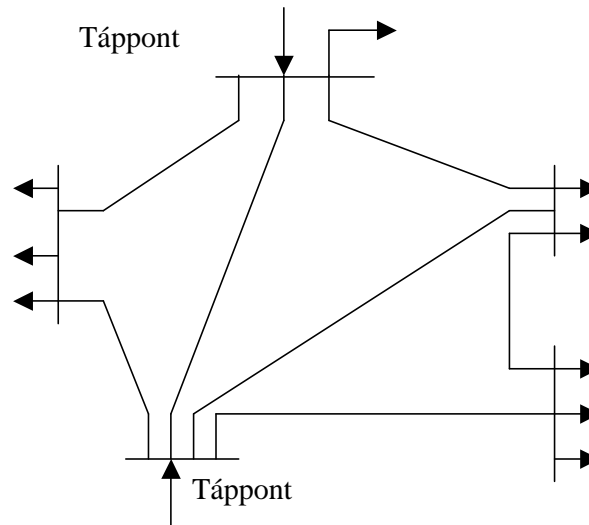
A villamosenergia-ellátásban fontos csomópontok összekötésére, vagy nagyüzemi fogyasztók üzembiztos energiaellátására szolgáló hálózat (2.7 ábra).



2.7 ábra

2.3.7 Hurkolt hálózat

A hálózat egyidejűleg több tápponton keresztül látja el villamos energiával az egymással is több vezetékkel összekapcsolt fogyasztókat (2.8 ábra).



2.8 ábra

Előnye az előbbieken megismert villamoshálózati alakzatokkal szemben, hogy a fogyasztók villamos energiával való ellátásának biztonsága a legnagyobb és a villamosenergia-szolgáltatás minőségi jellemzői is a legjobbak.

Hátránya, hogy bonyolultsága miatt létesítési költségei igen nagyok.

2.4 Áramnem

Beszélhetünk egyenfeszültségű és váltakozó feszültségű villamos hálózatokról.

Ma már egyenfeszültségű hálózattal csak ott találkozunk, ahol a termelési folyamatok egyenáramú gépek, berendezések, készülékek alkalmazását igénylik (pl. a városi közlekedésben).

A villamos energiának nagy távolságra történő szállítását, valamint a különböző energiarendszerek szabályozott összekapcsolását üzembiztosan és gazdaságosan egyenfeszültségű vezetékkel lehet megoldani.

Az egyenfeszültségű villamos energia esetén a feszültség növelése vagy csökkentése nagyon költséges átalakítókkal oldhatók meg. A váltakozó feszültségű villamos energiánál a feszültség növelése majd csökkentése olcsó, jó hatásfokú transzformátorok segítségével igen egyszerűen végezhető el. Ugyanakkor egy adott villamos teljesítménynek, adott feszültségen való átvitelénél az egyenárammal szemben a háromfázisú váltakozó áramú rendszerben lényegesen kisebb keresztmetszet szükséges. Az átvitel tehát kisebb létesítési költséggel valósítható meg.

Ez a magyarázata annak, hogy a villamosenergia-átvitelben és elosztásban a váltakozó áram kiszorította az egyenáramot.

2.5 Frekvencia

A váltakozó feszültségű villamos energiának a feszültség mellett másik fontos minőségi jellemzője a periódusszáma, a frekvenciája. Ennek értéke szintén egységesítésre került, Európában pl. 50 Hz, míg más földrészeken előfordul a 60 Hz is. Esetenként pl. a nagyvasúti villamos vontatásban a $16 \frac{2}{3}$ Hz is szokásos periódusszám. A frekvencia az aszinkron és a szinkron motorok fordulatszámánál meghatározó jellegű. Szükséges, hogy az együttműködő villamosenergia-rendszerben a terhelések lökészerű változása ellenére is állandó értékű legyen. A frekvencia állandóságáról az erőműveket irányító szervezetek (pl. MAVIR) kötelesek gondoskodni.

2.6 Áramelosztó rendszerek

Az áramelosztó rendszerek a villamos energiát szállító vezetékek száma és az áram neme szerint lehetnek:

- Egyenáramú elosztó rendszerek
- Váltakozó áramú elosztó rendszerek.

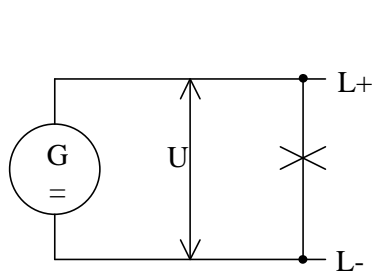
2.6.1 Egyenáramú elosztó rendszerek

Ezt az áramelosztó rendszert közcélúan ma már sem erőátviteli, sem világítási célokra nem alkalmazzák. Egyenáramúak azonban a városi tömegközlekedési hálózatok, egyes speciális ipari hálózatok, tartalék rendszerek, nagytávolságú vagy tenger alatti átvitel.

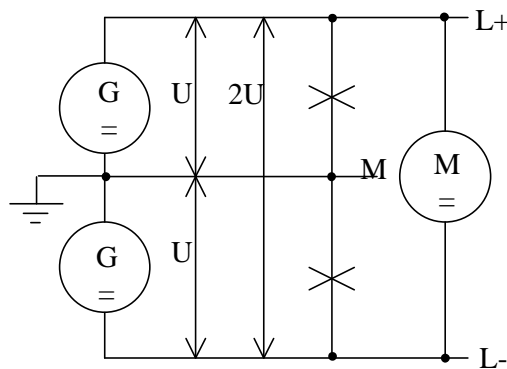
Az alkalmazott egyenáramú elosztó rendszerek a következők:

- Kétvezetős egyenáramú rendszer,
- Háromvezetős egyenáramú rendszer.

A kétvezetős egyenáramú rendszerben (2.9 ábra) régebben 110 és 220 V feszültségű fogyasztókat láttak el villamos energiával.



2.9 ábra



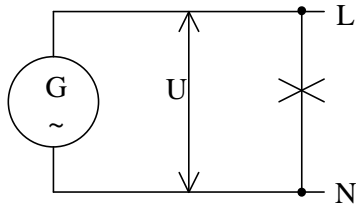
2.10 ábra

A háromvezetős egyenáramú rendszer kétségtelen előnye volt a kétvezetőssel szemben, hogy a fogyasztók részére kétféle feszültséget szolgáltatott világítási célokra és a nagyobb teljesítményű fogyasztók táplálására (2.10 ábra).

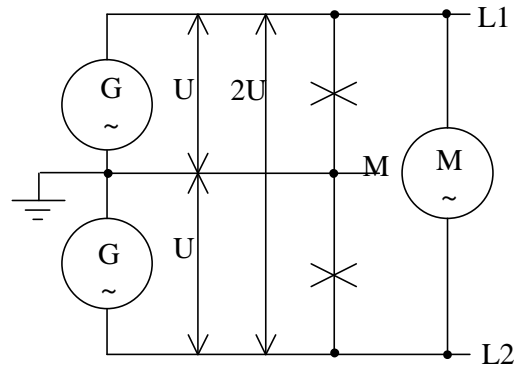
2.6.2 Váltakozó áramú rendszerek

A fogyasztók villamos energiával történő ellátására szolgált régebben a

- kétvezetős egyfázisú rendszer (2.11 ábra) és a
- háromvezetős egyfázisú rendszer (2.12 ábra).



2.11 ábra

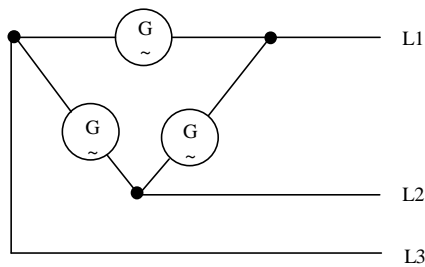


2.12 ábra

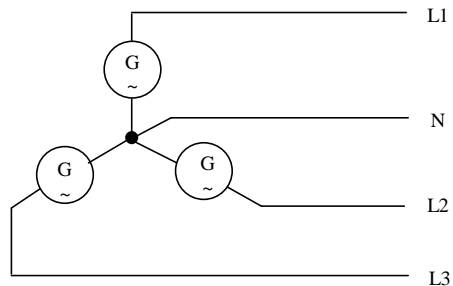
Két vezetős egyfázisú rendszerrel pl. a nagyvasúti villamos vontatásnál találkozunk napjainkban. Ezeket a rendszereket üzemviteli és gazdasági előnyeik miatt

- a háromfázisú háromvezetős rendszerek (2.13 ábra) és
- a háromfázisú négyvezetős rendszerek (2.14 ábra)

váltották fel.



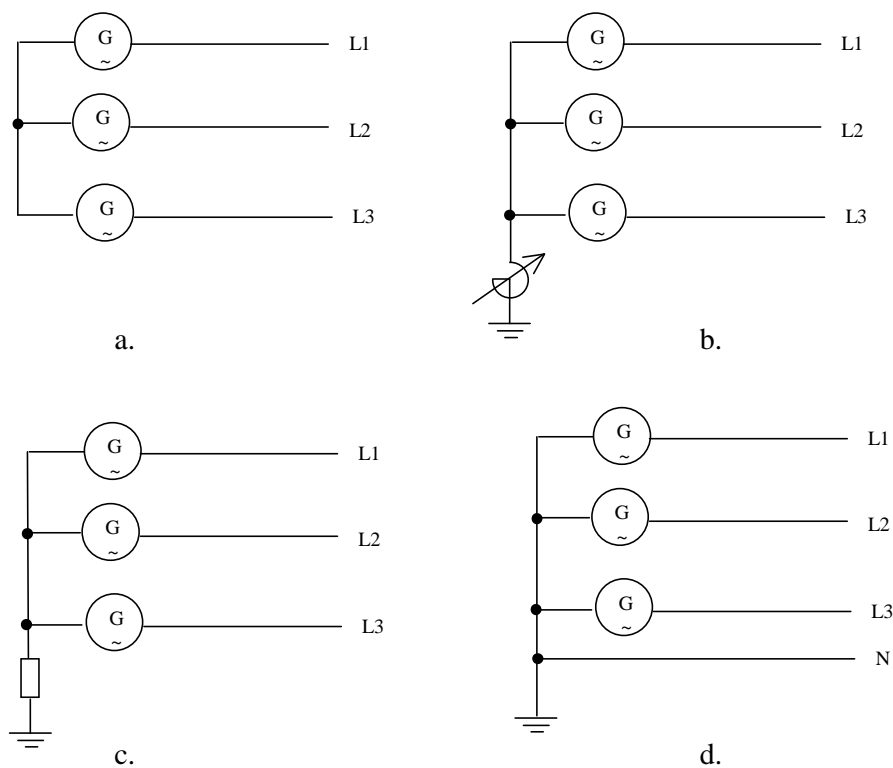
2.13 ábra



2.14 ábra

A háromfázisú hálózatok a csillagpontjuk alapján lehetnek:

- szigetelt (földreletlen) csillagpontú rendszerek (2.15 a. ábra),
- közvetve földelt (Petersen tekercsen (2.15 b. vagy „hosszú földelésen” 2.15 c. át földelt) rendszerek,
- közvetlenül (mereven) földelt rendszerek (2.15 d. ábra).



2.15 ábra

Közvetlenül földelt rendszert használnak a közcélú kisfeszültségű hálózatokon (0,4 kV) és a nagyfeszültségű hálózatokon 120 kV-on és fölfelé.

Hosszú földelt hálózatok jellemzően a középfeszültségű kábelhálózatok (10-20 kV).

Kompenzált (Petersen tekercsen keresztül földelt) hálózatok a középfeszültségű szabadvezetéki hálózatok (20-35 kV).