

## Energiatermelés és elosztás

Dr. Nagy Dezső

BME, Irányítástechnika és Informatika Tanszék



*1. ábra A villamosenergia termelés (széntüzeléses blokkok hűtővíztornyokkal) és a szállítás (alállomás, nagyfeszültségű távvezetékek) üzemei (a MAVIR kiadványaiból)*

A villamos energia mindennapi életünk alapvető feltétele. Nélküle szinte elképzelhetetlen már az életünk. A villamosenergiarendszer alapvető elemei (1. ábra) az energiatermelő egységek (erőművek), a villamosenergia hálózat és a fogyasztók. A villamosenergia ellátó rendszer feladata a megawattban mért (MW) termelés és fogyasztás egyensúlyának biztosítása adott hálózati frekvencián.

Villamos energiával működik a világítás, nélkülözhetetlen háztartási berendezéseink, a villamos tűzhely, a mikrohullámú sütő, a hűtőgép, a mosógép, a vasaló, a légkondicionáló berendezések, a rádió, televízió és egyéb szórakoztató elektronikák, a számítógépek, stb. működtetéséhez. Villamos energiát használnak fel a közlekedési eszközök, villamos energiával működnek a gyártórendszerek, az orvostechikai berendezések, stb.

A villamos energiát az erőművek termelik. Az erőművek a természetben meglévő energiaforrásokat (kémiai – fosszilis energia (szén, kőolaj, földgáz), víz mozgási energiája, atomenergia, alternatív – környezetkímélő energiaforrások, pl. napenergia, szélenergia, geotermikus energia, biomassza energia) alakítják át villamos energiává. Ezt az energiaátalakítást minél hatékonyabban, minél jobb hatásfokkal kell végrehajtani. A fogyasztók számára a villamos energiát előírt feszültségen és frekvencián kell biztosítani.

Az erőműtől az energiát el kell szállítani a fogyasztókhoz. Az energiaszállítás nagyfeszültségen történik a távvezetéseken, mivel nagyfeszültségen kisebb a veszteség.

**Energiatermelő egységek, erőművek** (amelyek lehetnek szén-, kőolaj-, gáztüzelésű erőművek, vízerőművek, atomerőművek, szél- és naperőművek). További alternatív energiaforrások is szóba jöhetnek. A továbbiakban széntüzelésű erőmű esetén vizsgáljuk a rendszert és modelljét (2. ábra). Egy széntüzelésű erőmű esetén a szénbányából, szénfejtésből a széntüzelésű erőműbe szállítják a szenet, ahol megőrlik, majd a tűztérbe juttatják, ahol elégve hőenergiát termel. A hőenergiát a kazán gőzzé alakítja. A gőz meghajtja a turbinát. Így a hőenergia a turbinában mechanikai energiává alakul. Ezt a generátor villamos energiává alakítja. A villamos energiát a transzformátor nagyfeszültségűvé alakítja a gazdaságos szállíthatóság miatt.

Az erőműtől az energiát el kell szállítani a fogyasztókhoz. Az energiaszállítás nagyfeszültségen történik távvezetéseken, mivel nagyfeszültségen kisebb a veszteség. (Ugyanis minél nagyobb a feszültség, egy adott teljesítmény átviteléhez annál kisebb áram szükséges. A vezeték vesztesége az áram négyzetével arányos. Tehát kisebb áram mellett kisebb lesz a veszteség és a vezeték keresztmetszete is kisebb. A nagy feszültség miatt viszont az oszlopok mérete megnő.) Alállomásokon transzformátorok transzformálják a feszültséget nagyfeszültséggé a távvezetéseken történő szállításhoz, illetve alállomásokon visszatranszformálják a feszültséget a fogyasztók számára.

A teljes energiaellátás rendszert alkot, amelyben anyag- és energiaátalakítás megy végbe, a bemenetek a betáplált energia, a kimenetek a fogyasztók kimenetei.

**Villamos energiahálózat** (kisfeszültségű 1kV-ig, középfeszültségű 10, 20, 30 kV és nagyfeszültségű 120kV, 220kV, 400kV, 750 kV). A villamos energiahálózaton szállított villamos teljesítményt az ún. alállomásokon középfeszültségre transzformálják, majd az ipari fogyasztók és a lakossági fogyasztók számára az igényelt feszültségszintre transzformálják (háztartások, gyárak, intézmények, stb.).

**A villamos energiarendszer fogyasztói** nagy állami, közösségi fogyasztók (közvilágítás, közlekedés, önkormányzatokhoz tartozó intézmények, honvédség, rendőrség, stb.); kis (0.4kV) és középfeszültségen, ipari fogyasztók (gyárak, termelő üzemek, stb.); közép és kisfeszültség szinten, lakossági fogyasztók, civil fogyasztók kisfeszültség szinten.

A villamos energia ellátó rendszer feladata a villamos energia fogyasztás és termelés egyensúlyának biztosítása adott stabil hálózati frekvencián. Mivel a váltófeszültséggel üzemelő villamos energia hálózat nem tárol villamos teljesítményt, a Központi Rendszerirányító normál üzemben a termelés növelésével/csökkentésével biztosítja a termelés és fogyasztás egyensúlyát, hogy a termelt és fogyasztott villamos teljesítmények minden időpillanatban megegyezzenek egymással.

Magyarországon az országos alaphálózat tulajdonosa a Magyar Villamosművek Rt, a hálózat üzemvitelét a MAVIR Magyar Villamosenergia-ipari Rendszerirányító ZRt. (MAVIR ZRt.) kezeli, irányítja.

Az energiatermelés és energiaszállítás tekinthető egy rendszernek, amelynek bemenete a betáplált energia, amelyet az erőmű villamos energiává alakít át, ezt az energiát a fogyasztóhoz szállítjuk; A rendszer kimenete a fogyasztó szintjén megjelenő energia, illetve az ezzel működtetett berendezések kimenő fizikai jellemzői.

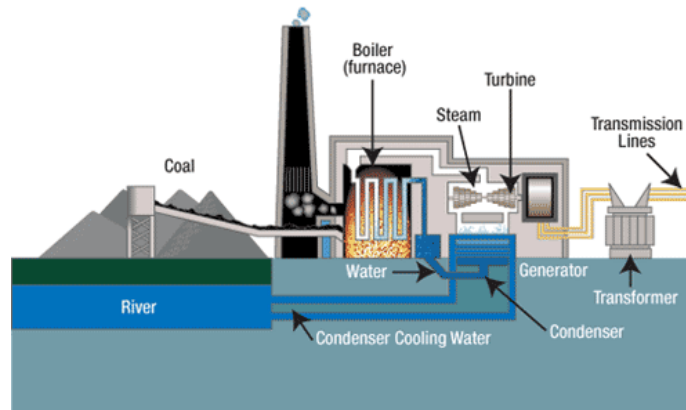
De tekinthetjük az energiaellátó rendszer egyes részrendszereit is külön rendszerekként, ekkor a rendszert és környezetét másképp kell definiálni. Például az erőmű olyan rendszer, amelynek bemenete

a betáplált energia (kémiai, vízi, atom, alternatív), kimenete pedig a villamos energia, amelynek jellemzői a feszültség és a frekvencia. Ezeket a kimenő jellemzőket szabályozni kell, hogy a napszakonként, évszakonként változó terhelés, mint zavaró jellemző ellenére a fogyasztók számára előírt értéken, adott tűréshatáron belül álljanak rendelkezésre.

Az állomás olyan rendszernek tekinthető, amelynek bemenete a bejövő feszültség, kimenete pedig a transzformált feszültség. A folyamatot a transzformátor működése határozza meg. A következő részrendszer a távvezeték. A távvezeték szállítja a villamos energiát. A szállítási folyamatnak késleltetése, ún. holtideje van. A fogyasztó az energiaellátási folyamat utolsó részrendszere, amely külön vizsgálható. Bemenete a villamos energia, kimenete az eszköz kimenete (hőmérséklet, szögsebesség, stb.).

A továbbiakban az energiatermelő rendszer két részrendszerének adjuk meg a modelljét, a szénerőmű egy alrendszereként a kazán – turbina – generátor működését és modelljét vizsgáljuk, majd a termelő és fogyasztó egységekkel kapcsolódó hálózat modelljét vizsgáljuk.

## Kazán – turbina – generátor rendszer és modellje



Forrás: <http://www.tva.gov/power/coalart.htm>

### 2. ábra Széntüzelésű erőmű szerkezeti vázlata

A kazánban eltüzelik a megőrölt szenet. A 2. ábrához kapcsolódó link egy széntüzelésű erőművet mutat be. A keletkezett hővel vizet melegítve gőz termelődik, amely meghajtja a gőzturbinát. A turbina meghajtja a szinkrongenerátort, amely a mechanikai forgási energiát villamos energiává alakítja.

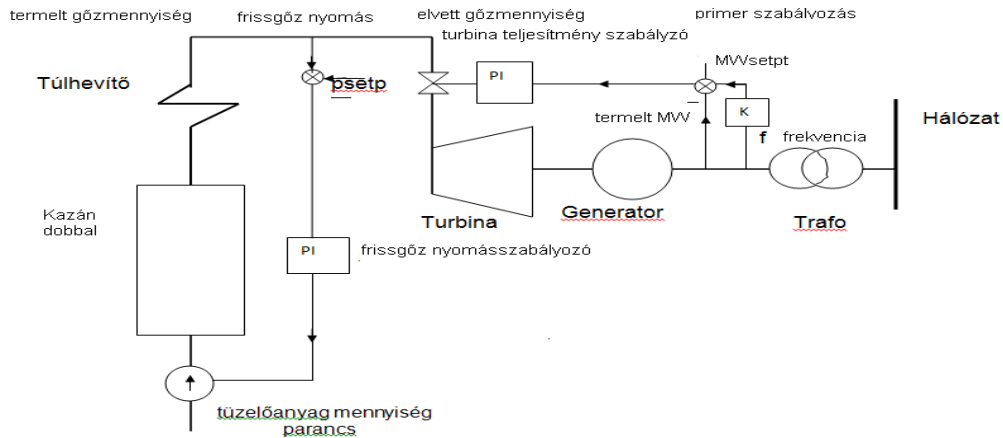
A rendszer egyszerűsített szerkezeti modelljét a 3. ábra mutatja.

A következő szemléltető modell egy speciális verzió a blokk primer szabályozás (K\*DF gyorsreakció, Id. lent) vizsgálatára.

A 3. ábra egy energiatermelő blokk egyszerűsített szerkezeti sémáját mutatja ún. aktív turbinás teljesítményszabályozással. Az aktív turbinás kapcsolásban a turbina elsődleges a blokk

teljesítményszabályozásban, mert a turbinaszabályozó kapja meg a MW alapjelet és a turbina szelepnél avatkozik be.

Ha a teljesítmény alapjel (MWsetp) nagyobb, mint a termelt, mért teljesítmény (MW), akkor a teljesítményszabályozó (PI) nyitja a frissgőzszelepet és a megnövekvő gőzárammal nő a teljesítmény. Mivel azonban az elvett gőz több, mint a termelt, a gőznyomás csökkenni fog. A gőznyomásszabályozó (PI) növeli a tüzelőanyag adagoló motor fordulatszámát és a megnövelt tüzelőanyag mennyiség már megfelel az előírt MW teljesítménynek.

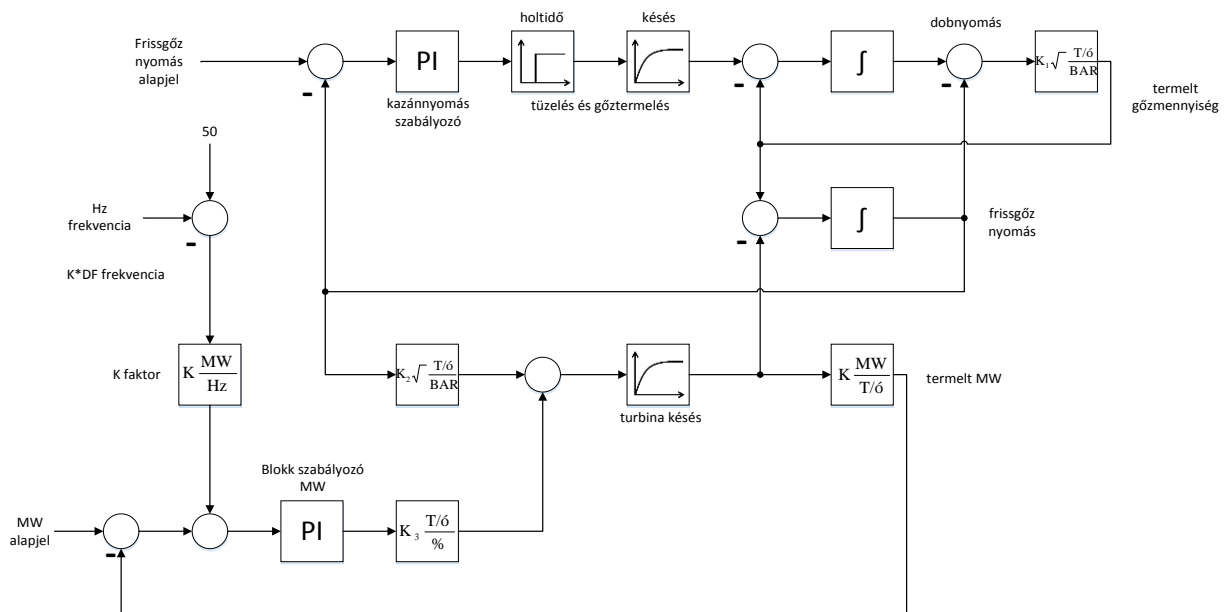


3. ábra Egy energiatermelő blokk egyszerűsített vázlatja

A szabályozás működésének vizsgálatához az egyes elemek viselkedésének leírását is meg kell adni. Elemezni kell az egyes részegységek működését és meg kell határozni a bemenő- és kimenőjelek közötti matematikai összefüggéseket. Az egyes egységeket a bemenő- és kimenőjelek között dobozokkal ábrázoljuk, amelyekbe beírjuk vagy berajzoljuk a jelátviteli kapcsolatokat (differenciálegyenletek, jellemző átviteli függvények, pl. egységugrás válasz, sztatikus karakterisztika, amely a kimenőjel és a bemenőjel állandósult állapotai között adja meg az összefüggést, stb.). Ez a vázlat az ún. hatásvázlat. Az energiatermelő blokk hatásvázlatát a 4. ábra szemlélteti. Meghatározásához az alábbi megfontolásokat tettük.

A kazán tüzelésszabályozója a frissgőznyomás PI szabályozó %-ban adott kimenőjelét kapja meg, a kazán elgőzölögtető rész közelíthető egy holtidős egytárolós szakasszal, kimenete a termelt gőzmennyiség [tonna/óra]. Az elgőzölögtetőből a túlhevítő rendszer elviszi a gőzt, a termelt és elvitt gőz különbségének integrálja hozza létre a dobnymást. A túlhevítőbe beömlő gőz és a turbina által elvett gőzmennyiség különbségének integrálja adja a frissgőznyomást. A túlhevítőn átáramló gőzmennyiséget a dobnymás-frissgőznyomás különbség négyzetgyökével vesszük arányosnak, figyelembe véve a turbina szeleppállást. A blokk MW szabályozó (a primer szabályozó hatást figyelembe véve) a turbina gőznyelését módosítja a MW szabályozási eltérésnek megfelelően, ennek hatására megváltozik a frissgőznyomás, ami a kazán frissgőznyomás szabályozóra hat, ez pedig a tüzelőanyag mennyiséget módosítja. Az aktuális frekvencia és a frekvencia alapjel közötti különbség szorozva egy K tényezővel adja a blokk MW szabályozó

alapjeléhez hozzáadandó növekményt, amellyel megvalósul a primer szabályozás követelménye, mert ha megváltoztatjuk a hálózati frekvenciát, látható az aktuális frekvencia és ennek módosító hatása (5MW) a blokkteljesítményre.



4. ábra Az energiatermelő blokk hatásvázlata

A hatásvázlat alapján a rendszer statikus és dinamikus viselkedése vizsgálható, szimulálható. Vizsgálható, hogy a rendszer kimenőjelei megfelelnek-e az előre megadott minőségi előírásoknak. A PI szabályozók paramétereinek hangolásával a szabályozás dinamikus tulajdonságai módosíthatók. A rendszer tényleges megépítése, illetve valós idejű vizsgálata előtt célszerű szimulációs vizsgálatokat végezni.

### A termelő és fogyasztó egységekkel kapcsolódó hálózat modellje

Az ellátó rendszer feladata a villamos energiafogyasztás és termelés egyensúlyának biztosítása adott hálózati frekvencián. Mivel a váltófeszültséggel üzemelő villamos energiahálózat nem tárol villamos teljesítményt, a Központi Hálózatirányító normál üzemben a termelés növelésével/csökkentésével biztosítja a termelés és fogyasztás egyensúlyát, hogy a termelt és fogyasztott villamos teljesítmények minden időpillanatban megegyezzenek egymással. Ily módon az energiatermelőknek kell végrehajtani a hálózatirányítás parancsait.

A következőkben először vázlatos áttekintő képet adunk egy országos szintű hálózatról.

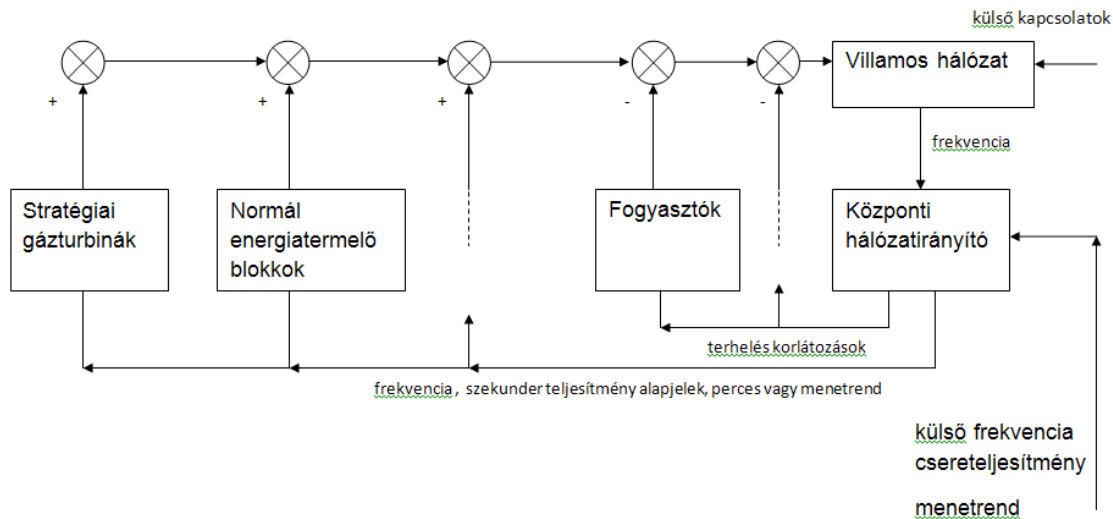
Az országos szintű részhálózatok egy közös országos hálózatba vannak kapcsolva. Ez az országos hálózat egy külső, közös hálózattal megállapodás szerinti csereteljesítmény menetrend szerint üzemel és üzemzavar helyzetekre is fel van készítve.

A következőkben csak a Központi Hálózatirányító MW-ban mért hatásos teljesítményszabályozásáról adunk áttekintést - amely a legalapvetőbb a biztonságos hálózatüzem szempontjából - nem foglalkozunk a meddő teljesítményszabályozással és az üzemzavar helyzetek kezelésével.

## A hatásos villamos teljesítmény termelés és fogyasztás összekapcsolt modellje a Központi Hálózatiirányítóval

A mindennapi életben az 50Hz frekvenciájú, háromfázisú váltófeszültség használatos, elsősorban a hálózaton való szállíthatóság miatt.

Az összekapcsolt modellt az 5. ábra szemlélteti.



5. ábra A MW generálás és fogyasztás modellje

A vizsgált hálózatra villamos teljesítményt táplálnak. A normál energiatermelő blokkoknak a hálózatszabályozásban résztvevő egységei követik a Központi Hálózatiirányítóból jövő alapjeleket; A biztonsági termelő egységeket (pl. stratégiai gázturbinák) a Központi Hálózatiirányító gyorsindítással kapcsolja üzemzavar esetén a hálózatra; A vizsgált hálózatból teljesítményt fogyasztanak a hálózatra kapcsolt fogyasztók, amelyeknek üzemzavar esetekben a Központi Hálózatiirányító teljesítménykorlátozási utasítást küldhet.

### Rendszerváltozók a központi hálózatiirányítás rendszerében

- Hálózati feszültség, hálózati frekvencia (ezek állapotjellemzők illetve a hálózat kimenőjelei)
- A fogyasztó egységek fogyasztott MW értéke (zavaró jellemzők)
- A kapcsolódó rendszerek frekvencia-csereteljesítmény alapjelei, menetrendje külső hálózatiirányítótól (zavarkompenzálásnak tekinthető jelek)
- Külső hálózatokkal való hálózati MW kapcsolat (mért MW pillanatértékek)
- A termelő egységek (normál termelő blokkok és kisegítő) termelt teljesítményeit (mért MW pillanatértékek)

A Központi Hálózatiirányító megkapja a fenti jeleket bemenő jelként és előállítja a termelő egységek (normál termelő és kisegítőblokkok) MW alapjeleit (beavatkozó jelek)

## A hálózati szabályozás működése

### Primer szabályozás (az energiatermelő blokkok szabályozása)

A primer szabályozás gyors reagálást jelent (5-10 sec) a hálózati üzemzavarra, felhasználva az aktuális frekvencia eltérést. A primer szabályozás által létrehozott teljesítményváltozás nem állítja vissza a frekvenciát, csak csökkenti a frekvenciahibát.

A frekvencia visszaállítása a szekunder szabályozásban résztvevő egységek feladata.

### Szekunder szabályozás

Az 5. ábra blokkjai részt vehetnek a villamos hálózat szekunder szabályozásában. Ez azt jelenti, hogy alapjelet kapnak a Központi Hálózatiirányítótól.

Az alapjel lehet egy percenként megadott teljesítmény alapjel vagy egy 15 perces időtartamra megadott villamos energia (MWóra) alapjel. A szekunder szabályozás a villamos fogyasztás - termelés egyensúlyt van hivatva létrehozni és ennek megfelelően visszaáll a hálózati frekvencia 10-20 perc alatt. A MW termelők (erőművek) folyamatosan megadják a megengedhető terhelésük alsó és felső MW értékét, továbbá az általuk megvalósítható teljesítményváltozási sebességeket (fel és leterhelésre) mint korlátokat.

A percenkénti MW alapjelhez az 5. ábrán blokkal jelölt Központi Hálózatiirányító kiszámítja a hálózati villamos teljesítmény egyensúlyhoz szükséges MW alapjeleket, figyelembe véve a fogyasztást és a termelést, továbbá az idegen rendszerekkel megállapodott villamos csereteljesítmény menetrendet.

A menetrendkövető szekunder teljesítményszabályozás esetén a Központi Hálózatiirányító az erőművi blokkoknak 15 perces időtartamokra ad villamos energiatermelési követelményt (MWóra).

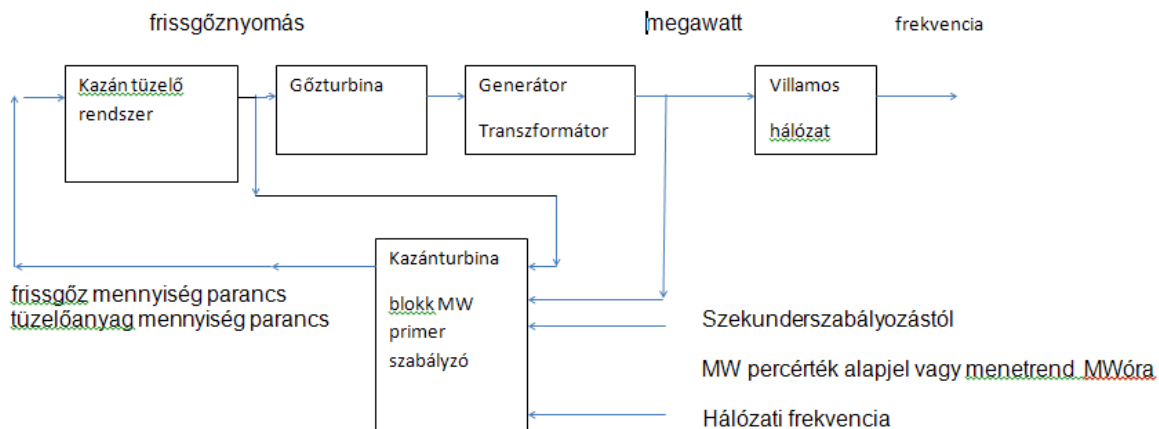
A Központi Hálózatiirányítónak a statisztikák és egyéb információk alapján becslései vannak a következő nap 24 órás várható fogyasztási menetrendjére. Ebben az esetben a Központi Hálózatiirányító és az erőművek megállapodnak pl. a következő napra vonatkozóan egy 15 perces szakaszokra lebontott menetrendben. Minden egyes adott 15 perces intervallumra az erőmű adott villamos energiát garantál MWórában. A menetrendtől való felfelé eltérés esetén a Központi Hálózatiirányító jóval kevesebbet fizet az előző napon megállapodott árnál a plusz energiáért, a lefelé való eltérést viszont igen keményen bünteti.

Használatban van még az úgynevezett tercier szabályozás, de ez elsősorban a Központi Hálózatiirányítót érinti, amikor a hálózatvezérlésben figyelembe veszi a hálózati veszteségeket, a hálózat egyéb adottságait, korlátait. Ezen információk alapján a tercier szabályozás a szekunder szabályozás alapjeleit módosítja, és ezen keresztül tud gazdaságilag optimalizált üzemvitelt elérni.

A továbbiakban egy alrendszer elemként működő energiatermelő blokk MW szabályozási sémáját tekintjük át.

### Egy erőművi blokk együttműködése a Központi Hálózatiirányítóval

A 6. ábra egy villamos hálózatra dolgozó erőművi blokk egyszerűsített MW szabályozási sémáját mutatja.



6. ábra Egy villamos hálózatra dolgozó erőművi blokk egyszerűsített sémája

Egy tipikus erőművi blokk a kazán, a gőzturbina, generátor (hálózati transzformátorral) alrendszerekből áll és a hálózathoz a MW szabályzóval csatlakozik. A Kazánturbina azonosítójú sémaelemben a blokk MW szabályzó a Központi Hálózatiirányítóval való együttműködéséhez szükséges csatlakozó jeleket kapja meg, amelyek a Központi Hálózatiirányítótól érkező MW menetrend ill. a szekunderszabályozás MW alapjelek, és a hálózati frekvencia, amely a blokkszabályozásba épített primer szabályozáshoz kell.

A blokkszabályzó kezeli a kazán kimenő gőznyomását a kilépő gőznyomás szabályozással, a turbina gőznyelését a blokk MW szabályozással, és a generátor által termelt villamos MW teljesítményt. Az energiatermelő blokkok az országos villamos alaphálózatra adják ki a termelt villamos teljesítményt.

Néhány fénykép (7.-10. ábrák) a MAVIR Zrt (Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt) kiadványaiból az energiaellátó rendszer egyes részeiről:



7. ábra A Dunamenti Erőmű a magasból





8. ábra A Gödi alállomás



9. ábra Győr – Szombathely távvezeték



10. ábra 750 kV-os transzformátor

## **Magyarország villamosenergia rendszere és a villamosenergia cseréje a szomszédos országokkal**

A villamosenergia rendszer első szintje a nagyfeszültségű átviteli hálózat, amely többségében 400 kV-os távvezetésekből áll. Erre a hálózatra dolgoznak az alaperőművek. Az átviteli hálózat részét képezik a szomszédos országok felé menő határkeresztező távvezetékek, amelyeken át bonyolódik – kereskedelmi alapon – a villamosenergia csere. Az átviteli hálózat a MAVIR Zrt tulajdonában van.

A második szint az áramszolgáltató vállalatok által üzemeltetett 120 kV feszültségű főelosztóhálózat, amely biztosítja a villamos energia szállítását a nagyobb fogyasztói csomópontokhoz (városokhoz, kerületekhez, nagyfogyasztókhoz). A főelosztóhálózat az átviteli hálózati csomóponti alállomásokból kapja az áramot.

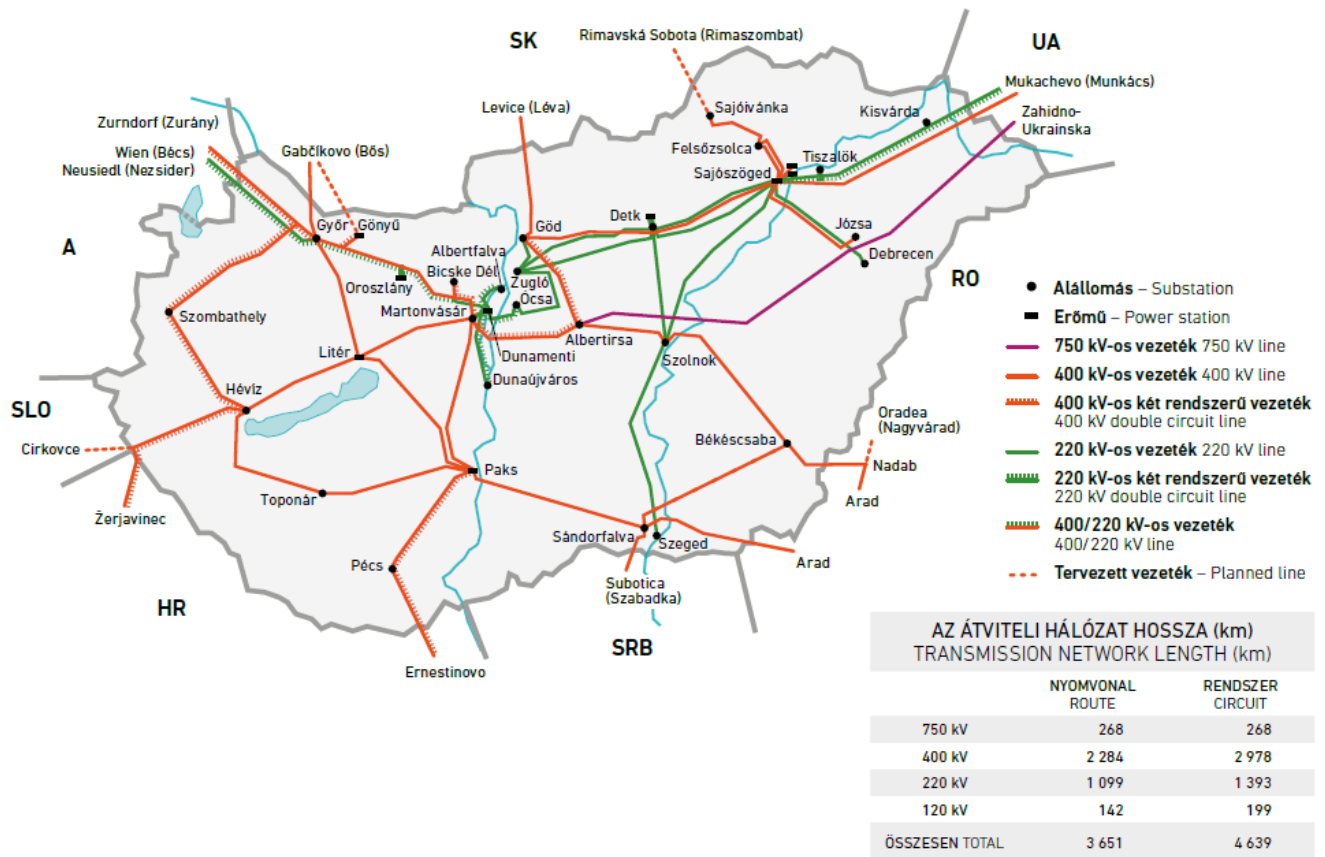
A harmadik szint a helyi elosztóhálózatok, amelyek a főelosztóhálózati alállomásokból először közép- és kisfeszültségen (20 és 10 kV), majd kisfeszültségen (400/230 V) látják el a rájuk csatlakozó fogyasztókat. A közép- és kisfeszültségű elosztóhálózatokat is az áramszolgáltatók üzemeltetik.

A nagyfeszültségű alállomások fő részei a nagy teljesítményű transzformátorok, a primer és szekunder oldali kapcsolóberendezések, valamint az ezeket kiszolgáló vezérlő és üzemzavar elhárító védelmi berendezések. Ezek az alállomások általában a városokon kívül szabadterén, elzárt területeken helyezkednek el. Nagyobb városok belterületén épületben vannak elhelyezve.

Az elosztóhálózati közép- és kisfeszültségű transzformátorokat és kapcsolóberendezéseiket vagy erre a célra kialakított oszlopokon, vagy épületek elzárt helyiségeiben, illetve speciálisan kialakított utcai konténerekben helyezik el.

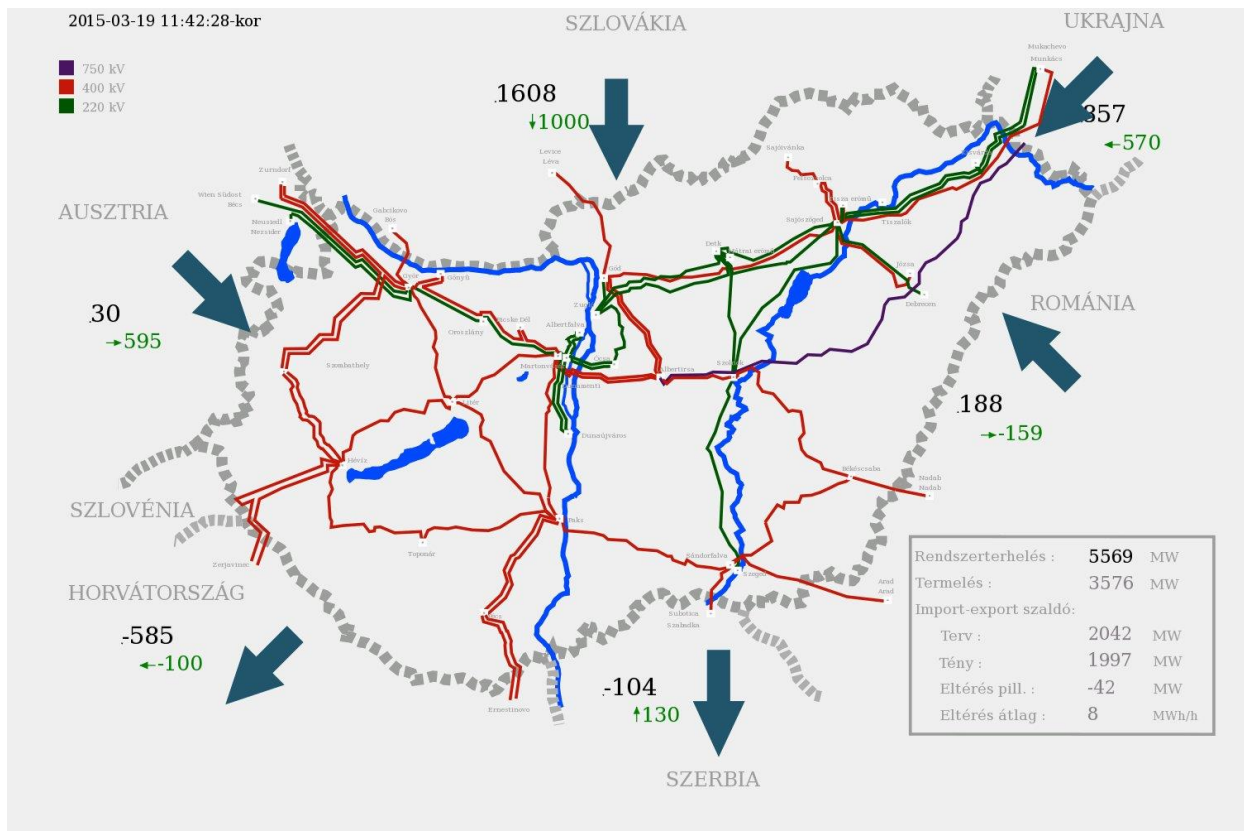
A magyar átviteli hálózat vázlatát a 11. ábra mutatja.

# A MAGYAR ÁTVITELI HÁLÓZAT 2013. DECEMBER 31-ÉN THE HUNGARIAN TRANSMISSION NETWORK ON 31 DECEMBER 2013



11. ábra A magyar átviteli hálózat

A magyar villamos energia-rendszer tagja a legnagyobb európai – 24 ország villamos energia-rendszerét egyesítő- rendszeregyesülésnek (RGCE). E rendszeregyesülés technikailag biztosítja az EU egységes belső árampiacának működését, amelynek keretein belül bonyolódik hazánkban a szomszédos országokkal való áramcsere a MAVIR irányításával. A villamosenergia cseréjének aktuális szemléltető ábrája a MAVIR honlapján megtalálható: <http://www.mavir.hu/web/mavir/home> (12. ábra).



12. ábra A villamos energia cseréje a szomszédos országokkal

## A hagyományos és a megújuló energiaforrásokról

Az energia termelése és elosztása elsőrendű fontosságú, mindennapi életünk alapvető feltétele.

Napjainkban a hagyományos, szén, kőolaj, földgáz, vízi energia felhasználása mellett az erőművekben egyre nagyobb hangsúlyt kapnak az alternatív, megújuló energiaforrások is. A kémiai energiaforrások készlete véges, ezért fontos az alternatív energiaforrások megbízható és gazdaságos felhasználásának kidolgozása.

Az erőművek alapegységei a turbina és a szinkrongenerátor. A turbina lapátjainak megforgatásával a turbina tengelye forgásba jön. A turbina tengelye kapcsolódik a szinkrongenerátor forgórészének tengelyéhez. A szinkrongenerátor forgórészét egyenárammal táplált tekercseléssel, vagy állandó mágnesekkel gerjesztik, állórészén többfázisú váltakozó áramú tekercselés található. A forgó mágneses tér az állórész tekercselésében váltakozó áramú feszültséget hoz létre. A szinkron generátor a mechanikai energiát villamos energiává alakítja.

A különböző erőművek a rendelkezésre álló kémiai, vízi, atom illetve alternatív energiát alakítják át mechanikai energiává, a turbina forgási energiájává.

Az E.ON Hungária Zrt. amely a magyar energiagazdaság fontos résztvevője és Magyarország vezető energiaszolgáltatója egy nagyszabású, EnergiaKaland elnevezésű tanulási programot dolgozott ki, amelynek célja az energiatudatosság kialakítása, az energiával kapcsolatos tudás bővítése, mindenki számára, az óvodáskortól a felnőttkorig. Az alábbi linken elérhető ismeretek szemléletesen mutatják be

és magyarázzák az egyes energiaforrások felhasználását, átalakítását villamos energiává. Animációk segítik elő az egyes energiaforrások villamos energiává történő átalakításának megértését.

<http://www.energiakaland.hu/energiaotthon/energiaforrasok>

Az egyes erőművek működési elvét az alábbiakban röviden leírjuk.

### **Szénerőmű**

A szén (vagy lignit) kazánban történő elégetésekor felszabaduló hővel vizet melegítenek. Ennek hatására gőz képződik, ami nyomást gyakorol a turbinák lapátjaira, ezáltal forgásba hozva őket. A turbinákat generátorokkal kapcsolják össze, amelyek áramot termelnek.

### **Kőolajat felhasználó erőmű**

A kőolajat kazánban elégetik. Égéshőjét vízmelegítésre használják. Ennek hatására gőz képződik, ami nyomást gyakorol a turbinák lapátjaira, ezáltal forgásba hozva őket. A turbinákat egy generátorral kapcsolják össze, ami áramot termel.

### **Földgázt felhasználó erőmű**

A földgázt nagy turbinákban égetik el. A turbina egy generátort forgat meg, amely elektromos energiát fejleszt. A gázturbinából távozó forró füstgázzal nagynyomású gőzt termelnek, amit gőzturbinákba vezetve újabb generátorokat hajtanak meg, még több villamos energiát fejlesztve. Ezért ez a technológia igen hatékony. A turbinából kiáramló gőz tovább hasznosítható, például épületek fűtésére.

### **Vízierőmű**

A vízierőműveket nagyobb folyók, tavak vagy magasan a tengerszint felett létesített mesterséges víztározók közelébe, illetve duzzasztógátak építésére alkalmas helyszínekre telepítik. Az áramló víz mozgási energiája megforgatja a turbinát, amely az áramot termelő generátorhoz kapcsolódik.

### **Atomerőmű**

Az atomenergiát az uránatomok kisebb méretű atomokká történő hasításával nyerik. Az uránt neutronokkal bombázzák, aminek hatására maghasadás következik be. A maghasadás során neutronok szabadulnak fel, amelyek aztán további atommagokat hasítanak szét, így beindul a láncreakció, amelynek során jelentős mennyiségű energia szabadul fel. Ahhoz, hogy ez a láncreakció ne vezessen robbanáshoz, de önfenntartó és kontrollálható legyen, egy moderátor anyagot használnak, amelyik lefékezi a neutronokat. A régebbi atomerőművekben grafitot használtak moderátorként, a jelenleg elterjedt, második generációs nyomott vizes reaktorokban könnyűvíz a moderátor (ilyen a paksi is). Ezek mesterségesen dúsított uránt használnak üzemanyagként. A maghasadásból származó hő vízmelegítésre használják. Ennek hatására gőz képződik, ami nyomást gyakorol a turbinák lapátjaira, ezáltal forgásba hozva őket. A turbinákat generátorokkal kapcsolják össze, amelyek áramot termelnek.

További link: <http://www.fordulo-portal.hu/index.php?page=news&id=26>

<http://aramhasznalok.network.hu/blog/villamosenergia-felhasznalok-kozossege-hirei/a-villamos-energia-elollitasanak-modjai-atomeromu>

## **Alternatív, megújuló energiaforrások alkalmazása**

A természetben lévő fosszilis anyagok (szén, kőolaj, gáz) és a víz korlátozottsága miatt egyre inkább előtérbe kerül az alternatív, ún. megújuló energiaforrások felhasználása villamos energia termelésére. Néhány lehetőséget említünk meg az alábbiakban.

### **Szélerőmű**

A szélturbinákat a szeles időben a lapátok hátoldalán kialakuló alacsonyabb légnyomás, illetve a légnyomáskülönbség következtében képződő húzóerő hajtja. A lapátokat egy generátorral kapcsolják össze, amely forgás közben áramot termel.

### **Naperőmű**

A fény energiáját napelemek alakítják át villamos energiává. Ezek a napelemcellák nagyobb egységekbe – úgynevezett napelempanellekbe – szerelve az épületek tetejére vagy oldalára illeszthetők. Az aktív napkollektoros vízmelegítők segítségével egyszerűen juthatunk meleg vízhez: a Nap felé fordított fekete napkollektorok belsejében keringetett folyadék felmelegszik, és a házban található hőcserélő tartályba jutva átadja energiáját az épület vízvezetékrendszerében keringő hidegebb víznek.

### **Biomasszát felhasználó erőmű**

Minden növényi és állati eredetű anyag a biomassza részét képezi. Az úgynevezett energianövényeket kifejezetten azért ültetik, hogy aztán fűtőanyagként hasznosíthassák. A biomasszát gőzkazánokban égetik el. A keletkező gőz egy turbinát forgat meg, amely működésbe hozza a villamos energiát termelő generátort. A lakossági szennyvízből nyert metángáz égetésével hő és villamos energia állítható elő.

### **Geotermikus energia hasznosítása**

A mélyen a Föld felszíne alá jutó víz bizonyos helyeken felmelegszik, majd természetes hőforrások formájában tör fel a felszínre, ahol geotermikus energiaforrásként is hasznosítható. A felszín alatti magas hőmérsékletű területekig lefúrt mesterséges kutakba vizet pumpálnak. Ha a víz felmelegedett, kiszivattyúzzák. A felszínre hozva a meleg víz lakóházak fűtésére, illetve ha elég forró, gőzturbinák meghajtására és így elektromos energia termelésére is használható.

### **Hidrogén üzemanyagcellák alkalmazása**

Ha elektromos áramot vezetünk a vízbe, a vízmolekulák kötése felbomlanak, és az őket alkotó hidrogénre és oxigénre válnak szét. A hidrogén és az oxigén gázhalmazállapotban távozik (elektrolízis). Az üzemanyagcellában ennek a folyamatnak éppen a fordítottja zajlik le. Az üzemanyagcellák hidrogénből és oxigénből vizet állítanak elő, áramot és hőt termelve a folyamat során. Elméletileg a levegőben található oxigénből és a vízben található hidrogénből bárhol előállíthatók. Az üzemanyagcella energiátároló eszköz (egyfajta akkumulátor), amely hidrogénből és a levegő oxigénjéből elektromos áramot állít elő, miközben melléktermékként víz képződik. Az üzemanyagcellák jelenleg kísérleti fázisban vannak. Előnyük a hagyományos akkumulátorokkal szemben az, hogy azonos térfogatban kisebb súly mellett sokkal több energiát képesek tárolni.

## **Irodalomjegyzék**

Geszti P Ottó:  
Villamosenergia rendszerek I-II.  
Tankönyvkiadó, 1984

Czinder Jenő:  
Erőművek szabályozása  
Műegyetemi Kiadó, 2000

Faludi Andor, Szabó László:  
Villamosenergia rendszer üzeme és irányítása  
BMEVIVEM265. 2011

Jenő Kovács, Foster Wheeler Finland:  
Advances in Coordinated Control  
Powerplant Application of Advanced Control Technics  
Editor: Pál Szentannai, 2010