

Microgrid hálózatok felépítése

Lipták Róbert

PhD hallgató, Miskolci Egyetem, Fizikai és Elektrotechnikai Intézet
Elektrotechnikai és Elektronikai Intézeti Tanszék
3515, Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: elkrobi@uni-miskolc.hu

Bodnár István

intézeti tanszékvezető egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Fizikai és Elektrotechnikai Intézet
Elektrotechnikai és Elektronikai Intézeti Tanszék
3515, Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: vegybod@uni-miskolc.hu

Absztrakt

A jelenlegi villamosenergia-ellátási rendszer hátránya az, hogy a termelés és nagy távolságra való szállítás következtében kedvezőtlen a rendszer hatásfoka, továbbá teljes áramkimaradás miatt a rendszer sebezhető. Az intelligens hálózatok célja, hogy orvosolja a jelenlegi hálózat jelentős gyengeségeit és lehetőséget teremtsen a szolgáltatásban résztvevőknek, hogy folyamatos információ legyen a hálózati elemekről, valamint a hálózat állapotáról és a működéséről. A Microgrid hálózatok rendelkeznek kommunikációs hálózattal, valamint vezérlőrendszerrel is, amely lehetővé teszi a rendszer szabályozását. Az intelligens Microgrid hálózatok struktúráját úgy tervezik meg, illetve alakítják ki, hogy csatlakoztatható, valamint leválasztható legyen a közüzemi villamos hálózatról, ezáltal az intelligens vezérlő rendszer lehetőséget biztosít arra, hogy a villamosenergia termelése és annak felhasználása optimalizálva legyen.

Kulcsszavak: microgrid hálózat, intelligens hálózat, microgrid hálózatok felépítése,

Abstract

The disadvantage of the current electricity supply system is that the efficiency of the system is unfavorable due to production and long-distance transmission, and the system is vulnerable due to a complete power outage. The purpose of smart grids is to remedy the significant weaknesses of the current network and to enable service participants to have continuous information about the network elements and the status and operation of the network. Microgrid networks have a communication network as well as a control system. The structure of the intelligent Microgrid networks is designed and constructed to be able to connect and disconnect from the utility electricity network, thus the intelligent control system provides an opportunity to optimize the production and use of electricity as much as possible.

Keywords: microgrid, smartgrid, architecture of Microgrids

1. Bevezetés

A váltakozó feszültségű villamosenergiának alapvetően két fő jellemzője van, az egyik, hogy könnyen szállítható nagy távolságokon, a másik pedig az, hogy nem tárolható könnyen. Ennek eredményeként a hagyományos rendszerekben pontosan annyi villamosenergiát kell előállítani, mint amennyire éppen akkor szükség van. Ez a tény arra készítette a kutatókat és mérnököket, hogy a villamosenergiát egy

olyan „szolgáltatási energiának” tekintsek, amely bármilyen energiaforma átalakításából származhat, a felhasználás helyén pedig az átalakítása teljesen más formában történhet. Tehát ezen koncepció szerint a hagyományos villamosenergia-rendszert nagyon összetett és széles infrastruktúrának alakították ki, amely lehetővé teszi az energia termelését nagyon nagy távolságban attól a helytől, ahol arra szükség van [1].

2. Hagományos villamos hálózatok

Mint bármely más fizikai rendszer esetén, a villamos hálózaton (felsővezetékek és a kábelek) is veszteség keletkezik, ezért ezek hosszát minimalizálni kell a rendszer energiahatékonyság-növelésének érdekében. Figyelembe véve, hogy a hőveszteség arányos a villamos hálózaton folyó áram négyzetével, valamint a teljesítmény a feszültség és az áram szorzata, ezért nyilvánvaló, hogy minél kisebb az áram, annál nagyobb az energiahatékonysága az egész hálózatnak. Ebből adódik, hogy a villamos hálózatot a lehető legnagyobb feszültség szinten kell működtetni. A távvezetéseken, illetve földkábelben megoldható a magasabb feszültség szint, de nyilvánvalóan a lakossági felhasználásban ez nem lehetséges életvédelmi okok miatt. A villamosenergia-hálózat teljes topológiáját tekintve, nagyon széles feszültségtartomány figyelhető meg, amelynek az értéke attól függ, hogy az energia elosztás mely szintjét tekintjük. [1]

2.1. Hálózatok feszültség szintjei

A hálózatok feszültség szintjétől függően megkülönböztetünk kisméretű (1.000 V alatti) és nagyfeszültségű (1.000 V és annál nagyobb) hálózatokat. A szabványos feszültség szintek hazánkban: kisméretű a 0,4 kV (ill. 230 V fázisfeszültség); nagyfeszültség a 3 kV, 6 kV, 11 kV, 22 kV, 37,5 kV, 132 kV, 220 kV, 440 kV, 750 kV, - amely értékek alatt mindig a háromfázisú váltakozófeszültségű rendszer vonali feszültsége értendő. Az 1...100 kV-os hálózatokat a gyakorlati szóhasználatban középfeszültségű hálózatoknak szokás nevezni. A kisméretű hálózatok rendeltetése mindenkor a villamosenergia közvetlen elosztása a fogyasztók között, ezért ezeket a hálózatokat összefoglalóan kisméretű elosztóhálózatoknak nevezzük. A hazánkat tekintve hálózatokat az alábbiak szerint lehetséges felosztani.

2.1.1. Elosztóhálózat

Rendeltetése a villamosenergia nagyfeszültségen való elosztása az alállomások gyűjtősíneitől a fogyasztói transzformátorokig. Ezek feszültség szintje hazánkban 11 kV és 22 kV (közélcélú, áramszolgáltatói elosztóhálózatok) valamint 3 kV és 6 kV (ipartelepek belső elosztóhálózatai), ezért szokás e hálózatokat középfeszültségű elosztó hálózatnak is nevezni [5].

2.1.2. Főelosztóhálózat

Rendeltetése a villamosenergia elosztása az alaphálózati csomópontokból az elosztóhálózatok táppontjaihoz, amelyek általában a fogyasztói körzetek súlypontjában helyezkednek el [5].

2.1.3. Országos alaphálózat

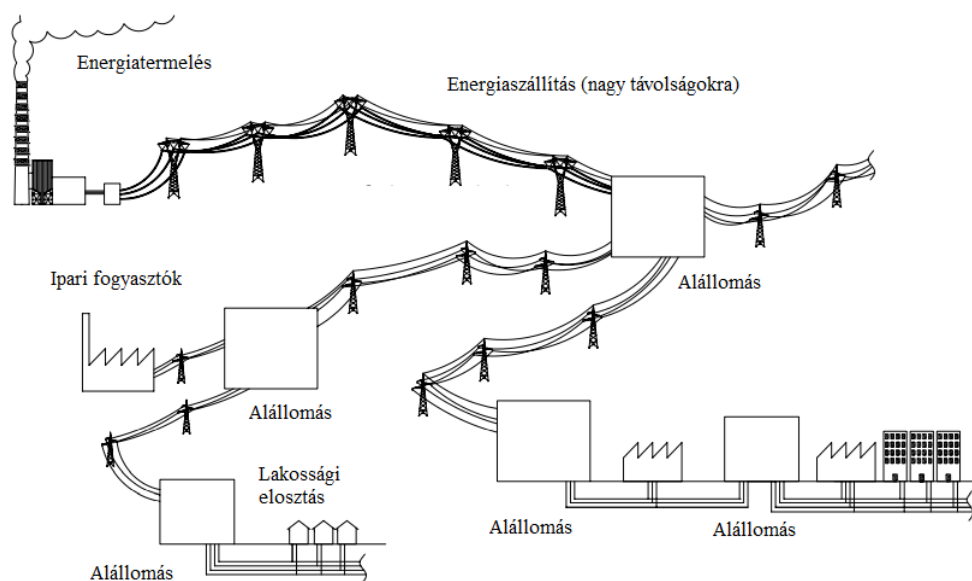
Feladata az erőművek és a csomóponti nagy transzformátorállomások összekapcsolása, a villamosenergia nagy mennyiségű szállítása. Az országos alaphálózat vezetékei alakítják ki tulajdonképpen a kooperációs villamosenergia-rendszert. A magyar alaphálózat távvezetékeinek nagyobb hányada ma már 440 kV-os, de a 220 kV-os hálózat is ennek a részét képezi [5].

2.1.4. Nemzetközi, kooperációs hálózat

A különböző országok alaphálózatait köti össze, biztosítva ezzel a nemzetközi kooperációs villamosenergia rendszerek kialakulását, a nemzetközi villamosenergia-szállítást. A szokásos feszültség szintek itt 220 kV 440 kV és 750 kV [5].

2.2. Hagyományos hálózatok topológiája

Az egész rendszer folytonosságának biztosítása érdekében, illetve amiatt, hogy a különböző feszültség szintek között átjárhatóság biztosítva legyen transzformátorokat szükséges elhelyezni a hálózaton. Mivel a transzformátorok működési elve az elektromágneses (Faraday-féle) indukciós törvényen alapul, a fent leírt jellemzőkkel rendelkező elektromos infrastruktúra nem működtethető egyenárammal. Valószínűleg ez a fő történelmi oka annak, hogy a hagyományos elektromos hálózat váltakozó áramú (AC) rendszer. A tipikus hagyományos villamosenergia rendszer felépítése az 1. ábrán látható. Ezenkívül a hagyományos villamosenergia-rendszerek túlnyomó többségét háromfázisú szimmetrikus rendszerként működtetik, alapvetően két fő okból. Az egyik gazdasági szempont, ugyanis ugyanannyi energia átvitelének lehetőségét garantálja, mint egyfázisú rendszeren, jelentős szabadvezeték és kábelayag megtakarításával. A másik ok az, hogy a pillanatnyi teljesítmény állandó, ami rendkívül fontos tényező az indukciós gépek üzemeltetésével kapcsolatban. [1]



1. ábra. Hagyományos villamos energia rendszer felépítése [2].

3. Microgrid hálózatok

A jelenlegi villamosenergia-rendszer gyakorlatilag arra épül, hogy az erőművekből származó villamosenergiát az ipartelepeken és háztartásokban központosított fogyasztókhoz vezesse. Az erőművek hatásfokát tekintve, az égési folyamatoknál a primer energia 50-70%-a hőveszteség, továbbá a hagyományos erőműveknél 20-25% extra kapacitás áll csak rendelkezésre, hogy az aktuális fogyasztás követhető legyen csúcsidekben [2].

A jelenlegi villamosenergia-ellátási rendszer másik hátránya a teljes áramkimaradás miatti sebezhetőség, ha tömeges kiesések történnek a hálózat bármelyik részén. Az intelligens hálózat célja, hogy orvosolja a jelenlegi hálózat jelentős gyengeségeit továbbá lehetőséget teremtsen a szolgáltatásban résztvevőknek, hogy folyamatos információ legyen a hálózati elemekről, valamint a hálózat állapotáról és a működéséről. Az intelligens hálózatok várhatóan rugalmasabbak lesznek bármilyen meghibásodás esetén és számos további előnye van a hagyományos villamosenergia-rendszerekkel szemben. A rendszer egyik jellemzője az energiahatékonyságra való optimalizálás, emellett a környezeti hatások csökkentése is megvalósítható a rendszerrel, amely a megújuló energiaforrásoknál jellemző. Mivel a napenergiával történő villamosenergia-termelés esetén, a nem egyenletes napsütés DC és AC oldalon is feszültségváltozást okoz, továbbá a napelemes inverterek által szolgáltatott feszültség a napelem modulok hőmérsékletének függvényében igen széles skálán mozognak.

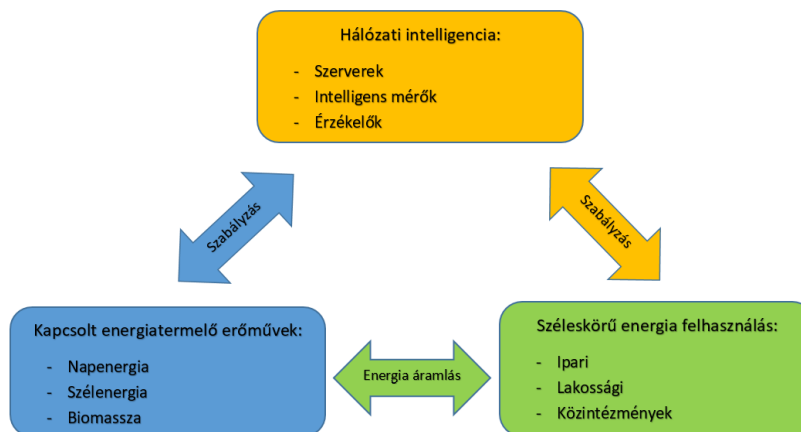
Mivel az intelligens hálózat energiahatékonyságra törekszik, ezért az energiaveszteségek csökkenthetők (pl.: a villamosenergia-rendszeren disszipált hő). A Microgrid hálózatok egymással szoros kapcsolatban álló terhelések és helyi erőművek rendszere, amelyek szigetüzemben, a hálózattól függetlenül is működhetnek, vagy akár a villamos hálózathoz is csatlakoztathatók. A Microgrid hálózatok gyakorlatilag a hagyományos hálózat összes alapvető elemét tartalmazza, de a rendszer kialakítását tekintve sokkal közelebb helyezkednek el egymáshoz, így az erőműveket és a fogyasztókat tömörebb szerkezetben reprezentálja. Az erőművek szorosan a fogyasztók szomszédságában helyezkednek el, így nincs szükség a hagyományos villamos hálózathoz hasonló átviteli rendszerre. A helyi erőművek képesek lehetnek kielégíteni a helyi igényeket, ellenkező esetben az áramhiányt egy nagyobb, a Microgrid hálózatokat összekötő villamos hálózat kompenzálja. Más szavakkal, a Microgrid hálózatok a hagyományos hálózat kicsinyített változata, viszont rendelkeznek kommunikációs hálózattal, valamint vezérlőrendszerrel is, amely lehetővé teszi, hogy a rendszer irányítható legyen [2].

A Microgrid hálózatok felépítését több oldalról lehet megközelíteni. Az egyik elgondolás szerint a hálózatba integrálni kell a megújuló energiaforrásokat a környezeti hatások miatt, a másik megközelítés szerint az energiabiztonság és a megbízhatóság alapvető tényezőit kell figyelembe venni, amelyek megkövetelik, hogy a Microgrid hálózatok nagyobb biztonsággal működő hálózathoz kapcsolódjanak. Talán a két megközelítés együtt a legmegfelelőbb.

Az intelligens Microgrid hálózatok struktúráját úgy tervezik meg, illetve alakítják ki, hogy csatlakoztatható, valamint leválasztható legyen a közüzemi villamos hálózatról, ezáltal az intelligens vezérlő rendszer lehetőséget biztosít arra, hogy a villamosenergia-termelés és annak felhasználása optimalizálva legyen. Az intelligens Microgrid hálózat olyan elektromos hálózat, amely különféle funkciójú és energia mérésekkel kapcsolatos eszközöket és rendszereket tartalmaz, beleértve az intelligens fogyasztásmérőket, az intelligens készülékeket, a megújuló energiaforrásokat és az energiahatékony erőforrásokat. A 2.ábra a Microgrid hálózatok alapvető részeit mutatja. A két rendszer autonóm, de mégis egymással összefüggő kapcsolatban áll. Az egyik cél az energia eljuttatása a termelési ponttól a fogyasztóig, a másik pedig az összekapcsolt rendszerek szabályozása, illetve a hálózati adatok alapján az energiagazdálkodás optimális kialakítása.

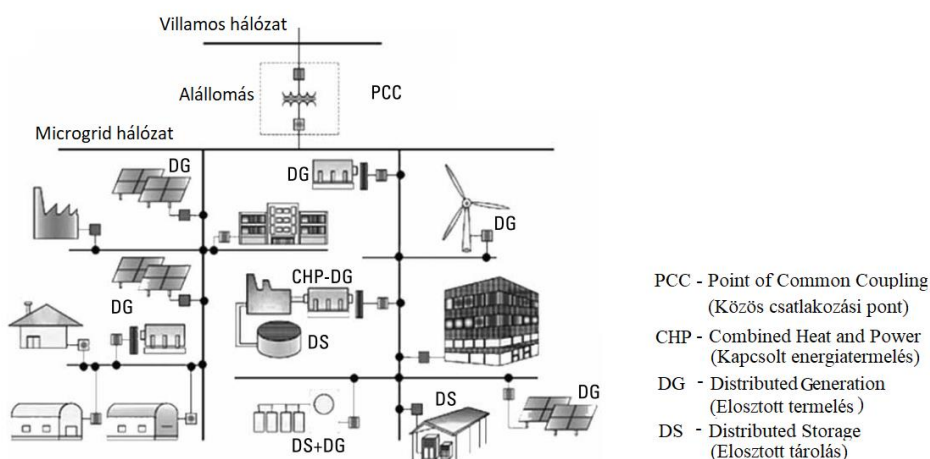
A fogyasztók és Microgrid hálózat helyi energiaforrásai egyetlen vezérelhető rendszerként működik, amely villamos energiát és hőenergiát is biztosít az adott helyi területnek. Ebből az következik, hogy ezt a hálózatot intelligens eszközök és infrastruktúra jellemzik. A Microgrid hálózatban lévő eszközök három fő kategóriába sorolhatók:

- Elosztott energiaforrások (külföldi szakirodalmakban: **DER**-Distributed Energy Resources)
- Elosztott tárolás (külföldi szakirodalmakban: **DS**- Distributed Storage)
- Fogyasztók (mind villamosenergia és hőenergia tekintetében) [1]



2. ábra. A Microgrid hálózatok alapvető részei [2].

Az elosztott energiaforrásokat (DER) további két részre lehet bontani, a Megújuló energiaforrások (külföldi szakirodalomban: RES-Renewable Energy Sources), valamint Hagyományos energiaforrások (CES Conventional energy sources). Ez sokféle energiaforrást jelent, valamint sok termelési típust, amelyet elosztott termelésnek neveznek (**DG**-Distributed generation). Hálózati infrastruktúra szempontjából jellemzően rendelkezik villamosenergia hálózattal, termikus infrastruktúrával, valamint információs, kommunikációs infrastruktúrával. A villamos és termikus infrastruktúra összekapcsolódik, ha kapcsolt energiatermeléssel (**CHP**-Combined Heat and Power) történik az energia előállítása az intelligens hálózatban. Továbbá a kommunikációs hálózat, illetve a vezérlő rendszer lehetővé teszi, hogy az összes eszköz a hálózatban optimálisan legyen kezelve. Fontos elemei még a Microgrid hálózatnak a leválasztó és védelmi eszközök, a közös csatlakozási ponton (**PCC**-Point of Common Coupling). Ez az a pont, ahol a villamos hálózathoz csatlakozik a Microgrid hálózat. A 3. ábra a Microgrid hálózatok általános felépítését mutatja [1].



3. ábra. Microgrid hálózat általános felépítése [1].

3.1. A Microgrid hálózatok általános felépítése

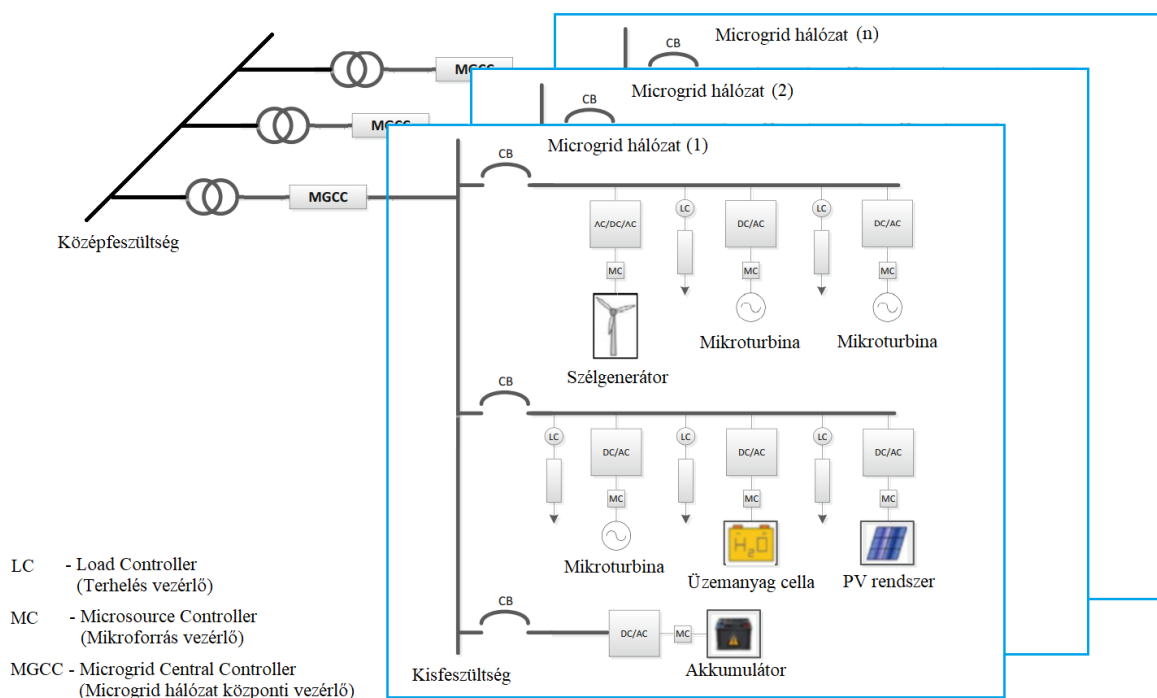
A vezérlés és szabályozás biztosítja a Microgrid hálózatok gazdaságos működését. Ezek különböző szabályozási módszerekkel valósíthatók meg. A 4. ábra a Microgrid hálózatok kapcsolódását mutatja a közüzemi hálózathoz. Az MGCC (Microgrid Central Controller), amely a Microgrid hálózat központi vezérlője, amely a villamosenergia hálózat vezérlésével biztosítja az energia elosztását a rendszeren belül. A Microgrid hálózatokban a mikroforrás-vezérlők (külföldi szakirodalmakban: MC-Microsource Controller) és a terhelés-szabályozók (külföldi szakirodalmakban: LC-Load Controller) felelősek az elosztott források és a vezérelhető terhelések a hálózathoz történő csatlakoztatásáért és vezérléséért. A mikroforrás-vezérlők és terhelés-szabályozók helyi szinten működnek, míg a Microgrid hálózat központi vezérlője (MGCC) központi irányítóeszközként működik [4, 6].

3.1.1. Microgrid hálózat központi vezérlő

Feladata a központi vezérlés. Felelős azért, hogy az energiaegyensúly megmaradjon a fogyasztás és a termelés között amellet, hogy minimalizálja az energiaveszteségeket és maximalizálja a Microgrid hálózat hatékonyságát.

3.1.2. Mikroforrás vezérlő

Helyi információk felhasználásával a Mikroforrás vezérlőnek képesnek kell lennie a feszültség- és teljesítmény szabályozására a terhelés változására vagy annak zavarára reagálva. A csatlakoztatott energiaforrástól függetlenül képes a gyors reagálásra és beavatkozásra.



4. ábra. Microgrid hálózatok kapcsolódása a közüzemi hálózathoz [4].

3.1.3. Terhelés-szabályzó

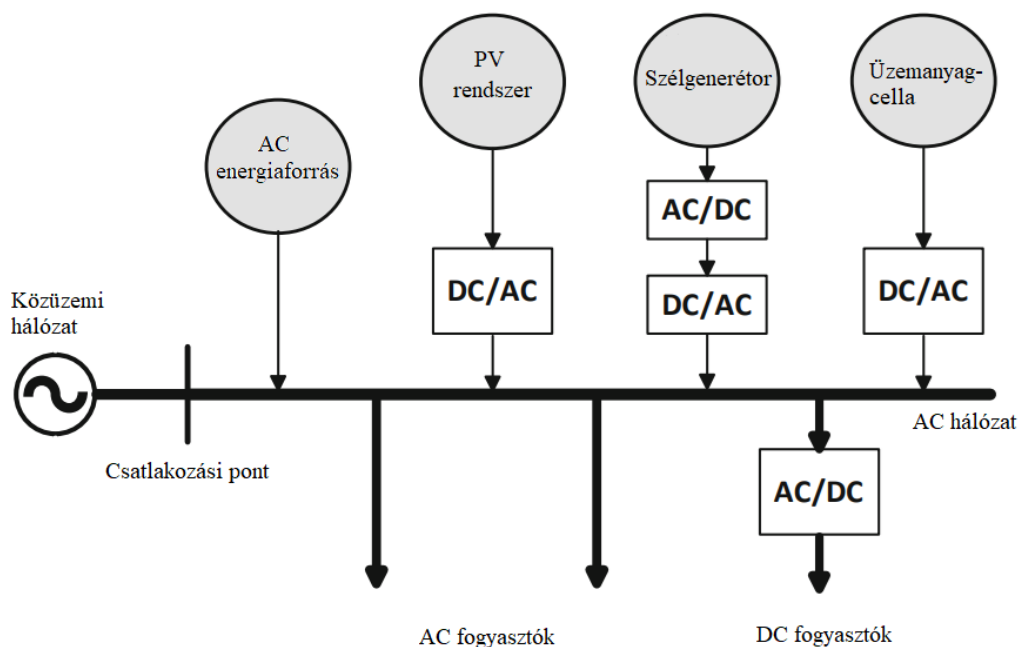
Egyes berendezések csatlakoztatásával, illetve leválasztásával terhelésirányítást tud végezni bizonyos előre meghatározott időszakokban. A szabályozással a Microgrid hálózat kedvezőtlen működési körülményeit csökkenti [4].

3.2. A Microgrid hálózatok csoportosítás alkalmazás szerint

Hálózatra csatlakoztatott vagy szigetüzemre is képes Microgrid hálózatok jellemzően háromfázisú váltakozó áramú rendszeren keresztül csatlakoznak a közüzemi hálózathoz. A teljesítményelektronika fejlődésével az egyenáramú rendszerek alkalmazása is elterjedt ezen a területen. Attól függően, hogy milyen a fogyasztói igény, áramnem szempontjából többféle Microgrid hálózat, AC, DC és Hibrid Microgrid hálózat is kialakítható [2].

3.2.1. AC Microgrid hálózatok

Az AC Microgrid hálózatok nagyon hasonlítanak a hagyományos hálózathoz, azzal a különbséggel, hogy ezeknél az energia megtermelését helyben végzik, vezérlőkön keresztül a helyi fogyasztokhoz eljuttatva a villamos energiát. Szinte az összes áramforrás elektromos átalakítók keresztül csatlakozik az AC hálózathoz. Az ilyen típusú Microgrid hálózatok egyik fő korlátja az DC felhasználáshoz szükséges további átalakítás. A főbb energiaforrások kimenetei egyenáramúak, és ezeknek többfokozatú átalakításra van szükség, hogy szinkronizálható legyen a váltakozó áramú hálózaton történő folyamatos működéshez. A gyorsan növekvő egyenáramú fogyasztók, például a LED-es lámpák, az információ-technológiai és szórakoztatóelektronikai eszközök és készülékek akkumulátortöltői több szintű AC-DC átalakítással nyernek villamos energiát, ezzel sajnos csökken a rendszer hatásfoka. Az 5. ábra mutatja egy tipikus AC Microgrid hálózat felépítését. [2, 3]

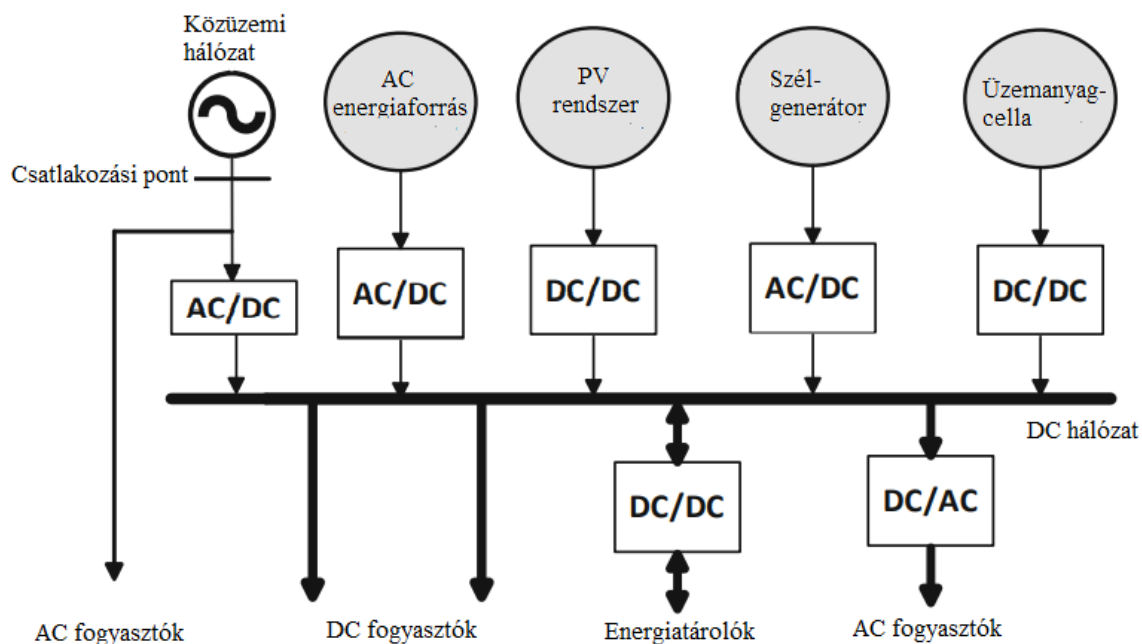


5. ábra. AC Microgrid hálózat felépítése [2].

3.2.2. DC Microgrid hálózatok

Az elmúlt években a megújuló energiaforráson alapuló rendszerek, például a fotovoltaikus rendszerek, illetve az üzemanyagcellák gyors növekedése miatt, továbbá az elektronikai eszközök és az egyenáramú fogyasztók következtében az alacsony feszültségű egyenáramú Microgrid hálózatok népszerűsége növekedni látszik [2].

A DC Microgrid hálózatok legfőbb előnye az AC rendszerekhez képest az, hogy a villamosenergia áramlás egyirányú. Ez lehetővé teszi az áramlás egyszerű szabályozását a rendszerben található teljesítményelektronikai átalakítók vezérlésével. A teljesítmény áramlásának iránya szorosan összefügg az áramerősség és a feszültség irányával. Ennélfogva a teljesítményszabályozás az áramerősség szabályozásával lehetséges. Ezért a DC Microgrid hálózatok az utóbbi években fontos vizsgálati tárgy lett, mivel megbízhatóbbak és alacsonyabbak a veszteségeik. Mivel az egyenáramú hálózatokra nincs szabvány, és nincs sok olyan eszköz vagy termék, amely egyenáramot használna tápforrásként, illetve egyenáramú csatlakozással rendelkezik, emiatt a DC Microgrid hálózatok egyetlen ponton csatlakoznak a váltakozó áramú közüzemi hálózathoz. A 6. ábra mutatja egy tipikus DC Microgrid hálózat felépítését [2, 3, 7].



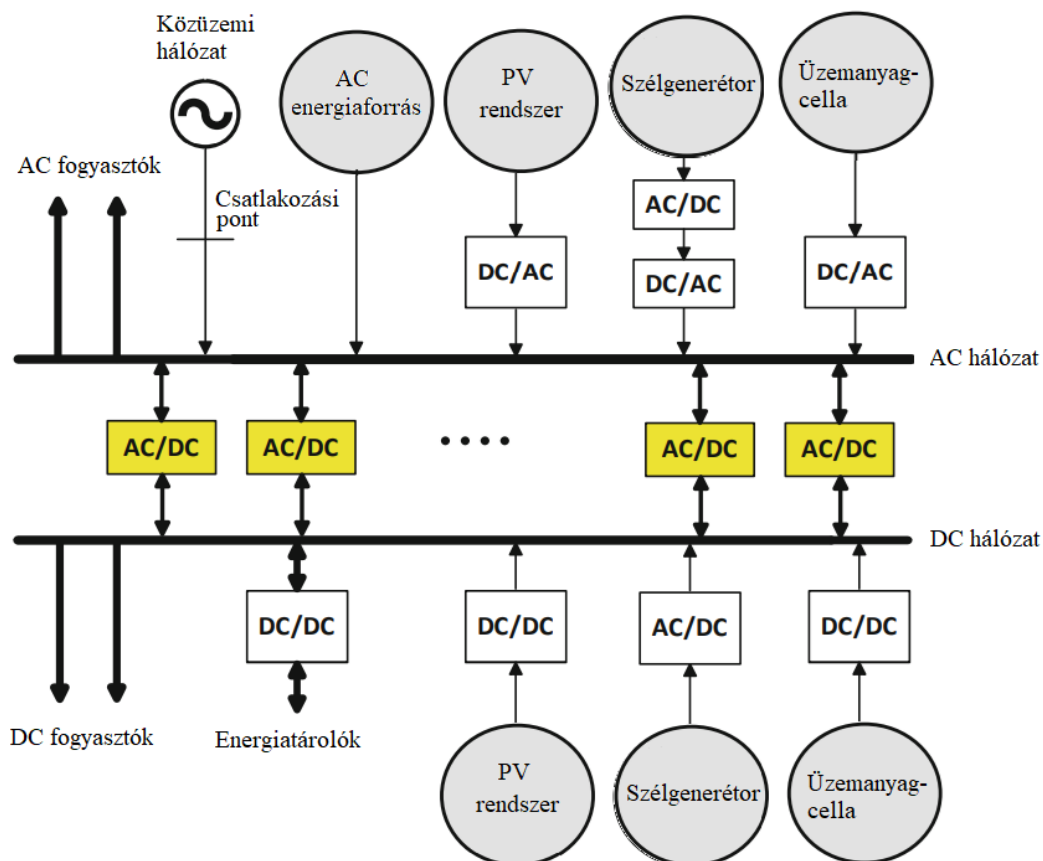
6. ábra. DC Microgrid hálózat felépítése [2].

3.2.3. Hibrid Microgrid hálózatok

A hibrid Microgrid hálózatok egyesítik az AC és DC Microgrid hálózatok előnyeit. A rendszer rendelkezik AC és DC alhálózattal, villamosenergia-termelő eszközökkel és fogyasztókkal mindkét alhálózaton. Egy tipikus hibrid Microgrid hálózat felépítését mutatja a 7. ábra.

A rendszerben minimalizálva van a DC-AC, illetve az AC-DC átalakítás ezáltal az üzembiztonság növekszik és a hatásfok jobb, valamint alacsonyabb költségeket jelent a rendszer egészét tekintve. A hibrid rendszer lehetőséget kínál arra, hogy az energiaforrások maximális kihasználása érdekében a

rendelkezésre álló villamos energiát átirányítsa arra helyre, ahol éppen felhasználásra van szükség. Fogyasztói szempontból a hibrid rendszerek rugalmasságot kínálnak abból a szempontból, hogy AC vagy DC rendszert szeretnének bővíteni. A jelenlegi váltakozó áramú elosztó hálózat minimális módosítása elegendő lesz az ilyen hibrid rendszerek kialakításához [2, 3, 7].



7. ábra. Hibrid kialakítású Microgrid hálózat felépítése [2].

4. Összefoglalás

A jelenlegi villamosenergia-rendszer egyik nagyobb hátránya az, hogy nagy távolságokra szükséges eljuttatni a megtermelt villamosenergiát, ezáltal a veszteség, amely a villamos hálózaton jelentkezik nem elhanyagolható. Másik hátránya a teljes áramkimaradás miatti sebezhetőség. Az intelligens hálózatok várhatóan rugalmasabbak lesznek bármilyen meghibásodás esetén. A rendszer egyik jellemzője az energiahatékonyságra való optimalizálás, emellett a környezeti hatások csökkentése megvalósítható a rendszerrel a megújuló energiaforrások miatt. Mivel az energiahatékonyságra törekszik, ezért a hálózaton az energiaveszteségek csökkenhetnek.

A Microgrid hálózatok többféle kombinációja ad lehetőséget a rendszer optimális kialakítására, de a hibrid rendszerek bizonyulnak a legrugalmasabb megoldásnak a jelenlegi villamosenergia-hálózat átalakíthatóságának és az intelligens hálózatok vezérelhetőségének szempontjából.

5. Irodalom

- [1] Federico Delfino, Renato Procopio, Mansueto Rossi, Stefano Bracco, Massimo Brignone, Michela Robba, *Microgrid Design and Operation*, 2018, ISBN 13: 978-1-63081-150-1
- [2] Naser Mahdavi Tabatabaei, Ersan Kabalci, Nicu Bizon, *Microgrid Architectures - Control and Protection Methods*, 2020, ISSN 1860-4676 <https://doi.org/10.1007/978-3-030-23723-3>
- [3] Sasi K. Kottayil, *Smart Microgrids*, 2020, ISBN: 9780429325274 <https://doi.org/10.1201/9780429325274>
- [4] Antonio Carlos Zambroni de Souza, Miguel Castilla, *Microgrids Design and Implementation*, 2019, ISBN 978-3-319-98687-6 <https://doi.org/10.1007/978-3-319-98687-6>
- [5] Dr. Novothny Ferenc, *Villamosenergia-ellátás II*. Budapest, 2002
- [6] Professor Nikos Hatziargyriou, *Microgrids Architectures and Control*, 2014, ISBN: 978-1-118-72068-4
- [7] Magdi S. Mahmoud, *Microgrid Advanced Control Methods and Renewable Energy System Integration*, 2017, ISBN: 978-0-08-101753-1