

Elosztóhálózati okos eszközök közös rendszerbe integrálhatóságának alapjai

Az elosztott termelés terjedése, a fogyasztói magatartás megváltozása a meglévő hálózatok jobb kihasználását és ennek érdekében új eszközök megjelenését hozza az elosztóhálózatokon. Ezen új eszközökkel és használatukkal kapcsolatban még nincs konszenzus az iparban. Az egyik lényeges szempont a teljes hálózat, minden eszköz, közös rendszerbe vonása, mivel végső soron ugyanahhoz a hálózathoz kapcsolódik minden eszköz és ugyanazt a célt szolgálják: megfelelő feszültségminőség mellett ellátni az energiaigényt. A cikk sorra veszi az integrálhatóság szempontjait: hálózati körülmények, eszközök, megvalósítandó célok, felhasználható algoritmusok – melyek leginkább a mesterséges intelligencia módszerek közül kerülhetnek ki.

The ever spreading distributed generation and the change in customer behavior requires better utilization of the network; this introduced new equipment to the network. All these equipment connect to the same network, serves the same purpose: providing energy for the consumer with a satisfying power quality. Therefore, the matter requires a holistic view. This article gives an overview of the network conditions, equipment, goals and the means: artificial intelligence methods.

Kulcsszavak: Elosztóhálózat, okos eszközök, mesterséges intelligencia, integrálás, rendszer.

1. BEVEZETÉS

Az elosztott termelés dinamikusan növekszik az elosztóhálózaton, ami főleg a kis- és középfeszültségű részeket érinti. Emellett a tárolás és e-mobilitás terjedése is közeledik. Bár a téma már korábban felmerült [1], de a terjedés azóta is megállíthatatlan, egyre nagyobb az igény az újabb kutatásokra. A fenti hatásokkal párhuzamosan a villamosenergia fogyasztás is lassan változóban van. Terjednek a teljesítményelektronikával csatlakozó fogyasztók, valamint a hőszivattyús hűtő-fűtő rendszerek.

Összességében ez a hálózat üzemének megváltozását okozza. A napelemes termelés, az elektromos autók töltése különösen nagy kihívást jelent, hiszen az őket kiszolgáló hálózaton viszonylag nagy az egységteljesítményük, mindemellett közel egyidejűek.

Például napelemes termelésnél az összes egységet egyszerre éri ugyanaz a napsugárzás, így ugyanaz a termelés lefutása az összes egységnél a vonalon.

Tehát az eddigi tervezési metódust – ahol a fogyasztások statisztikai kiegyenlítődsére számítottak – át kel értékelni. Az egyik lehetőség a táppont sűrítés és megnövelt vezeték keresztmetszet, ami jelentős költséggel járna. Viszont ezek a termelések, fogyasztások egész napos átlagra már nem igényelnék ezt. Így a beruházás egy viszonylag szűk időszámban szükséges, az idő többi részében a hálózat kis kihasználtsággal üzemelne.

Egy másik járható út a hálózatok hatékonyabb kihasználása, melyhez egyre több okos eszköz és módszer áll rendelkezésre. Ezzel ugyan lehetővé válik a költséges hálózatfejlesztés elkerülése, de egyúttal a hálózat tervezése, üzemeltetése is egyre bonyolultabbá válik. Továbbá, ha nem működnek megfelelően a hálózatbővítés elkerülésére telepített eszközök, akkor a hálózatra gyakorolt jótékony hatásuk sem érzékelhető. Ezért ugyanolyan fontossá válik a megbízhatóságuk, mint ahogy az a vezetékek, transzformátorok esetében már megszokott.

A jövő energiarendszere tehát alapvetően megváltozik, jelentős hangsúlyt kapnak az egyes megoldások, azok vezérlése [2].

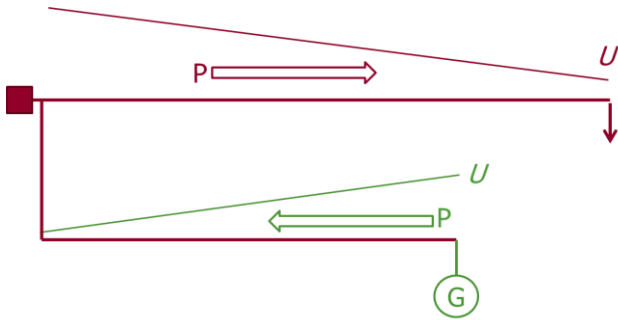
Jelen kutatás ezt a rendszert holisztikusan próbálja megközelíteni. Hiszen minden eszköz végső soron ugyanarra a hálózatra kapcsolódik, ugyanazokat az igényeket elégítik ki. A téma érinti az egész villamos energetikát, azonban az átviteli hálózat már eddig is jól megfigyelt, távműködtetésű, távmérésű eszközökkel gazdagon felszerelt. Ezért ez a váltás kevésbé érinti ezen szintet. Az elosztóhálózatokon eddig alapvetően ténylegesen „fentről lefelé” elosztás zajlott. Az energiaigények, termelés változása tehát ezt a szintet érinti a leginkább. Ezért a cikk a továbbiakban is leginkább erre a szintre koncentrálna és kevésbé vizsgálja az átviteli hálózatot érintő kérdéseket. A kutatás nem a dinamikus tranziensekkel foglalkozik, hanem a rendszer üzemállapotaival, így mindig (kvázi)stacioner jellemzőket vizsgál. A kutatás kezdeti szakasza a kérdés egyes nézőpontjait veszi át.

A következő fejezet a hálózati viszonyok rövid bemutatásával foglalkozik. A további fejezetek a hálózaton található eszközöket veszik számba, végül az integráláshoz hasznosítható mesterséges intelligencia módszerekkel foglalkoznak.

2. AZ ELOSZTÓHÁLÓZAT ÉS A KÖRNYEZET

A termelés megjelenése az elosztóhálózaton tehát alapvetően megváltoztatja az eddigi üzemet ezeken a feszültség szinteken (ebből a szempontból mindegy, hogy tárolóból táplál egy eszköz vissza, vagy ténylegesen termel). Tehát az energia már nem csak egyetlen irányba áramolhat. Ez különösen nagy változás a kisméretű hálózatoknál, ahol régebben egyáltalán nem volt termelés. Itt dinamikusan fejlődik az

elosztott termelés a napelemes rendszerek árának csökkenésével, valamint a különböző országok támogatási rendszereinek köszönhetően.



1. Ábra. A kisfeszültségű hálózaton az üzemi viszonyok megváltozása.

Tehát az eddigi feszültségprofil alakja már nem szigorúan monotonon csökkenő a táppontokból indulva, hanem egyaránt emelkedhet és csökkenhet egy-egy áramkörön belül is – mivel kétirányú lehet a teljesítményáramlás. Ennek következtében tápponti mérésből már nem is feltétlenül lehet következtetni a hálózaton kialakuló feszültségviszonyokra.

Az eszközök működése során a meglévő szabványokat kell továbbra is kielégíteni (azok módosításáig), melyek alapján a hálózaton bizonyos feszültségminőséget kell fenntartani. Ezek között vannak olyanok, melyek megfelelő eszköztervezéssel biztosíthatók, nem igényelnek további hálózati beavatkozást. Ilyen például az adott eszköz hálózatba injektált felharmonikus szennyezése. Más paraméterek betartása viszont sokkal nehezebb, adott esetben az eszköz elhelyezésétől is függ.

Alapvetően a hálózatban az alábbi „fizikai” jellemzőket fontos vizsgálni kvázistacioner esetekben:

- terhelés (áram),
- feszültség,
- frekvencia,
- veszteség.

A terhelés, vagyis az áram amplitúdója alapvetően a különböző hálózati eszközök méretezésére van hatással. Ez leginkább energia igény és meddőszabályozás függő. Az első esetre csak energiatárolóval, illetve fogyasztói befolyásolással vagy a termelés szabályozásával tudunk hatni. Meddőszabályozásra a teljesítmény elektronikával működő eszközök képesek hatékonyan – ezek lényegében a napelemes csatoló invertertől kezdve, akár a háztartási fogyasztók tápegységéig bármivel megvalósítható elméletben.

A hálózat adott pontján kialakuló feszültség értéke a tápponti feszültségből, a hálózat villamos paramétereiből és terhelésből ered. A feszültségre a tápponti feszültségváltoztatáson kívül a terhelés változtatásával (energiaigény, vagy meddőszabályozás) vagy soros szabályozó eszközökkel tudunk hatni.

A frekvencia az egész rendszer (beleértve az átviteli és elosztóhálózatot is) együttes termelés-fogyasztás egyensúlyából származik. Egyelőre még a forgógépes fogyasztás és termelés domináns a hálózaton, ezért a frekvencia megváltozásával mindig kis kilengésekkel kialakul a hálózaton a munkapont, ahol a termelés és a fogyasztás megegyezik egymással. Azonban a szabályozott hajtásokkal, teljesítményelektronikán keresztül csatlakoztatott eszközök számának növekedésével egyre kevésbé fog a jövőben ez a munkapont a névleges frekvencia közvetlen közelében kialakulni, illetve egyre könnyebben mozdul el.

A veszteség a terhelés hatására a hálózat elemein keletkező disszipáció, ebbe bele értve a szabályozó eszközök működéséhez szükséges energiát is. Ez ugyan nem olyan közvetlen paraméter mint az áram vagy a feszültség értéke, mégis sok számításnál megjelenik, ezért érdemes külön szempontként tekinteni erre.

Ezekon felül különösen fontos kisfeszültségű hálózatok esetében az aszimmetria, mely jelentős hatással bír a feszültségre, áramra, veszteségre.

A közvetlen fizikai paramétereken kívül vannak egyéb tényezők, melyek befolyásolják a rendszerünk működését. Ezek többek között:

- rendszerszintű szolgáltatás nyújtása,
- részvétel energiaközösségben,
- elosztóhálózati szolgáltatások nyújtása,
- időjárás,
- az aktuális terhelési állapot.

Ráadásul az egyéni fogyasztók/termelők kisebb közösségekbe is összeállhatnak [3], melyek együttes célja sokszínű lehet: például virtuális erőmű vagy önfogyasztás fedezése. Ezek a magasabb hálózati szintek felé már egy egységként mutatják magukat. A csoportosulás lehet geográfiai (egy-egy transzformátor körzet energiaközössége) vagy üzemelés mód szerinti is (virtuális erőművek, melyek tagjai egymástól akár nagyobb távolságra is lehetnek).

Mindezeknek a szempontoknak, céloknak kell megfelelnie az integrálásnak.

3. ELOSZTÓHÁLÓZATI ESZKÖZÖK

Az elosztóhálózat mostani állapota, céljai, feltételei után érdemes megvizsgálni az ide kerülő eszközöket. Az elosztóhálózaton a következő főbb elemeket érdemes első körben vizsgálni:

- soros szabályozó eszköz,
- mérőeszköz,
- teljesítményelektronikai csatoló egység berendezésekhez,
- transzformátor és hozzá kapcsolódó fokozatszabályozás
- termelő egységek és szabályozó rendszereik
- sőt eszközök (szimmetrizátor, meddőszabályozás, tárolás)

Minden eszköz számos belső paraméterrel rendelkezik, melyek meghatározzák a működését. Első lépésként a koncepció kialakításához nem is ezeket a belső paramétereket szükséges vizsgálni, hanem a hálózat felől látható viselkedés oldaláról kell megközelíteni a kérdést. Tehát itt működési jelleggörbék és az eszközök fizikai korlátai alkotják a paraméterhalmazt. Ezeket két csoportra érdemes bontani: a szabályozás alapja, oka, valamint a szabályozás eszköze.

3.1 SZABÁLYOZÁS ALAPJA

Az eszközök szabályozásához szükséges valamilyen bemenő paraméter, ami alapján a szabályozás konkrét módja és mértéke kialakul. Ezek lehetnek:

- statikus
- helyi
- távoli
- központosított

Statikus szabályozásnál az eszköz valamely saját működési paramétere(i) alapján alakul a szabályozás. Jellemzően ilyen a fix teljesítménytényező napelemes invertereknél. Itt a termelés növekedésével előre beállított teljesítménytényező alapján alakul az inverter meddő igénye.

Helyi paramétereken alapuló szabályozásnál az eszköz a saját csatlakozási pontján mért jellemzőket is figyelembe veszi a karakterisztikánál. Tehát a csatlakozási ponton mért feszültség, frekvencia és áram függvényében lehetséges a szabályozott jellemző kialakítása.

Távoli paraméterek használatánál a karakterisztika már ezeket is figyelembe veheti. Például lehetőségessé válik szögkülönbség, vagy szűk keresztmetszet figyelembe vétele.

Központosított szabályozásnál már részben, vagy egészben a szabályozási igényt egy központi számítás határozza meg.

3.2 SZABÁLYOZÁS ESZKÖZE

A szabályozáshoz szükséges beavatkozás már eszköztípustól függ, de van két alapvető típus: feszültségugrás létrehozása és a meddő- vagy hatásos-teljesítmény-szabályozás. Az előbbire példák a transzformátorok fokozatállásának változtatása, vagy transzformátor alapú soros szabályozó eszköz.

Teljesítmény szabályozásra a legtöbb hálózati eszköz képes például:

- napelemes termelő egység meddőzése,
- villamos autó töltésének meddőzése, ütemezése,
- fogyasztói befolyásolás
- termelés korlátozás

Mindezek lehetnek fázisonkénti, vagy szimmetrikus vezérlésűek, esetleg fázisok közötti (szimmetrizátorként viselkedve).

4. INTEGRÁCIÓ LEHETŐSÉGEI

A különböző eszközök egységes rendszerbe integrációját mindig valamilyen cél vezérelti. Villamosenergia-rendszerek esetében az egyik elsődleges cél a szabványban rögzített üzemi viszonyok fenntartása, ezen felül a minél kisebb költség, a minél egyszerűbben kezelhetőség.

Ebben az esetben az üzemi körülmények alatt főleg a feszültség megengedett sávon belül tartását, illetve a túlterhelések elkerülését jelenti. – Elsősorban az elosztóhálózat felelősségi körét figyelembe véve.

A költségek szempontja a hálózatépítés és üzemeltetés költségeit együttesen foglalja magába. Tehát lényegében minél kevesebb hálózatbővítéssel, minél kevesebb eszközzel kell úgy üzemeltetni a hálózatot, hogy közben a veszteségek, karbantartások is a gazdasági optimumban vannak. Vagyis például amikor már a veszteségcsökkentés költsége meghaladná a veszteségcsökkentés várható értékét.

Az erőátviteli vezetékek, oszlopok, transzformátorok jelentős költséget jelentenek, melyek megépítésük után már nehezen bővíthetők, továbbá legtöbbször nem eladhatók, vagy újrafelhasználhatók. A villamosenergia-fogyasztás pedig várhatóan tovább növekszik a hálózaton, valamint egyéb igények is megjelenhetnek a jövőben. Ezért a hálózatokat az éppen aktuális igényhez képest mindig túl kell méretezni. Egyszerű példa erre az elosztott termelés, okos eszközök megjelenése, melyre 20-40 évvel ezelőtt még nem készültek a hálózat építésénél, mégis valamilyen szinten megbirkózik ezekkel az új igényekkel is a hálózat.

Az egyszerűbb kezelhetőség igénye több szempontból is indokolható. Egyrésztől egyszerűbben működő, kevesebb eszközből álló rendszer működésének átlátása könnyebb, így tervezése és karbantartása is. Másrésztől kisebb a meghibásodás lehetősége, könnyebb a javítás. Egy további nézőpont pedig az algoritmusok megtervezése, működésének optimalizálása. Ez is könnyebb ilyen „egyszerűbb” rendszereknél, továbbá várhatóan robusztusabb is lesz a működés.

Az integráció alatt alapvetően két dolgot kell érteni. Az egyik az egyes eszközök elhelyezése előtt, tervezési fázisban, az egyes működési megoldások olyan kialakítása mellyel a hálózat működése várhatóan optimális lehet (Offline optimalizáció). A másik pedig az egyes eszközök működés közbeni befolyásolása, irányítása (Online optimalizáció), Ezzel a hálózati körülmények változása esetén is jobban biztosítható az optimum megközelítése. Persze ebben az esetben már mindenképpen szükséges valamilyen kommunikáció az eszközök között. Mindegy, hogy a kommunikációs csatorna az erőátviteli hálózat vagy valamilyen külső átviteli út.

E két lépés egymásra épül, minden esetben egy előzetes tervezés (Offline optimalizáció) előzi meg a hálózat kialakítását. Ezután az integráció egy mélyebb

szintje lehet az eszközök közötti kommunikáción alapuló online optimalizáció.

4.1 Offline optimalizáció

Ebben az esetben a hálózat jelenlegi és várható üzemi állapotait alapul véve kell a telepítendő eszközöket és azok működési módját kiválasztani. Ebbe beleértendő az alkalmazandó eszközök kiválasztása, szabályozási karakterisztikájuk kiválasztása, paraméterezése is.

Ezen lépés során nagy szerep jut a különböző hosszú távú előrejelzéseknek: mekkora terhelés várható az elkövetkezendő években, milyen új igények merülhetnek fel, hogyan bővíthető további eszközökkel a későbbiekben a rendszer?

Ezek alapján egy olyan hálózatot kell kialakítani, mely képes a feszültség értékét a szabványos határokon belül tartani, nem okoz túlterheléseket, alacsony veszteséggel üzemel. Tehát a cél elsősorban a fizikai kényszerek betartása.

A célok esetén külön igényként jelenik meg az online optimalizációra képes hálózat készítése. Ilyenkor a fenti igényeken túl az online optimalizáció alapjait is meg kell teremteni.

A számítások elvégzésénél már legtöbbször valószínűségeket kezelése is szükséges, túllépve az univerzális egyidejűségi tényező használatán.

A fenti célok szerint kell tehát a már meglévő hálózatot bővíteni, vagy újat kialakítani. Mivel több célt és feltételt szükséges figyelembe venni – melyeket már adott esetben nehezen láthat át egyetlen ember – így már ebben a lépésben is szükségesek megfelelő algoritmusok, melyek támogatják a tervezést, az offline optimalizációt.

4.2 Online optimalizáció

Ebben az esetben egy meglévő hálózat üzemét kell optimalizálni, melyhez elengedhetetlen a különböző eszközök közötti kommunikáció is. Az egyik legegyszerűbb példa erre a hálózati frekvencia. Ez is egyfajta igen egyszerű kommunikációs forma: Ma már előírják a hálózati csatlakozásnál, hogy a hálózathoz csatlakozó termelő eszközök meghatározott frekvenciahatásos teljesítmény karakterisztikával rendelkezzenek.

A kommunikáció másik végléte az eszközök egymással közvetlen, telekommunikációs hálózaton történő összekötése. Az ilyen rendszerek már túlmutatnak a jelenleg megszokott villamosneregia-rendszer fogalmán, ezért egyre inkább már „cyber-physical” rendszereknek nevezik őket. Ezzel is hangsúlyozva a fizikai réteg mellett az algoritmusok, számítások fontosságát [4]. Továbbá az ilyen rendszerek viselkedéséhez már új tesztelési, számítási megoldások is szükségesek [5].

A gyártóspecifikus, zárt szabványok nagyon szűk mozgásteret biztosítanak a hálózati eszközök összeválogatásánál, az esetleges későbbi bővítéseknél. Ezért az igazi „smart grid” egyik legalapvetőbb feltétele a kommunikáció biztosítása minden eszköz között. Ez megfelelő nyílt szabványok elkészítésével és

megkövetelésével érhető el („interoperability”). Ezzel már a különböző gyártótól származó eszközök, függetlenül a gyártás időpontjától, együttműködhetnek egymással. Azonban az eszközök közötti kommunikáció lehetősége még önmagában nem jelent előrelépést a hálózat üzemvitelében. Ahhoz még megfelelő algoritmusok, az eszközök megfelelő vezérlése is szükséges.

A megfelelő vezérlés lényegében újra egy optimalizációt jelent: A célok feltételek betartásával vett legjobb megközelíthetősége.

A célok mindazok, melyek az offline optimalizációval is már megjelentek (feszültség, terhelés, veszteség). Emellett azonban további igények is jelentkezhetnek ezen a szinten, például: rendszerszintű szolgáltatásokban részvétel, elosztói szolgáltatásokban részvétel, fogyasztó belső igényeinek kielégítése.

A célok egymással ellentmondásba is kerülhetnek, például: Rendszerszintű szolgáltatás részeként szükséges lenne a betáplált teljesítmény csökkentése, azonban a helyi feszültségviszonyok ezt már nem teszik lehetővé. Ebben az esetben első ránézésre még viszonylag egyszerű lehet a válasz: feszültségtartás az elsődleges. De ez nem feltétlenül ennyire egyértelmű. Lehetséges, hogy további néhány százalék feszültségemelkedés árán teljesíthető lenne az igény. – Ne felejtjük el, hogy a szabvány is a feszültségtartásra eloszlásfüggvényt is vizsgál, amibe néhány periódusig tartó emelkedett feszültség még beleférhetne. Ha pont országosan erős a napelemes termelés, akkor előfordulhat, hogy a legtöbb rendszer már eleve nem a maximálisan kiadható teljesítményével üzemel. Egy kisebb zavar esetén, ha hirtelen szükség lenne plusz teljesítményre a rendszerben, akkor ezek a napelemes rendszerek bár felajánlották a szolgáltatást, de az aktuális viszonyok nem teszik lehetővé a tartalék aktiválását. Ez egy-egy kis egység teljesítményű egység kiesésénél nem számottevő, de egy országos napsütéses időjárás esetén már a rendszerben az összes eszköz hasonló viselkedése is előfordulhat. Ez már rendszerszintű problémákat okozhat, mely várhatóan nagyobb hatású, mint rövid időre némileg magasabb feszültségszint tartása.

Ennek megoldására az is elképzelhető, hogy a jövőben nem használja ki a hálózat a teljes rendelkezésre álló feszültségsávot normál üzemben, hanem csak egy részét. Pont annak érdekében, hogy az ilyen egyéb szolgáltatásokra is legyen tartalék. Ekkor azonban egy másik alapvető céllal kerülünk szembe: a minél kisebb költségű, vagyis a minél jobban kihasznált rendszerével.

Tehát már az alapvető célok meghatározása is nehézséget jelent, az egymás közötti prioritás nem egyértelmű. Egy további „jó” példa a helyi gondolkodás ütközése a rendszerszintű igénnyel az 50,2 Hz problémája, mely üzemzavarokat okozott Németországban a megújuló termelések egyidejű lekapcsolódásával. Ezután az országban található

inverterekre visszamenőlegesen is alkalmazni kellett az új szabványt [6][7].

Ha a célokat, feltételeket sikerül definiálni, akkor még mindig hátravan az eszközök optimális igénybevételének, szabályozásának kérdésköre. Többek között: milyen gyakori legyen a kommunikáció az egyes eszközök között, hogyan lehet összeegyeztetni az egyetemes szolgáltatás szerinti egyenlőséget a hálózati adottságokkal, milyen szabályozási módszereket kell igénybe venni, mely eszközöket kell igénybe venni.

Végül a megfelelő algoritmus elkészítése a feladat. A sokoldalú probléma, feltételek, célok, igények, adathiány, robusztusság kezelésére mindenképpen valamilyen összetett algoritmusra van szükség. Ilyen feladatok megoldására a mesterséges intelligencia módszerek alkalmasak.

5. MESTERÉSGES INTELLIGENCIA MÓDSZEREK

A fentiek alapján a megoldandó probléma egy megfelelően működő hálózat tervezése és üzemeltetése, melyhez sok célt és feltételt kell figyelembe venni. A rendelkezésre álló eszközök száma, működési módja és hálózati elhelyezése, egyáltalán, maga a hálózat topológiájának kialakítása túl sok lehetőséget biztosít ahhoz, hogy azt bármilyen ember átlássa megfelelő időn belül – ez különösen igaz online optimalizálás esetén, ahol adott esetben még másodpercek sem állnak rendelkezésre erre.

A mesterséges intelligencia módszerek akkor kerülnek előtérbe, amikor ilyen komplex problémát kell megoldani. Nem feltétlenül azért hívjuk ezeket a módszereket mesterséges intelligenciának, mert az emberi gondolkodást utánozza, hanem azért, mert olyan problémákra kínál megoldást, melyekre egyszerűbb módszerek nem képesek és hagyományosan az emberi problémamegoldás körébe sorolták ezeket. Ennek megfelelően nem csak a neurális hálók tartoznak ebbe a csoportba.

Az ilyen módszerek használata jelentős előnyökkel jár, így használatukat hamar megkezdték mindenféle mérműki probléma megoldására. Ma már ezen algoritmusok bizonyos alaptípusai több „dobozos”, piacon elérhető szoftverben is elérhetők, így például a Matlab szoftverben is rendelkezésre állnak. Ugyanakkor a terület fejlődése folyamatos, hiszen nincs egy univerzális, mindenre egyformán alkalmas algoritmus. Fontos a hátrányokkal, nehézségekkel is tisztában lenni.

Mesterséges intelligencia módszerből igen sokféle létezik, folyton jelennek meg újabb módszerek. A teljesség igénye nélkül néhány példa a főbb irányokra:

Neurális hálók. Ezek működése az élőlények agyának működését utánozza: a jelek mesterséges „idegsejtekbe” jutnak (neuronok), melyek egymással is kapcsolatban állnak. Az algoritmus kimenete végül a neuronok egy részének a kimenete. A kulcs a rétegek számának megválasztása, a kapcsolódás módjának

kialakítása és az összeköttetések erősségének beállítása. Ez önmagában is egy optimalizálási feladat. Ezért sokszor a neurális hálók készítéséhez is más mesterséges intelligencia módszert (pl. genetikusan algoritmus [8]) alkalmaznak. Azonban a tanítás, tervezés problémája máig sem egzaktul megoldott, most is készülnek új algoritmusok, új módszerek [9]. A neurális hálók mintafelismerésben, illetve tetszőleges többváltozós függvény közelítésében jeleskednek. Kialakításukhoz elegendő egy bemeneti halmaz, melyhez a kívánt kimeneteket is megadjuk. Így nem szükséges a bemenet és kimenet összefüggésének ismerete.

Evolúciós számítási módszerek. [10] Ide nagyon sok altípus sorolható. Többek között a genetikusan algoritmusok, melyek az evolúció legalapvetőbb lényegét igyekeznek megragadni. Az optimális megoldás keresését a megoldási javaslatokban lévő sémák megőrzésével, változtatásával éri el. Működése eredendően nem determinisztikus, így előfordulhat, hogy több futtatás ugyanarra a problémára nem ugyanazt az eredményt adja. Több egyéb evolúciós stratégiát követő algoritmus is létezik: Mesterséges immunrendszer, csapat/csorda/horda intelligencia. Mindegyik evolúciós módszernek a lényege, hogy az elkészítésükhöz szintén nem szükséges a bemenet-kimenet összefüggés ismerete, továbbá kiterjedt bemenet/kimenet párosított tanító halmazok sem szükségesek a kialakításhoz. Azonban meg kell tudni határozni, hogy a megoldás mennyire jó (ún. fitness függvény). Akár elegendő csak két megoldás közül a jobbik kiválasztásának definiálása is. Így olyan optimalizálási feladatokra is használható, melyben nem folytonos, szakadásokkal teli függvényt kell közelíteni.

Szakértői rendszerek. Ezek a szabályokkal leírható (jellemzően ha-akkor típus) viselkedés kivitelezésére alkalmasak. Előnye, hogy közel áll a tudatos gondolkodásunkhoz, jól követhető a működése és nem szükségesek bemenet/kimenet párok, sem a megoldás jóságának definiálása a megalkotáshoz. Ugyanakkor csak azokra az esetekre adhat jó megoldást, melyekre a szabályok készítésénél felkészítették a rendszert. Bonyolultabb működések leírására már csak nehezen alkalmas.

Egyéb metaheurisztikák. A fent felsorolt főbb típusokon kívül léteznek egyéb a „soft computing” vagy metaheurisztika módszerek, melyek nem sorolhatók szigorúan a fenti három esetben, azonban ugyanúgy komplex, összetett feladatokra használhatók. Például Support Vector Machine (SVM), SA (simulated annealing), Bayes hálók.

Minden felhasználásra más és más algoritmus a megfelelő. Az egyes egyedi esetekre legtöbbször nem is egy kiválasztott módszer, hanem több különböző típusú algoritmus együttműködésével alkotható megfelelő rendszer. Például: neurális hálózat adja az elsődleges bemenet-kimenet összefüggést az online optimalizációhoz, de a neurális háló paramétereit egy genetikusan algoritmus finomhangolja folyamatosan. A

genetikus algoritmus paramétereit pedig adott esetben egy fuzzy rendszerrel lehet optimálisan megválasztani.

A kiválasztott bemenő paraméterek és célok alapján kell tehát a mostani rendszerintegrációs feladat(ok)ra a megfelelő algoritmus(oka)t megtalálni. Például offline optimalizáláshoz, vagyis tervezéshez, kevésbé alkalmasak a neurális hálók, mert a ki és bemenetek száma kötött, ez nehezebben kezelhető tervezéskor, amikor adott esetben az eszközök száma, elhelyezkedése is kérdéses, nem csak a működésük hangolása.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A villamosenergia-rendszer, azon belül is főként az elosztóhálózatok és a rajtuk üzemelő eszközök összehangolt működése fontos szemponttá kezd válni az új kihívások leküzdése érdekében. Ezért szükséges a probléma egészként kezelése, és nem az egyes eszközök egyedi optimalizálása függetlenül a többi elemtől. – Így biztosítható a rendszerszintű optimum és a stabil viselkedés.

A feladat összetett, a hálózat viselkedése, a felhasznált eszközök, szabályozások mind bonyolítják az összefüggéseket, hiszen ezeket a szempontokat mind figyelembe kell venni. Mindez szükségessé teszi a mesterséges intelligencia módszerek használatát.

További irányként meg kell határozni azokat az eshetőségeket, melyekre fel kell készíteni az optimalizálást, melyhez a sokféle algoritmusból ki kell választani az(oka)t, mely(ek) a leghatékonyabban képesek ezt megoldani. Valamint szükséges ezek kipróbálása, melyhez teszteseteket kell definiálni.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást az EMMI FIKP pályázata a BME - Mesterséges Intelligencia projekt keretében támogatta (BME FIKP-MI/SC)

8. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] **Hatziaargyriou, N.:** „*Integration of Renewable Energy Sources and Distributed Generation*”, *CIREN Meeting 2003*
- [2] **Strasser, T., et al.:** "A review of architectures and concepts for intelligence in future electric energy systems." *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 62.4 (2015): 2424-2438.
- [3] **Koirala, B. et al.:** „Energetic communities for community energy: A review of key issues and trends shaping integrated community energy systems”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 56., pp. 722-744., 2016
- [4] **Widl, E., Palensky, P., Siano, P., Rehtanz, C. :** „*Guest editorial modeling, simulation, and application of cyber-physical energy systems*”. *IEEE Trans. Ind. Inform.*, 10(4),2244–2246 2014.
- [5] **Strasser, T., Pröbstl Andrén, F., Lauss, G. et al.:** *Elektrotech. Inftech.* (2017) 134: 71. <https://doi.org/10.1007/s00502-016-0453-3>

- [6] <http://www.modernpowersystems.com/features/featured-ealing-with-the-50.2-hz-problem/>
- [7] <https://www.vde.com/de/fnn/themen/sicherer-betrieb-dez/ueber-und-unterfrequenz>
- [8] **Fukumi, M., Omatu, S.:** "Designing a neural network for coin recognition by a genetic algorithm," *Proceedings of 1993 International Conference on Neural Networks (IJCNN-93-Nagoya, Japan), Nagoya, Japan, 1993, pp. 2109-2112 vol.3.*
doi: 10.1109/IJCNN.1993.714140
- [9] **Piersanti, S., Orlandi, A.:** "Genetic Algorithm Optimization for the Total Radiated Power of a Meandered Line by Using an Artificial Neural Network," *in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 60, no. 4, pp. 1014-1017, Aug. 2018.*
doi: 10.1109/TEMC.2017.2764623
- [10] **Xinjie Yu, Mitsuo Gen:** *Introduction to Evolutionary Algorithms.* Springer, 2010