

Csatár János, Dobos Gábor, Gaál Róbert

Tréning-szimulátorok hálózatszámítási módszerei

A villamos hálózatok tervezői és üzemeltetői mindig szeretnék volna megbízhatóan kiszámítani a hálózat különböző üzemi állapotaihoz tartozó áramlási és feszültségviszonyokat (load-flow). A hálózatok növekedésével, hurkolódásával azonban ez a feladat egyre bonyolultabbá vált, és az explicit számítási módszerek (pl. a csillag delta átalakítás) már nehezebbek lettek. A megoldást az iteratív algoritmusok jelentették, amelyek gyakorlati alkalmazását nagy számítási igényük miatt csak a számítógépek elterjedése tette lehetővé. Az azóta eltelt több mint két évtizedben a hálózatszámítás is rengeteget fejlődött, és az alkalmazás céljától (pl. eset vizsgálati vagy valós idejű szimuláció) függően algoritmusai differenciálódtak. Cikkünk a téma általános áttekintését követően az Astron Informatikai Kft. által kifejlesztett Network Training Simulator (NTS) hálózatszámításának működését és annak néhány specialitását ismerteti.

The power flows on the network at various states was always an interesting topic among network operators and designers. However, they struggled with doing purely analytical (e.g. wye-delta conversions) analysis on the network as it became larger. Iterative approximation methods were promising and – due to the computational requirement – they became widespread only with computers more than two decades ago. Since then, load-flow algorithms are continuously evolving, covering many use cases, be it a real time or a special study simulation. This and the computational performance of today's systems made it possible to use them in network training solutions. Our article presents an overview on the load flow calculation inside Network Training Simulator (NTS) software developed by Astron Informatics Ltd. touching general subjects as well as specific challenges we encountered.

1. A TELJESÍTMÉNYÁRAMLÁS-SZÁMÍTÁS ALAPJAINAK RÖVID ÁTTEKINTÉSE

Ezeket a számítási módszereket először a nagyfeszültségű hálózatokra alkalmazták, ezért a legtöbb feltételezés innen ered. Például a szimmetrikus háromfázisú üzemi feszültségvektor-nagyság és a meddőteljesítmény, valamint a feszültségvektorszög és a hatásos teljesítmény szorosabb csatolása vagy a generátoros csomópontok. Később a hálózat számításához egyre kifinomultabb módszerek váltak szükségessé. Például távoli sín szabályozás, FACTS (Flexible Alternating Current Transmission System) eszközök (pl. nagyfeszültségű félvezetős teljesítményelektronikai szabályozók), nagyobb hálózatok kezelése, robusztusság. A felhasználás is változott. Pl. n-1 elv, döntéstámogatás vagy szimulátorbeli alkalmazások.

A villamosenergia-rendszer hálózatának állapotát teljesen leírja, ha minden csomópontra ismert a feszültség effektív értéke (U vagy V), szöge (δ vagy Θ) és a csomópontokhoz csatlakozó sönt elemek teljesítménye (P – hatásos, Q – meddő). A hálózatot üzemi frekvencián és statikus állapotban lineáris ele-

mekek összességével közelíthetjük, ami leírható egy komplex értékeket tartalmazó admittancia-mátrixszal (Y). Ennek ellenére a hálózaton áramló teljesítmények nemlineáris egyenletrendszerrel számíthatók csak ki, mivel a hálózat feszültségviszonyai függnek a fogyasztástól és a termeléstől, melyek viszont ugyancsak feszültségfüggőek. Emellett a hálózat vesztesége sem ismert előre, hiszen az is áramlásfüggő. Az áramlásokat viszont befolyásolják, hogy a hálózat mely pontján termelik meg a hálózati veszteséget. A hálózat bizonyos elemeinek (pl. a szabályozós transzformátoroknak vagy a feszültségfüggő fogyasztóknak) villamos állapotváltozóit jelleggörbéik alapján stacionárius állapotban is ki kell számítani.

1.1 Csomóponttípusok

A számítások során általában minden csomópontra két értéket ismertnek tekintünk, kettőt pedig számítunk. Háromféle csomópontot szoktunk megkülönböztetni:

- hiányerőmű (referenciapont vagy slack): ezen a ponton ismertnek tekintjük a feszültséget és annak terhelési szögét: V, δ . Ehhez számítjuk a P és Q értékeket, vagyis ezen a ponton nem ismert előre a fogyasztás és termelés; a hálózat feleslege vagy hiánya (pl. a hálózati veszteség is) ide kerül majd.
- ismert fogyasztású pont (PQ típus): itt ismertnek vesszük a csomópontba betáplált vagy fogyasztott P és Q értékeket, és a feszültséget (V, δ) számítjuk.
- generátoros pont (PV típus): itt ismertnek tekintjük a P és V értéket, számítjuk δ és Q értékét.

Az ismertnek feltételezett mennyiségek függhetnek a hálózat egyéb állapotaitól. Pl. a P és Q függhet a csomópont aktuális feszültségétől (V, δ), amit két iteráció között módosíthatunk, de egy iterációs lépésen belül állandónak tekintünk. Az iterációk közötti beavatkozás azonban hatással van a számítás konvergenciájára, azaz hogy milyen gyorsan közelíti meg az egyenletrendszer megoldását, vagy egyáltalán képes-e megközelíteni azt.

1.2 Iteráció

Az iteratív algoritmus – konvergencia esetén – folyamatosan közelít a pontos megoldáshoz, de elvileg sohasem éri el azt. A számítás pontossága annak céljától függ. Az iterációt akkor kell abbahagyni, amikor az eredmények elérték a kívánt pontosságot. Ez toleranciaértékkel definiálható. Divergáló vagy nem konvergáló esetek végtelen hosszú iterációt okoznának, ezért az iterációk maximális számát is célszerű rögzíteni.

1.3 A hálózat mérete

Minél több csomópontja (N db) van a hálózatnak, annál több egyenletet kell megoldani, amit az egyenletek együtthatóit tartalmazó admittancia-mátrix méretének négyzetes ($N \times N$) növekedése is mutat. A hálózatot tehát a lehető legkevesebb csomóponttal célszerű modellezni. Ennek érdekében a villamosan közel lévő elemeket (amelyek között az admittancia nagy) összevonjuk egyetlen csomóponttá, a párhuzamos vezetéseket pedig egyetlen ekvivalens vezetékkel helyettesítjük.

1.4 Algoritmusok

A hálózatszámításban sokszor a kiegészítő igények hatékony megoldása jelenti a legnagyobb kihívást. Ilyenek, többek között, a távoli sínre történő szabályozás (vagyis amikor egy generátoros csomópont nem a saját, hanem a hálózat valamely más csomópontjára szabályoz), a generátorok meddőteljesítmény-limitjének betartása, szélsőséges hálózati állapotok számítása, elosztott hiányerőművek kezelése stb.

A hálózatszámításban leggyakrabban alkalmazott iteratív algoritmusok:

- Az impedancia alapú algoritmusok lassabban konvergálnak, tehát több iteráció kell az eredmény eléréséhez, de egy-egy iteráció számítása gyors. Általában robusztusak, azaz gyakrabban találják meg a megoldást. Speciális funkciókat, mint pl. a távoli sín szabályozása, néha csak nehezen lehet bennük megvalósítani, és ezek tovább növelik az iterációk számát is. Ilyenek:
 - A Gauss–Seidel-módszert lineáris egyenletrendszerek megoldására dolgozták ki.
 - A Forward Backward Sweep (FBS) módszer főleg sugaras és gyengén hurkolt hálózatok számítására alkalmas.
- Az érzékenység alapú módszerek gyorsan konvergálnak, de egy-egy iteráció számítása lassabb. Az iterációk közötti nagy lépések miatt hajlamosabb lehet divergenciára. Speciális funkciókkal – pl. távoli sinszabályozással – könnyebb kiegészíteni. A legismertebbek:
 - A Newton–Raphson- (NR) módszert szintén lineáris egyenletrendszerek megoldására használják.
 - A Decoupled NR a Newton–Raphson-módszerből származik, amely a szög-hatásos teljesítmény és a feszültségmeddő teljesítmény szoros kölcsönhatásának figyelembevételével két független, kevesebb egyenletből álló egyenletrendszerre bontja az eredetit, jelentősen gyorsítja a számítást.
 - A Fast Decoupled NR [1][2][3] és az Improved Fast Decoupled NR (IFDNR) [4] módszerek még további egyszerűsítésekkel élnek a Decoupled NR módszerhez képest a Jacobi mátrix készítésénél, amelyek tovább javítják annak konvergenciáját.
 - A Continuous LF a Newton–Raphson-módszer továbbfejlesztett változata.

A fenti algoritmusokat a gyorsaság vagy a robusztusság érdekében gyakran kiegészítik egyéb algoritmusokkal és logikákkal, ezért számos alváltozatuk létezik.

1.5 Hálózati aszimmetriák kezelése

Háromfázisú aszimmetrikus hálózatok (pl. egyfázisú szakadások) szimulációjához fázisonkénti, hálózatszámítást kellene végezni. Ekkor a számítandó mennyiségek száma legalább megháromszorozódna és a számítási idő is drasztikusan megnőne. Emellett a fázisok közötti csatolások újabb szabadsági fokot hoznának az egyenletrendszerbe, emiatt a konvergenciatulajdonságok tovább romlanának.

Mivel a nagyfeszültségű hálózatok általában háromfázisúak és szimmetrikusak, a szimulációs hálózati modellt is erre optimalizálva alakítottuk ki. Az aszimmetriákat pedig a gyorsaság és a robusztusság megőrzése érdekében a szimulátor logikailag modellezi.

2. A HÁLÓZATSZÁMÍTÁS GYAKORLATI MEGVALÓSÍTÁSA AZ NTS-BEN

2.1 A hálózatszámítással szemben támasztott követelmények a real-time szimulátorban

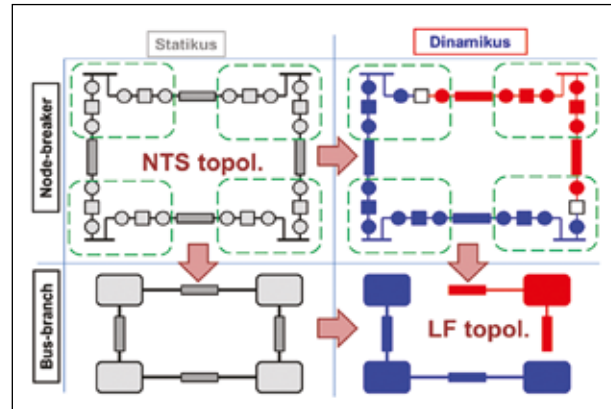
Real-time szimuláció esetén a hálózatszámítás legyen:

- olyan gyors, hogy a tanuló ne vegyen észre különbséget a valós és a szimulált mérésértékek között,
 - robusztus, mert a tréningek során gyakran éppen a szélsőséges üzemállapotok kezelését akarják gyakorolni, és a hálózatszámításnak ekkor is konvergensenek kell lennie,
 - pontos, hogy a tréning során hihető eredményekkel szolgáljon a tréningező számára.
- Ez a három követelmény többnyire csak egymás rovására

valósítható meg. A tapasztalatok szerint általában egyszerre csak kettő, esetenként inkább csak az egyik teljesíthető maradéktalanul.

2.2 A villamos hálózati topológia modellezése

Az NTS-ben használt topológiamodelleket az 1. ábra foglalja össze.



1. ábra Az NTS-beli topológiamodellek

Az ábra bal felső sarkában látható, a hálózati elemek kapcsolatát részletesen leíró (statikus node-breaker) topológia alapján az NTS a kapcsolókészülékek aktuális állásjelzéseinek figyelembevételével előállítja a load-flow számára az ábra jobb alsó sarkában látható dinamikus csomópont- (dinamikus bus-branch) topológiát. Ebben az egymáshoz kis impedancián keresztül csatlakozó készülékek (pl. egy alállomás kapcsolóberendezésének elemei) ugyanabba a csomópontba vannak összevonva, az ágakat pedig a nagyimpedanciás távvezetékek és transzformátorok alkotják. A load-flow topológia megalkotása során előállnak a statikus csomópont- (statikus bus-branch), valamint a védelmi modellek által is használt részletes dinamikus (dinamikus node-breaker) topológiamodellek, amik jelentősen meggyorsítják a kapcsolások okozta változások kezelését.

2.3 Az NTS-ben alkalmazott hálózatszámító algoritmus

Az NTS hálózatszámításának fejlesztésekor a korábban említett módszereket és azok alváltozatait is megvizsgáltuk. Végül az IFDNR (Improved Fast Decoupled Newton Raphson) módszer mellett döntöttünk. A legjobb megoldáshoz a választott algoritmus paramétereit is optimalizálnunk kellett, amely az alábbi kérdések megválaszolását jelentette:

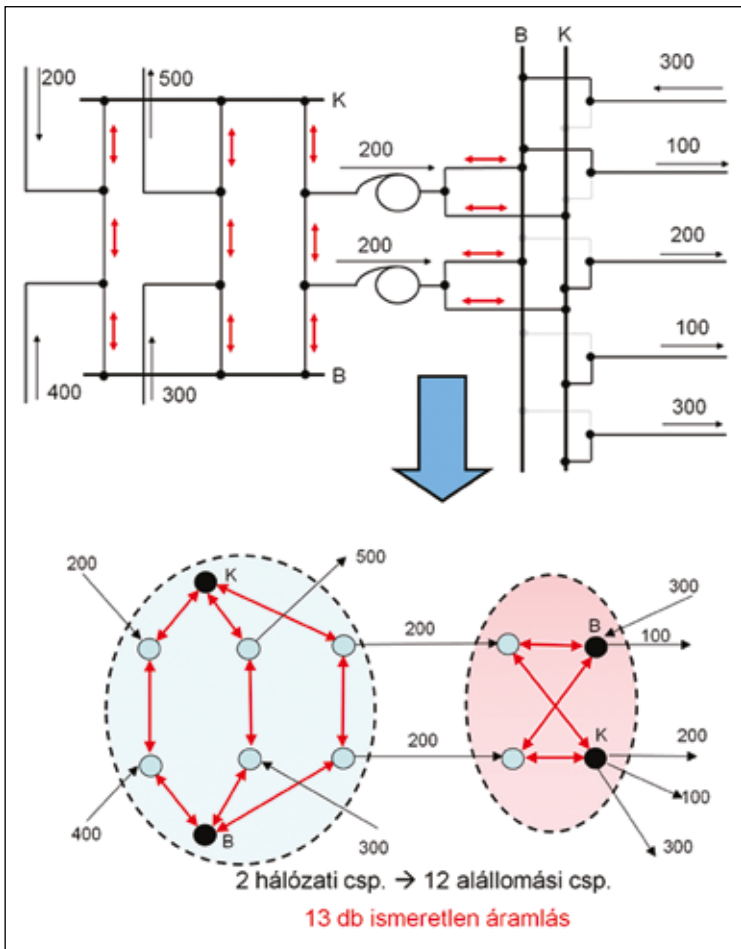
- Mátrixépítés:
 - Mikor épüljön a mátrix és az iterációk között meddig maradjon változatlan?
 - Hogyan kezeljük a mátrixban a csomópont típusváltásból, távoli szabályozásból adódó változtatási igényeket?
 - A különböző hálózati jellemzők a mátrix mely részébe kerüljenek?
- Mi legyen a résziterációk (V , δ) sorrendje és száma egy iteráción belül?
- A csomópont típusváltása mikor és milyen feltételek mellett történjen?
- Hogyan változtassuk, skálázzuk a korrekciós tényezőt a robusztusság növelése érdekében, ill. hogyan változtassuk a korrekciót?
- Mekkora legyen a számítás toleranciája és mennyi legyen az iterációk maximális száma?
- Hogyan kezeljük a különleges eseteket, mint amilyen például az egy csomópontos hálózat?

Minden kérdést önálló modellen vizsgáltunk meg, és ezek optimalizálásával alakult ki az NTS-ben alkalmazott megoldás.

2.4 Az NTS hálózatszámításának néhány specialitása

2.4.1 Az alállomáson (csomóponton belüli) áramlások számítása

A load-flow kiszámítja a hálózat csomópontjainak feszültségeit és az ágain (távvezetéseken, transzformátorokon) átáramló teljesítményeket. A valóságban a hálózat csomópontjai nem pontszerűek, hanem gyűjtősínekből, vezetékekből, kapcsolókészülékekből és mérőváltókból felépített kiterjedt kapcsolóberendezések. A hálózatot megfigyelő üzemirányító és védelmi rendszerek a kapcsolóberendezések leágazásainak áramát és feszültségét érzékelik. Például a több mezősorból áll másfélmegszakító elrendezés mezőszeleteiben mért áramok. (Lásd **2. ábra**.)



2. ábra A csomópontok összevonása

A valósághű tréningsszimuláció megköveteli e mérések számítását a diszpécseri gyakorlatokhoz szükséges pontossággal és dinamikával. A kapcsolóberendezések olyan kisebb hálózatok, amelyekben az impedanciák nagyon kicsik, nem ismertek, és egy kapcsolás hatására is ismeretlen mértékben megváltozhatnak. Ilyen esetben a klasszikus hálózatszámítási módszerek a részletes modellezés miatt bonyolultak és számítási igényük is nagy, ezért az alállomáson belüli áramlások számítására a szimulátorban egy potenciál módszeren alapuló algoritmust dolgoztunk ki, amely mindig hihető ágáramlásokat szolgáltat a gyakorlatozó diszpécsernek. Lényege, hogy a load-flow által kiszámított teljesítményeket szétosztja az alállomáson belüli ágak között.

2.4.2 Aszimmetrikus állapotok és fázisonkénti értékek szimulációja

Az NTS load-flow algoritmusas szimmetrikus, háromfázisú hálózaton végez számítást, amely a korábban ismertetett dinamikus képzett bus-branch topológiából indul ki.

Az algoritmus bekapcsoltnak tekint egy ágot (távvezeték, transzformátor stb.), ha legalább egy fázisban csatlakozik valamely végponthoz. A tréningek során azonban előállhatnak tartósan aszimmetrikus hálózati állapotok is (pl. sántaüzem vagy 1, ill. 2 fázisban beragadt megszakító esetén), amelyekhez hihető fázisonkénti áram- és feszültségértékeket kell a tanuló számára szimulálni. Ennek érdekében az NTS a fázisállapotoknak megfelelően korrigálja a load-flow által számított feszültségeket és áramlásokat, azaz a kikapcsolt fázisokban nem folyik áram és nincs feszültség, a bekapcsolt fázisok feszültségértékeit pedig megfelelően módosítja, így a tanuló előtt már helyes fázisonkénti értékek jelennek meg.

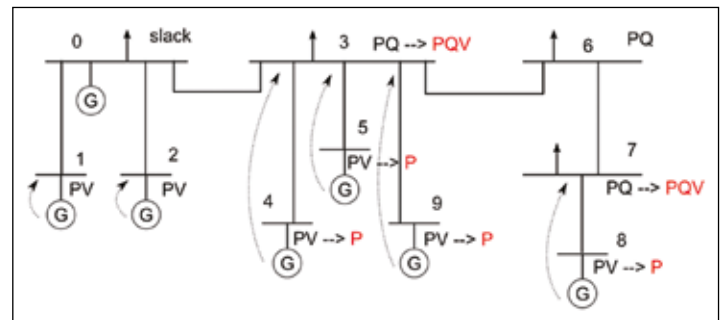
2.4.3 Generátorok távoli szabályozása

A generátorok a feszültséget szabályozhatják a saját vagy a hálózat egy másik (távoli) csomópontján.

A távoli csomópont feszültségének szabályozásakor:

a távolról szabályozott PQ típusú fogyasztói csomópont PQV típusúra változik, a szabályozó generátor csomópontja pedig szimplán P típusúra változik, mivel ezen csomópont feszültségének változtatásával kell a távoli csomópont feszültségét a célértékre beállítani.

A **3. ábra** néhány szabályozási esetet foglal össze:



3. ábra Feszültség szabályozás távoli csomópontra

A távoli szabályozás szimulációjakor a csomópontok típusának megváltozása miatt módosítani kell a load-flow mátrixok felépítését is.

Az ugyanarra a távoli csomópontra szabályozó generátorok szabályozási klasztert alkotnak. Egy szabályozási klaszterhez tartozó PQV típusú szabályozott és P típusú szabályozó csomópontoknak több ismeretlen állapotváltozója van, mint ahány load-flow egyenletet fel lehet rájuk írni, ezért ezek önmagukban nem oldhatók meg. A megoldás érdekében a P típusú csomópontok meddő teljesítményét is ismertnek tételezzük fel. A meddőigény szétosztásához ún. részvételi tényezőket (ami megadja, hogy mennyi rész esik egy adott gépre a sín szabályozási meddőteljesítmény igényéből) definiálunk minden termelő egységre.

A távoli szabályozás további speciális esetei amikor:

- egy csomópont feszültségét a távoli és a közeli generátor is szabályozza, vagy
- egymás gyűjtősíinjére szabályoznak a generátorok (körbe szabályozás esete).

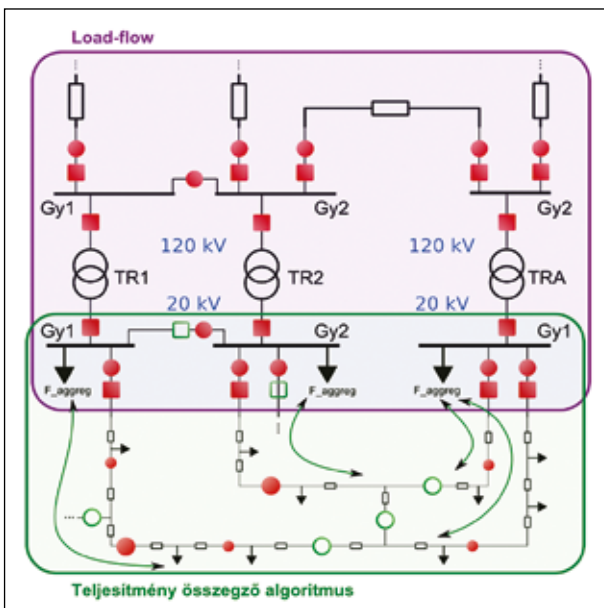
2.4.4 A közép- és a nagyfeszültségű hálózatok együttes számítása

Az NTS hálózatszámító algoritmusas a hurkolt nagyfeszültségű hálózat számítására optimalizált. Ugyanezzel a módszerrel

a nagy elem- és csomópontszámú, de jellemzően sugarasan üzemeltetett középvezetési elosztóhálózatok számításakor csak jelentős hardver- és szoftverfejlesztési ráfordítással lennének teljesíthetők a pontosság, a robusztusság és a gyorsaság kritériumai. Ugyanakkor a középvezetési elosztóhálózatok megfigyeltségének szintje (pl. a SCADA-ban megjelenő mérések relatív mennyisége) éppen a nagy hálózati elemszám miatt jóval alacsonyabb, mint az átviteli vagy főelosztó hálózaté, ezért a szimulációban megengedhető néhány egyszerűsítés. Így például elegendő a vonalon mért feszültség értékének minőségileg helyes szimulációja.

A hálózatszámítással szembeni követelmények teljesíthetők, ha a hirtelen nagyfeszültségű hálózaton futó load-flow számítás a középvezetési hálózatrészeket egy teljesítményösszegző algoritmussal egészítjük ki. A két algoritmus kapcsolódási pontja a nagy/középvezetési alállomások középvezetési gyűjtőcsínje. A hálózatszámítás az alábbiak szerint zajlik:

- Az összegző algoritmus az állandó teljesítményűnek tekintett közép-/kisfeszültségű transzformátorok teljesítményét aggregálja a tápláló alállomás középvezetési gyűjtőcsínjére a vonalak aktuális kapcsolási állapotának (topológiájának) megfelelően. Ez egy PQ típusú csomópont lesz a load-flow algoritmus számára.
- A középvezetési gyűjtőcsín között kialakuló esetleges hurokakat a nagyfeszültségű hálózatszámítás modelljébe be kell illeszteni.
- A load-flow kiszámítja a középvezetési sínek feszültségét, amelyeket az összegző algoritmus szétterjeszt a középvezetési vonalakon, felhasználva azokat az áramértékek számítására is.



4. ábra A nagyfeszültségű és a középvezetési hálózat együttes számítása

2.5 A load-flow algoritmus kapcsolata a szimulátor többi részével

A hálózatszámítás a villamos hálózat analóg értékeit számolja, amelyek a valóságban folytonos függvényekkel írhatók le. Az NTS ezeket a hálózat stationer állapotairól készült pillanatfelvételek sorozataként szimulálja, ahhoz hasonlóan, ahogyan a mozgóképek is gyorsan egymás után vetített állóképek sorozatából keletkeznek.

A hálózati analóg értékek számítása mellett a modellezés másik nagy területe a primer hálózatra telepített szekunder

berendezések (védelmek és automatikák, kapcsolókészülék-hajtások stb.) működésének szimulációja. Az NTS ezen eszközök működési logikáját modellezi és nem célja a belső folyamatok pontos leképezése, hiszen a diszpécsernek mindezeket nem érzékelik, hanem csak a végeredményeként előálló jelzéseket (indulás, kioldás, visszakapcsolás stb.) látják.

A szekunder készülékek működését az NTS *szinkron sorrendi hálózatokként* modellezi [5]. Valamennyi valóságos készülék logikailag beilleszthető egy általános készülékmodellbe, amelynek kimeneti portjai csak a bemeneti portok és a belső állapotváltozók értékétől függenek. Köztük az adott készülékre jellemző működést megvalósító belső logika (program) teremti meg a kapcsolatot. A készülékek portjaikon keresztül összekapcsolódhatnak, így bármilyen védelem-automatika rendszer felépíthető belőlük. A készülékek működéséről, azaz belső programok futtatásáról és a készülékportok értékeinek rendszeren belüli szétterjesztéséről a szimulátor motorja (a Discrete Time Simulation Module – DTSM) gondoskodik.

A hálózatszámítás és a diszkrét készülékmodellezés közötti információáramlás kétirányú:

Készülékmodellek → Hálózatszámítás: A felhasználók a generátorok, fogyasztók, távvezetékek, transzformátorok stb. készülékek megfelelő portjaira írt értékekkel (pl. gyűjtőcsín névleges feszültség, távvezetési R, X, C, transzformátorkapocs-adatok, söntelek hatásos és meddő teljesítményei) befolyásolhatják a hálózatszámítást. A számítási ciklus kezdetén a hálózatszámító algoritmusok kiolvassák ezeket az értékeket és felhasználják a számítások során.

Hálózatszámítás → Készülékmodellek: Ellenkező irányban a hálózatszámító algoritmusok minden futási ciklus végén a kiszámított analóg mérési értékeket (ágáramlások, csomóponti teljesítmények és feszültségek, söntelek teljesítménye stb.) a mérőváltók portjaira írják rá. Ily módon a fenti értékekhez az NTS más eszközei is hozzáférhetnek. Pl. valamely áramváltóra csatlakozó túlterhelés-védelem vagy transzformátor hűtésautomatika felhasználhatja az áramértékeket saját működése során.

3. KITEKINTÉS

Végezetül bemutatunk néhány lehetséges továbbfejlesztési irányt, melyekkel a szimuláció még jobban megközelítheti a valóságot:

- Az egyetlen csomópontba koncentrált hiányerőmű torzíthatja az áramlásokat a valóságosakhoz képest, ezért a jövőben célszerűnek látszik a termelők aktuális terhelését és korlátait (P, U) jobban figyelembe vevő, a valóságos szekunder szabályozáshoz hasonló teljesítményelosztó algoritmust beépíteni a szimulátorba.
- A tréning-szimulátorral az aszimmetriákat okozó üzemi állapotok kezelését is szeretnék gyakoroltatni. Ezt pl. fázisonként történő hálózatszámítással lehet megfelelően szimulálni.
- A fázisonkénti hálózatszámítás és az aszimmetrikus hálózatok kezelésével megnyílik a lehetőség a vasúti felsővezeték hálózatok pontosabb szimulációjára mind önálló alkalmazásban, mind a teljes villamosenergia-rendszerbe illesztetten.
- Jelenleg a szimulátor képes a nagyfeszültségű hálózattal összekapcsolt középvezetési hálózatok minőségileg helyes áramlásainak számítására. A középvezetési elosztóhálózat megfigyelhetőségének javulása esetén a pontosabb mennyiségi eredményeket szolgáltató középvezetési hálózatszámításra lesz szükség.

– A stacioner állapotok szimulációján túlmutat a hálózati frekvencia számítása és a dinamikus változások pontosabb szimulációja. Így a valóságos hálózatok viselkedése jobban leképezhető, a szabályozási karakterisztikák megjelenésével pedig az elosztott hiányerőmű kezelése is új módon közelíthető meg.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A tréning-szimulátor a hálózati irányító diszpécsernek mindennapi munkáját hatékonyan támogató eszköz. A gyakorlatok akkor lesznek igazán eredményesek, ha a szimuláció valóság-hű, azaz ha a védelmi és a hálózatszámító szimulációs algoritmusok elegendően gyorsak, robusztusak és pontosak. Cikkünkben áttekintettük és összehasonlítottuk a korszerű hálózatszámítási módszerek algoritmusait. Bemutattuk a konkrét megvalósítás során felmerülő problémákat, specialitásokat, valamint a hálózatszámítás és az azt körülvevő szimulációs környezet kölcsönhatásait. Végezetül pedig összegyűjtöttük azokat a továbbfejlesztési lehetőségeket, amelyek még élethűbbé teszik majd a gyakorlatot.

Irodalomjegyzék

- [1] **B. Stott, O. Alsac**, "Fast Decoupled Load Flow", IEEE Transactions PAS, vol. 93, pp 859-869, 1974
- [2] **R.A.M. van Amerongen**, "A General-Purpose Version of the Fast Decoupled Load-flow", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 4, No. 2, 1989
- [3] **A. Monticelli, A. Garcia, O. R. Saavedra**, "Fast Decoupled Load Flow: Hypothesis, Derivations and Testing", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 5, No. 4, 1990

- [4] **R. Eid, S.W. Georges, R.A. Jabr**, "Improved Fast Decoupled Power Flow"
- [5] **R. Gaál, A. Kovács**, "Training simulation models and architectures in power system operation and control", DEMSEE'15 10th International Conference on Deregulated Electricity Market Issues in South Eastern Europe, 24-25 September 2015, Budapest, Hungary.



Csatar János

Villamosenergia-ipari szakértő
Astron Informatikai Kft.
MEE-tag
csatar@astron.hu



Dobos Gábor

okleveles villamosmérnök
MEE-tag
gabor.dobos@gmail.com



Gaál Róbert

Product manager,
Astron Informatikai Kft.
MEE EISZ-tag
gaal@astron.hu

Hírek

A megújuló is lehet látványos



A napokban járta be a világ-sajtót az észak-kínai Datong mellett épült Panda Power Plantnek nevezett naperőműről készített kép. Ennél valóban nem láttunk még "cukibbat" – egy óriási panda alakot formálnak a napelemek, ami késéggel látványos és nehezen felejthető.

Forrás: *Energioldal.hu*; 2017. 07. 17.

Budapesten az első elektromos Ford Focus

De nem sokáig, ugyanis még ma útra kel Münchenbe, hogy részt vegyen az eTourEurope 2017 9 országot érintő versenyen. A versenyen idén egyetlen magyar csapat vesz részt, akik a Focus Electric volánja mögött azt szeretnék bizonyítani, hogy már



nem csak a városhatáron belül reális alternatíva az elektromos autó. Ezért 10 nap alatt több mint 5000 kilométert tesznek majd meg a verseny során.

Forrás: *Energioldal.hu*; 2017. 06. 18.

Jövőbe látó idő-gépek

A villamosenergia-hálózatok előregedett állapota a megújuló energetika legnagyobb ellensége úgy szerte a világon, mint Németországban. Ennek oka, hogy magát a villamosenergia-rendszert még egy korábbi – elsősorban nagyerőművek üzemeltetésére épülő – paradigma mentén alakították ki, amely emiatt a sok kicsi, jellemzően ingadozó termelőegység integrálását csak körülményesen tudja megoldani. A Német Meteorológiai Intézet és a Fraunhofer kutatóközpont közös fejlesztése lehet a megoldás a problémára. Az EWeLiNE névre hallgató projekt segítségével a német energiarendszer működtetői és a termelőegységek üzemeltetői voltaképpen a „jövőbe nyernek bepillantást”: előre tudhatják, hogy a megújuló energetikai egységek mennyi villamos energiát termelnek majd. A villamosenergia-hálózat tehermentesítésével és az ellátásbiztonság növelésével az EWeLiNE lehet a jelenlegi megújuló energetika iparának egyik legfontosabb fejlesztése az elkövetkező években.



Forrás: *www.wec.hu*; 2016. 08. 02.