

Az erősáramú szimuláció aktuális módszertani kérdései

A validáció problematikája

A 2018-as harkányi konferencián több előadás is foglalkozott az erősáramúval. Ezek egyikét jómagam tartottam. Akkor úgy éreztem, hogy a szűkös idő miatt nem lehetett megfelelő mélységben tárgyalni a nagyon is fontos aktuális kérdéseket, ezért már ott elhatároztam, hogy egy cikket szentelek a témának. Ennek eredményét látja a kedves olvasó.

DOLHAY MÁRK

Bevezető

Az erősáramú szimuláció ügyének alakulását jelenleg a következő tények/történesek határozzák meg:

1. Jó hír, hogy általános egyetértés kezd kialakulni arról, hogy az erősáramú szimuláció eredményein sok múlik. Jelen-tős költsége van annak is, ha nem elég-séges a vontatási rendszer teljesítménye, ahogyan annak is, ha felesleges vagy túlméretezett kapacitások kerülnek be-építésre. Nem szerencsés a „pontatlanok vagyunk, de legalább jó nagy rátartással dolgozunk” alapelv. Ezért fontos, hogy megfelelő színvonalú munkák készülje-nek.

2. Jelenleg több szabvány, irányelv is foglalkozik erősáramú szimuláció-val: **MSZ EN 50388, MSZ EN 50163, 1301/2014/EU** (energia alrendszer), **42177/2014/MAV**. Sajnos ezek nem elégségesek.

3. Halvány reménysugárt jelent, hogy **EN 50641** néven új európai szabvány ké-szül, ami igen magas színvonalú munka, mégsem old meg mindent. Egyelőre nem fogadták el, hatálybalépésének ideje bi-zonytalan.

4. A MÁV saját szimulációs tervezési segédletet és („feltét füzetet”) készített. Mindazonáltal felmerül a kérdés: nem inkább az európai szabványban kellene megjelennie a magyar igényeknek?

5. Elképzelhető, hogy a MÁV saját validációs rendszert fog működtetni mért adatok alapján. Szeretném remélni, hogy ez megfelelő türelmi idővel, hasonlóan transzparens formában történik majd, mint az a készülő **prEN 50641** szabvány esetében látható (nyilvános bemenő ada-tok, nyilvános elvart kimenő adatok, ele-gendő idő az implementálásra).

6. A 2018-as harkányi erősáramú kon-ferencián meghallgattuk a feltétfüzetet és a MÁV-os validálási rendszert előkészítő kolléga előadását. Azt hallottuk, hogy (1) nem foglalkozik a készülő európai szab-vánnyal, mert azt zsákutcának érzi, (2) a készülő validálási rendszert szemben az európai gyakorlattal **titkos (!!!)** mért ada-tok alapján képzelel el.

A továbbiakban ismertetem:

1. véleményem szerint mi hiányzik az alapvetően jó szellemű és szakmailag igényes, készülő európai szabványból, továbbá miért lenne fontos egy erősebb magyar jelenlét a szabvány alakításában?

2. Arra az esetre, ha mégsem jelenik meg az európai szabvány, hanem saját feltétfüzetet és/vagy validációs rend-szert készít a MÁV, ismertetni szeretném azokat a módszertani kérdéseket, ahol többféle megoldás is létezhet, vagyis a faékszintű megoldás és a „state-of-the-art” is elfogadható. Mivel nincs megha-tározva egy minimumszint, az árverseny egyértelműen a faéknek kedvez, és csak a szimulációt végző vállalkozó személyes elkötelezettségén múlik, ha igényesebb megoldást választ. A javasolt beruházás műszaki paramétereinek (állományi be-épített teljesítmény, ill. nyíltvonali vezetékek elrendezés) meghatározása szempontjá-ból azonban nem elégséges és nem meg-nyugtató a „faék” megoldás.

3. Végezetül szeretném kifejezni, hogy miért nagyon problémás, ha egy validálási rendszer nem nyilvános adatok alapján tör-ténik. Továbbá példákkal fogom illusztrálni, miért gondolom azt, hogy egy validálási rendszer nem válik kijátszhatóvá azáltal, hogy nyilvános adatok mentén készül.

Semmiképpen sem gondolom, hogy a bölcsek követ birtokolnám, de mivel az utóbbi 10 évben Magyarországon a legtöbb erősáramú szimulációs vizsgá-latát mi készítettük, saját magunk által írt szoftverekkel (sikeresen), továbbá két kü-lönböző validáló szervezet is jóváhagyta korábbi munkáinkat, ezért kérem, hogy gondolataimat legalábbis mint egy rele-váns vállalkozói álláspontot kezeljék.

Mi a prEN-50641 előszabvány státusza?

A már hivatkozott harkányi előadáson azt hallottam, hogy az európai szabvány **zsákutca**, hiszen első körben nem került elfogadásra, valamint 40 oldalnyi kritikai észrevétel érkezett hozzá.

Ezzel kapcsolatban felhívnom a figyel-met, hogy a szabványt:

1. a számszerű többség támogatta.

2. a súlyozott szavazáson is el fogják fogadni már akkor is, ha csak Németor-

szág a negatív szavazatát pozitívrá módo-sítja. Ez szerintem borítékolható, hiszen egy német szabványról van szó.

3. Az, hogy 40 oldalnyi – egyébként túlnyomóan konstruktív – észrevétel érke-zett a szabványhoz, az véleményem sze-rint inkább a szabvány rangját emeli, és azt mutatja, hogy egy nagyon komolyan veendő dokumentumról beszélünk, ami-nek elkészültét nagy várakozás övezi.

4. A kritikai észrevételek egyike sem a szabvány transzparens voltát kritizálta, vagyis, hogy nyilvános bemenő adatok és nyilvános kimenő adatok mentén történ-jen a validálás.

Úgy gondolom, nem zárható ki, hogy az EN-50641 elfogadása elakad. De ér-demes felkészülni arra az esetre is, ha elfogadják és kötelező érvényű lesz Ma-gyarországon is. Nem az történik-e majd, hogy a magyar cégek elfecsérlik az ener-giáikat a hazai validációs rendszernek való megfelelésre, ahelyett, hogy az uniós szabványalkotást követnék, így lemarad-nak arról, hogy az uniós szinten verseny-képessé váljanak?

Magyar szemmel mi hiányzik a prEN-50641 előszabványból?

A korábban általam dicsérő szavakkal ille-tett szabvány hátránya, hogy egyértelmű-en a nyugat-európai viszonyokra készült. Ennek megfelelően a következőket hiá-nyolom belőle:

1. A teszt-menetrendben szereplő va-lamennyi mozdony visszatáplálni képes, inverteres mozdony. Magyarországon, sőt szerintem Európa nagyobbik részé-ben közel sem ilyen rózsás a helyzet. Fontosnak gondoltam volna diódás és tirisztoros járművek szerepeltetését is a menetrendben.

2. Erősáramú szempontból pontszerű állomásokkal számol. Magyarországon rendszerint az állomások teljes hosszában megkerülő vezetékeken folyik az áram. Az állomás területén haladó mozdonyok táplá-lása az állomás közepén található kapcsolókerteken keresztül valósul meg.

3. Magyarországon jelentős mennyi-ségű, helyhez kötött fogyasztó található állomásokon: váltófűtések, szerelvény előfűtések, stb... Ezek megfelelő kezelé-sével az előszabvány nem foglalkozik.

4. Végezetül: az előszabványban a vasút-dinamikai és az erősáramú szintet tökéletesen kidolgozták, de a köztes biztosítóberendezési szintet egyáltalán nem. Az előszabvány forgalmi szempontból pontszerű állomásokban gondolkodik, a köztes szakaszokon pedig figyelmen kívül hagy mindenféle utolérés-kizárási mechanizmust.

A forgalmi szimulációval kapcsolatos nyitott módszertani kérdések

Egy erősáramú szimuláció nem lehet pontosabb, mint az a forgalmi szimuláció, amire épül. Ezért a magyarországi vizsgálatoknál feltétlenül szükséges a magyar sajátosságokat figyelembe venni.

Mindenekelőtt szükséges eldönteni, hogy a forgalmi szimulátor a **teljes** magyar biztosítóberendezési funkcionálitást és F.1, F.2 szerinti vonatközlekedést legyen-e képes szimulálni, vagy meg lehet-e határozni egy **elég** szintet, ami normál menetrendi esetekben már **dinamikailag egyenértékű** kimenetet biztosít.

Javaslat: egy ilyen elég szint lehetne a következő:

- állomáson belüli vágányutas közlekedés a valóságos helyzetnek megfelelő sebességgel történjen, ami függvénye az érintett váltók egyenes- vagy kitérő állásának, valamint az egyéb érintett objektumokra vagy szakaszokra érvényes megengedett maximális sebességeknek.
- a nyíltvonal közlekedésben érvényesülni kell az utolérés- és ellenmenet-kizárási feltételeknek.

Mindezek egyébként megjelenhetnek egy „forgalmi szimulációs feltétfüzetben”.

Az erősáramú szimuláció nyitott módszertani kérdései

Koncentrált impedanciaérték kiszámításának módja tetszőleges felsővezeték-típushoz

Aki erősáramú szimulációval foglalkozik, előbb-utóbb beleütközik abba problémába, hogy valamely felsővezeteki elrendezéshez nem talál megbízható vonali impedanciaértéket.

Logikus lépés, hogy készíteni kell egy eszközt, ami megfelelő biztonsággal kiszámítja a szükséges impedanciát. Ekkor merül fel a következő probléma: több algoritmus is fellelhető, melyek más-más eredményt adnak. Vannak cégek, melyek az impedanciaszámítás nagyágyúi, ők viszont nem adják közre a módszerüket (végül is érthető módon).

A magunk részéről némi vargabetűk után az [1] könyvben megadott képleteket felhasználva készítettük el az immár véglegesnek szánt, saját impedanciaszámító algoritmusunkat. Ez utóbbi utat azért is javasolnám mindenkinek, mert nemcsak a módszer van közel százszázalékosan megadva, hanem megfelelő validációs adatok is, amikkel ellenőrizni lehet a program működését (lásd 1. ábra).

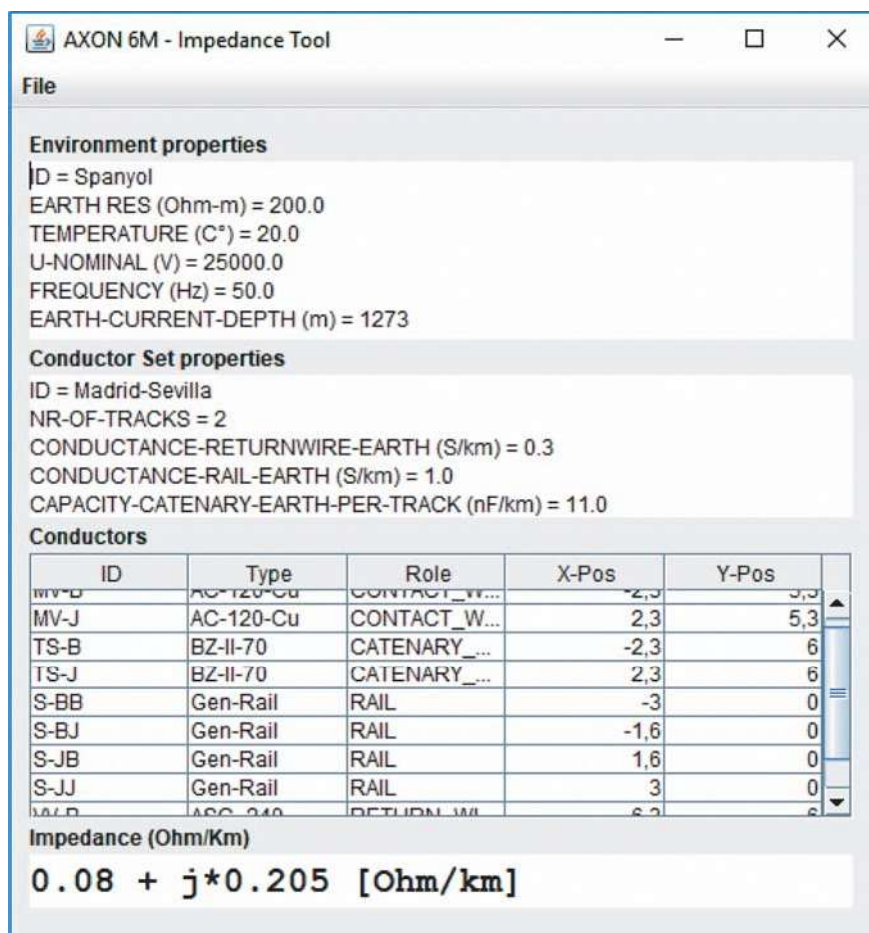
Javaslat: ha készül egy szimulációs módszertani segédlet, szerintem indokolt lenne behivatkozni vagy ismertetni egy módszert, ami már elfogadható pontos-

sággal kiszámítja a vonali impedanciát egy tetszőleges környezetbe helyezett, tetszőleges hosszlánc típusú egy 1 km-es szakaszára.

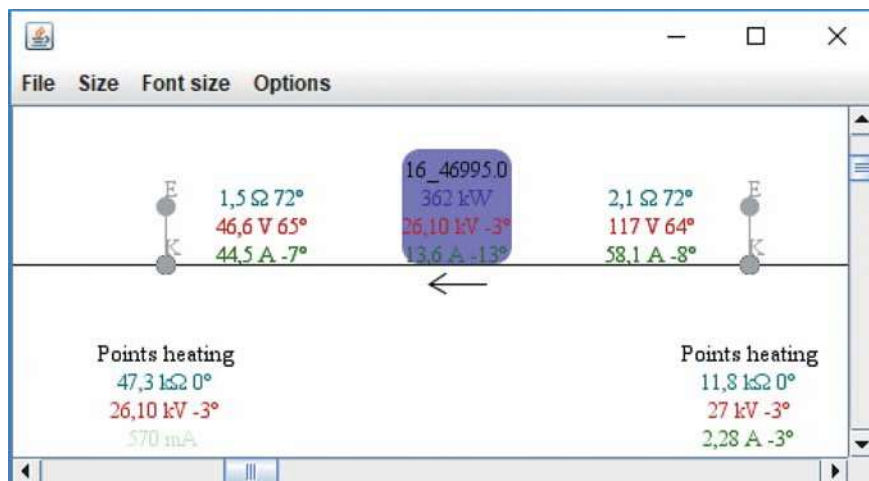
A felsővezeték reprezentációja

Szükséges eldönteni, hogy milyen esetekben mely áramköri reprezentáció elfogadható. Az alábbiakban négy lehetséges módszert ismertetek:

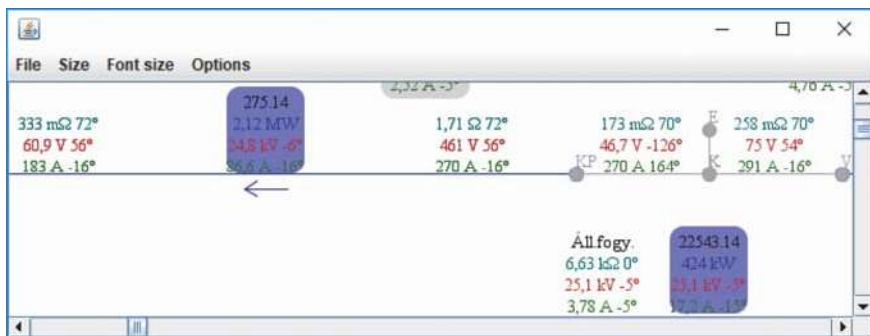
1. A felsővezeteki rendszert egy koncentrált impedanciával helyettesítjük, mely az állomásközéppontokat köti össze.



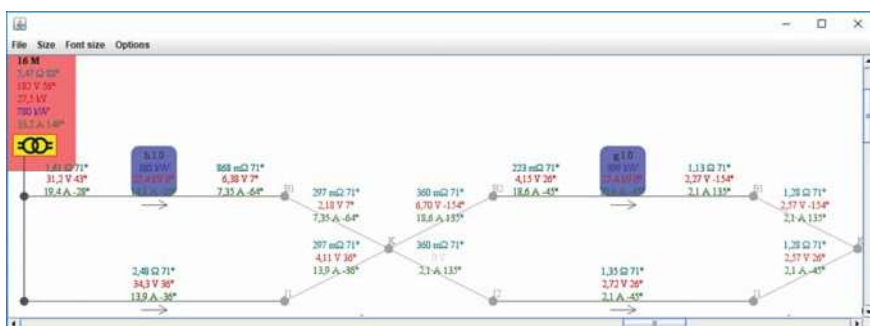
1. ábra: A saját impedanciaszámító eszközünk az [1] könyvben megadott módszerrel és validációs adatokkal



2. ábra: Pontszerű állomások, a közöttük levő felsővezeték koncentrált impedanciával reprezentálva



3. ábra: Az állomásokat a kapcsolókkal és a megkerülővezetékekkel, az állomásközt pedig koncentrált vezetével modellezzük



4. ábra: Az állomásokat a kapcsolókkal és a megkerülővezetékekkel modellezzük, az állomásközt pedig vágányonként koncentrált vezetével

Generator				Load (only left)			
U0 (V)	=	27500		U (V)	=	25305.5 -15.9°	
Xg (Ohm)	=	5		I (A)	=	506.1 -15.9°	
Ig (A)	=	1005.3 -16.6°					
MV-J CONTACT WIRE	AC-120-CuI (A)	= 202.7 -22.4°		MV-J CONTACT WIRE	AC-1		
MV-B CONTACT WIRE	AC-120-CuI (A)	= 335.3 -21.1°		MV-B CONTACT WIRE	AC-1		
TS-J CATENARY WIRE	BZ-4-70 I (A)	= 177.9 -11.5°		TS-J CATENARY WIRE	BZ-4		
TS-B CATENARY WIRE	BZ-4-70 I (A)	= 293.9 -10.5°		TS-B CATENARY WIRE	BZ-4		
S-J RAIL	Gen-Rail I (A)	= 210.6 172.5°		S-J RAIL	Gen		
S-B RAIL	Gen-Rail I (A)	= 220.7 172.9°		S-B RAIL	Gen		
S-BJ RAIL	Gen-Rail I (A)	= 219.7 176.5°		S-BJ RAIL	Gen		
S-BB RAIL	Gen-Rail I (A)	= 205.7 178.4°		S-BB RAIL	Gen		
VV-J RETURN WIRE	ASC_240 I (A)	= 66.0 126.8°		VV-J RETURN WIRE	ASC		
VV-B RETURN WIRE	ASC_240 I (A)	= 79.9 137.1°		VV-B RETURN WIRE	ASC		

5. ábra: Többvezetős módszer

sze, és amelyet a vonatok a térbeli elhelyezkedésüknek megfelelően arányosan több részre bontanak.

2. Az állomásokat a kapcsolókkal és a megkerülővezetékekkel ábrázoljuk. Az állomás területén tartózkodó mozdonyok és a helyhez kötött állomási fogyasztók által felvett áram ezen a ponton jelentkezik. A bejáratú jelzők közötti felsővezetési rendszert egy koncentrált impedanciával helyettesítjük.

3. Az állomásokat a kapcsolókkal és a megkerülővezetékekkel ábrázoljuk bejáratonként megosztva. A bejáratú jelzők közötti nyílt vonali felsővezetési rendszert vágányonként egy-egy koncentrált impedanciával helyettesítjük.

4. A legpontosabb és egyben leginkább számításigényes módszernél minden egyes vezető külön szerepel. A tápszakaszt felbontjuk homogén szakaszokra, melyeken a vezetők száma, minősége, valamint a rajtuk folyó áram értéke a végponti hatásoktól eltekintve nem változik. Egy „s” km hosszúságú szakasz áramai és feszültségei közötti viszonyt leírja az előző fejezetben említett impedancia számító módszer által alkalmazott impe-

dancia mátrix s-szerese, kiegészítve a végponti hatásokkal.

A prEN-50641 a 2x25 kV-os esetben már csak a többvezetős módszerrel engedi meg a számítást.

Nem-lineáris módszer

2009-ben, amikor először használtuk a magunk nem-lineáris algoritmusát, még hosszasan kellett magyarázni, miért nem-lineáris a modell, és miért csak iteratív vagy más-képp numerikus megoldás alkalmazható.

Mostanra szerencsére a hazai gondolkodás megváltozott a kérdésben. Ennek egyik oka, hogy ismertté vált a nagy villamosenergia-hálózatokhoz kifejlesztett „Power-flow” módszer, ami egyértelműen nem-lineáris modellel dolgozik. A 42177/2014/MAV dokumentum és a prEN 50641 már szintén előírja a nem-lineáris modellezést.

Mindazonáltal a közelmúltban részt vettem olyan egyeztetéseken, ill. előadásokon, melyek meggyőztek, hogy talán nem árt néhány szót vesztetgetni arra, miért nem-lineáris a modell és miért csak numerikus (iteratív) módszer használható.

A folyamat úgy zajlik, hogy a forgalmi szimulátor megfelelő sűrűséggel (pl. másodpercenként) megadja, hogy az egyes mozdonyok hol vannak és mekkora mechanikai teljesítményt adnak le. Ebből az adott mozdonyra jellemző hatások ismeretében kiszámíthatjuk, hogy mekkora villamos teljesítményt kell felvenni a hálózathoz. Hagyományos, lineáris módszernél a program a névleges feszültséget és a betápláláshoz képest 0° fázisszöget feltételezve meghatározza a mozdony által felvett áramvektort, majd a továbbiakban ezzel számol.

A valóságban az áramköri számítás megkezdésekor sem az áramszedőn mérhető (vagy számítható) feszültség **abszolút értéke**, sem annak **fázisszöge** nem ismert. Sőt, ha több mozdony tartózkodik a tápszakaszon, akkor mindegyik áramszedőjén más és más effektív feszültség- és fázisszög érték mérhető, ill. számítható.

Egy adott mozdony áramszedőjén a feszültségvektor abszolút értéke ill. fázisszöge éppen az általa és a többi mozdony által felvett áramvektor hatására változik meg, ami viszont a feszültségvektor függvénye. Ezért csak **iteratív**, más szóval **numerikus** algoritmus vezethet megfelelő pontosságú eredményhez.

A fentiek fontos következménye, hogy mivel egy adott mozdonyon eső feszültségvektorra a többi mozdony is hatással van, ezért **nem lehet külön-külön számolni az egyes mozdonyok áramát**, majd azokat összeadni. A superpozíció csak akkor alkalmazható, ha a rendszer lineáris.

A modell egyébiránt azért sem **lineáris**, mert a számításban minden mozdony esetében szerepelnie kell a $P=U \cdot I \cdot \cos(\phi)$ kvadratikus egyenletnek is, ahol minimálisan **U** és **I** is változók. Két változó szorzata esetén pedig már nem beszélhetünk lineáris egyenletről, ill. egyenletrendszeréről, ezért nem is számítható ki direkt módszerrel - például Gauss-eliminációval vagy LU felbontással.

Javasolnám, hogy ha készül egy szimulációs segédlet vagy feltétfüzet, akkor a nem-lineáris számítási módot kell előírni.

Állomási fogyasztók kérdése

Állomási helyhez kötött fogyasztókat (például váltófűtés) rendszerint ohmos terhelésként szoktuk figyelembe venni, vagyis az általuk felvett áramvektorok abszolút értéke arányos, a fázisszöge pedig egyenlő az adott ponton számított feszültségvektorával.

Ennek némileg ellentmond, hogy mivel a váltófűtéseket termosztát kapcsolja ki-be, ezért a feszültségcsökkenés hatására vélhetően hosszabb ideig lesznek bekapcsolva. Ilyen módon sok váltó esetén sokkal inkább lehet modellezni a váltófűtéseket **állandó teljesítményű, vagyis nem lineáris** fogyasztóként. Viszont onnantól, hogy

egy bizonyos hőmérséklet alatt a váltófűtések már állandóan bekapcsolt állapotban vannak, megint sokkal inkább lineáris, vagyis **ohmos** fogyasztókra hasonlítanak.

Javaslat: a készülő tervezési segédlet, ill. feltétfüzet egyértelműsítse, milyen módon kell figyelembe venni a különböző helyhez kötött fogyasztótípusokat.

Az erősáramú szimuláció és a forgalmi szimuláció együttműködésének kérdése

Visszahatás a forgalmi szimulátorra

Hagyományosan a forgalmi és az erősáramú szimulátor közötti adatáramlás egyirányú. A forgalmi szimulátor produkál pillanatnyi pozíció- és teljesítményadatokat, az erősáramú szimulátor pedig kiszámítja az ezekhez tartozó áramokat és a feszültségeket. A valóságban ha a felsővezetékben leesik a feszültség, akkor a mozdonyok nem lesznek képesek ugyanakkora teljesítményt felvenni, aminek hatására a vonóerejük is kisebb lesz, így később érik el céljukat. Indokoltnak látszik, hogy a feszültség csökkenéséből adódó teljesítménycsökkenés megjelenjen a forgalmi szimulátorban, ami csak kétirányú adatkapcsolattal lehetséges.

Ez nyilván komplikálja és lelassítja a szimulációs folyamatot. Egyrészt a forgalmi szimulátorban egyszerre kell futni az összes vonatnak, másrészt egyszerre kell futni a forgalmi és az erősáramú szimulátoroknak, harmadrészt meg kell oldani a szimulátorok közötti szinkronizációt és az azonnali adatkapcsolatot.

A prEN-50641 előírja a visszahatást.

Javaslat: azt gondolom, hogy szükséges a kétirányú adatkapcsolat előírása.

Technikai kérdések

A forgalmi és erősáramú szimulátorok igen komplex szoftvereszközök, és bár a megrendelő elsősorban a vasút-dinamikai, a bízter- és az erősáramú számításokra koncentrál, fontos tudni, hogy ezek a számítások a konkrét programoknak inkább a kisebb részét képezik. Az alábbiakban mint szoftvertermékekkel fogok a szimulátorokkal foglalkozni.

Ahhoz, hogy jó minőségű szoftvert készítsünk, először el kell fogadnunk, hogy nincs hibamentes program és nincs hibamentes bemenő adatállomány. A program működése, visszajelzései, önellenőrzése és naplózása kell, hogy elősegítse a hibák minél előbbi felszínre kerülését.

Grafikus megjelenítés

Javaslom, hogy az erősáramú szimulátor mindhárom szintje (dinamikai, bízter és áramköri számító modulok) megfelelő grafikus kijelzővel rendelkezzenek. Az ember



6. ábra: Ugyanaz a vonat a dinamikai, a bízter- és az erősáramú modulok megjelenítőin

alapvetően vizuális lény, ezért sokkal-sokkal bonyolultabb folyamatokat képes átlátni, ellenőrizni, ha azok megfelelően, grafikusán ábrázolva jelennek meg, mint ha ez a lehetőség nem adott.

Mi a magunk eszközeiben erre törekszünk és nagyon hasznosnak találjuk, hogy egy-egy meglepő eredménynek könnyen utána tudunk nézni, látjuk, hogy adott pillanatban hol járnak a vonatok, mekkora az áramfelvételük stb. Így egy helytelen adatbevitelre, esetleg programhibára könnyebben fény derül.

Naplófájlok

Az ellenőrzés második eszköze a megfelelő szintű naplófájlok készítése.

Javaslat: olyan szintű naplózás megkövetelését javasoljuk, amelyekből bármely időponthoz rekonstruálható, hogy az egyes vonatok:

- hol tartózkodtak,
- mekkora volt a sebességük,
- mekkora volt az aktuális fék- vagy vonóerejük.

Minden egyes generátoron, fogyasztón, hosszláncszakaszon (többvezetékes modellnél minden vezetéken):

- milyen áram- és feszültségértékek voltak.

Validálás: nyilvánosak vagy titkosak legyenek-e az elvárt eredmények?

Tapasztalok egy erős hitet, miszerint egy szimulációs rendszer validálása nyilvános bemenő és kimenő adatok mellett nem lehet hatékony. Jőmagam nem osztom ezt a nézetet a következők miatt.

1. A szimulációs szoftvert (sőt bármilyen szoftvert vagy műszaki eszközt) csak specifikáció alapján lehet készíteni. Az, hogy valahol van egy boríték ismeretlen elvárt adatokkal, az nem specifikáció.

2. Úgy képezem, hogy egy megrendelőnek/üzemeltetőnek érdeke, hogy megkönnyítse a szimulátor fejlesztőjének a dolgát a megfelelő minőségű termék létrehozásában, hiszen a fejlesztési költségek és fejlesztési kockázatok végső soron beépülnek az árba. Az, hogy a megrendelő csalafinta feladványok elé állítja a szimuláció fejlesztőjét, az nem segít, ellenben árfelhajtó hatással bír.

3. Vannak szimulációs cégek, melyek egyéb tevékenységük folytán számos mérési lehetőséggel rendelkeznek, ill. rendelkeztek a múltban, így automatikusan előnybe kerülnek másokkal szemben. Ezért a nem nyilvános megoldás súlyos

esélyegyenlőséggel, versenytörzítő hatással is jár.

4. Számos kiszámíthatatlan tényező befolyásolhat egy mérést, amelyek együttesen már bőven okozhatnak kezelhetetlen mértékű bizonytalanságot. Ezért problémás a mért, különösen a titkos mért eredmények szerinti validáció. Csak néhányat említek:

- föld-ellenállás rendszerint nem állandó sem a tápszakaszk teljes hosszában, sem a földfelszíntől lefelé haladva;
- a sín és a föld közötti vezető képesség jelentősen változhat talaj pillanatnyi nedvességének függvényében;
- a vezetékek akár több tíz százalékos kopása is elképzelhető;
- a transzformátor feszültségszabályozója igen nagy, akár 450 voltos lépésekben módosítja a feszültséget, ami ugyanekkora bizonytalanságot jelent annak kimenő feszültségében;
- a mozdonyvezető vezetési stílusa teljességgel kiszámíthatatlan, viszont jelentősen befolyásolja a mérhető feszültségeket/áramokat és időket.

A fentiek alapján továbbra is úgy gondolom, hogy bármiféle szoftvalidáció csak teljesen transzparens módon, nyilvános feltételek mentén végezhető, ahogyan erre számos európai példát láthatunk.

Az alábbiakban két európai szabványt szeretnék bemutatni. Mindkettő vasúti szimulációs eszközök validálására szolgál, nyilvános bemenő és elvárt kimenő adatok mentén működik, és fel se merül, hogy ezáltal gyengébbek vagy kijátszhatók lennének.

MSZ EN 50318 – A felsővezeték és az áramszedő(k) mechanikai kölcsönhatását modellező szimulátorok vizsgálata

A mintegy 16 oldalas dokumentum az alapfogalmak tisztázása után definiál egy 600 méter hosszú hosszláncot, valamint egy áramszedő modellt. Két szimulációs vizsgálatot ír elő: egyiket 250 km/h, a másikat 300 km/h sebességgel. A regisztrációs tartomány az 6. és 7. függleges pont között van. A futtatás során rögzíteni kell különböző erőket, azok szórását, az áramszedő függőleges elmozdulását stb., összesen 16 paramétert, melyek mindegyike egy előre megadott tartományba kell, hogy essen.

Aki készített ilyen szimulátort, tudja, hogy nem egyszerű feladat, annak ellenére, hogy a bemenő és az elvárt kimenő adatok nyilvánosak.

prEN 50641:2017 – A készülő európai szabvány erősáramú szimulációs szoftverek validálására

Az előszabvány definiál egy meghatározott hosszúságú pályát megállókkal, domborzattal, alállomásokkal, (2x25 kV esetén) autó-transzformátorokkal. Az adott pályára megad egy menetrendet, mely 6 vonatot: 4 nagysebességű gyorsot, egy elővárosi személyt és egy tehervonatot tartalmaz. Úgy az egyes járműveket, mint a felsővezeték minden releváns mechanikai és villamos paramétereit meghatározza.

A továbbiakban megadásra kerülnek az elvárt kimenetek normál és szükségüzemi tápláláskor:

- 5 meghatározott idődiagrammon jelen kell lennie 51 (!) jellegzetes részletnek (kiszögelésnek, letörésnek stb.)
- Valamennyi vonatra (6 db):
 - Utazási idő
 - Hasznos átlagos feszültség
 - Átlagfeszültség 5 különböző tartományban
 - Minimális és maximális feszültség a teljes pályán
 - Felvett és visszatáplált energiamennyiség
- Alállomásonként és táplálási esetenként (2 normál, 1 szükségüzemi):
 - Hasznos átlagos feszültség a teljes tartományra
 - Maximális áram 1 és 5 perces átlagolóablakkal számítva
 - Leadott és felvett energiamennyiség

Vagyis úgy az 1x25 kV-os, mint az 2x25 kV táplálásnál is jóval több, mint 100 vizsgálandó kimenő paraméternek kell a megfelelő tartományba esni. Ez egy nagyon jó példa arra, hogy miként lehet teljesen transzparens módon validálni egy szimulációs eszközt.

Összefoglalás

Az elmúlt évtizedben folytatott forgalmi és erősáramú szimulációs vizsgálatok eredményeként lehetőség nyílt a vasúti infrastruktúra objektív és gazdaságos kapacitástervezésére. Mára elmondható, hogy minden nagyobb vasútfejlesztési terve-

zésnek szerves részévé vált. Számos esetben eredményezte a létesítmények optimális méretezését, vagy a távlati tervezett menetrend/technológia hitelesítését.

A cél, hogy elkészüljön az erősáramú szimulációkkal kapcsolatos objektív követelményrendszer, vitathatatlanul fontos; ám ennek során vétek lenne érdemi vizsgálat és mérlegelés nélkül elvetni azt az előszabványt, amelybe több tucat gyakorló mérnök és vasúti szakember fektetett éveken keresztül energiát, tudást, fáradságot. A szakmai viták nem gátolják, nem veszélyeztetik egy feltétfüzet kialakítását, hanem erősítik annak szakmaiságát, hosszú éveken keresztül biztosítják az adott szakterület erre alapozott fejlesztéseinek irányát. Ugyancsak hiba lenne az erősáramú szimulációs vizsgálat alapját képező forgalmi szimulációs vizsgálatokkal kapcsolatos követelményrendszerrel megelégedezni, hiszen egy stabil, energiahatékony házat az alapoknál kezdünk el építeni. Ezek az elvárások akár egy „forgalmi szimulációs feltétfüzetben” kaphatnának helyet.

Referenciák

1. **Fahrleitungen elektrischer Bahnen** (Kießling, Puschmann, Schmieder)
2. **MSZ EN 50163** Vasúti alkalmazások. A vontatási rendszerek tápfeszültségei.
3. **MSZ EN 50388** Vasúti alkalmazások. Az energiaellátás és a gördülőállomány. Az együttműködő képesség eléréséhez szükséges, az energiaellátás (alállomás) és a gördülőállomány közötti koordináció műszaki ismérvei
4. **MSZ EN 50318** Railway applications – current collection systems – Validation of simulation of the dynamic interaction between pantograph and overhead contact line
5. **prEN 50641:2017** Railway applications – Fixed installations – Requirements for the validation of simulation tools used for the design of traction power supply systems
6. **A BIZOTTSÁG 1301/2014/EU RENDELETE (2014. november 18.)** az Európai Unió vasúti rendszerének „energia” alrendszerére vonatkozó átjárhatósági műszaki előírásokról

Aktuelle Fragen der Stromversorgungssimulationen

Stromversorgungssimulationen werden immer wichtiger. Jedoch gibt es wenige Regeln wie diese Studien durchgeführt werden sollen. Das Norm EN 50641 gibt uns eine leichte Hoffnung, aber es ist nicht einzuschätzen, wann es in Kraft treten wird. In der Zwischenzeit entstehen nationale Regelungen.

Actual issues of simulation studies of traction power supply systems

Simulation studies of traction power supply systems are getting more and more important. However there are not many rules how this studies should be created. The draft norm EN 50641 represents a hope in this respect, but no one knows when this norm will be introduced. In the meantime national standards are created to fill the gap.