XI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2006. március 24-25.

A NAGYVASÚTI VILLAMOS VONTATÁS HÁLÓZATI VISSZAHATÁSA

Dr. Dán András, Kiss Péter

Regarding voltage and power quality strict requirements were introduced in the last decade. The Hungarian railways are supplied directly from the 120 kV distribution network. The authors are working on the modelling of the penetration of low frequency disturbance caused by the railways. In a former paper [1] a detailed model of the traction system is described in frequency domain. Our research and this paper combine that model with time dependent elements. To calculate the sophisticated model of the electric locomotive as a non-linear load a time dependent model must be used. The traction supply system together with the equivalent supply network impedance could be calculated in frequency domain. An iteration algorithm is developed to converting the variables in every step between the time and frequency domain. The simulation based on ATP-EMTP enables modelling of real traction supply systems in the developing stage as well.

A szolgáltatott villamos energia elvárt minőségét illetően az elmúlt években igen komoly követelményeket támasztottak. A vasút közvetlenül a 120 kV-os főelosztó hálózatra kapcsolódik, mint nemlineáris fogyasztó. A szerzők a vasút hálózati visszahatásának modellezésével foglalkoznak. A vasúti tápszakaszok leképezésére az [1.] irodalom szerzői által alkotott igen részletes modell használható fel a frekvencia tartományban. A kutatás során a meglévő modellt időtartományi elemekkel bővítve számítjuk, mert a mozdony által injektált felharmonikus áramspektrum pontos meghatározásához időtartományban futó modellre van szükség. A két modell egy iterációt alkalmazva szolgáltat megfelelő eredményt. Az ATP-EMTP programrendszerben megalkotott modell segítségével a későbbiekben lehetőség nyílik konkrét szűrők vizsgálatára egy adott tápszakasz fizikai paramétereinek ismeretében tervezési állapotban

Bevezetés

A szolgáltatott villamos energia elvárt minőségét illetően az elmúlt években igen komoly követelményeket támasztottak [2.]. Ezek közül az egyik a feszültség jelalakjára, mint jellemzőre vonatkozik. A gyakorlatban a nemlineáris fogyasztók felharmonikus áramokkal szennyezik a hálózatot, mintegy virtuális harmonikus áramgenerátorként jelennek meg a hálózati csatlakozási pontjukban. Az energiaellátás biztonsága érdekében elengedhetetlen ennek a szennyezésnek a csökkentése, megszüntetése.

A nagyvasúti villamos vontatás táplálási jellemzői Magyarországon: 25kV egyfázis, 50Hz. Az alállomások közvetlenül a 120 kV-os főelosztó hálózatra kapcsolódnak. Az egyenirányítóval felszerelt járművek elterjedése óta igen nagy mértékű a vasúti hálózat torzítása, amelynek csökkentésére alkalmazható a felharmonikus szűrés.

Kutatásunk a kisfrekvenciás vezetett zavarok terjedését és aktív felharmonikus-szűrésének lehetőségét vizsgálja a vasúti hálózaton. Az MSZ EN 61000-es szabvány a kisfrekvenciás zavarok tanulmányozásához az első 50 harmonikus vizsgálatát írja elő. Elegendő a páratlan harmonikusokkal foglalkozni, mert a párosak csak a félvezetők vezérlésének változásakor jelentkeznek, akkor is csekély mennyiségben és rövid ideig. Az ATP-EMTP programcsomag világszerte ismert energetikai számítások, modellezések körében. Ebbe a környezetbe maga a tápszakaszk és a mozdonyok egyaránt leképezhetők.

A vasúti hálózat áramköri modellje

Egy tápszakaszk magába foglaló vasúti hálózat

1. ábra: A tápszakaszk modell

négy elemet tartalmaz: a mozdonyt, a munkavezeték-rendszert sín- és földvisszavezetéssel, az állomási transzformátort és a nagyfeszültségű táppontot. Ennek leképezése két részben végezhető el. Maga a tápszakaszk modellje (1. ábra) a frekvencia-tartományban számítható [1.], a rendszer paramétereinek megfelelően frekvencia-tartományban adottak. Az így előálló modellen számítható a feszültség- és árameloszlás a tápszakaszk mentén, és (egységnyi áraminjektálás mellett) már közvetlenül is lehet tanulmányozni a tápszakaszk áramkiemelését.

Mozdony modellek

2. ábra:
A mozdony egyszerűsített modellje

A mozdony alapharmonikus fogyasztása és felharmonikus injektálása az időtartományban számítható. A Magyarországon legnagyobb példányszámban megtalálható V43-as mozdonyban a vontatómotorok egy az egyenáram hullámosságát csökkentő simító tekercsen keresztül kapcsolódnak az egyenirányító hídhoz, az pedig a mozdony főtranszformátorához. Fentieket figyelembe véve a 2. ábrán ismertetjük a mozdony egyszerűsített helyettesítő képét. A valóságban a V43-as mozdonyok esetében két [3.], a szintén nagy számban futó V63-asok esetében hat párhuzamosan kapcsolt motorral kell számolni [4.], és a teljes áramkörből nem hanyagolható el a segédüzem modellje sem. A V43-as mozdony egyenirányítója diódás Grätz kapcsolású, az egyenköri feszültség effektív értékét a változtatható áttételű transzformátor állítja be. Ezzel szemben a V63-as mozdonyba félig vezérelt tirisztoros híd került, a szabályozás itt a gyújtásszöggel történik [4.].

A motor egyenáramú volta miatt ahhoz, hogy meg tudjuk határozni egy adott feszültséghez tartozó áramot, elengedhetetlen egy időtartományban futó modellt készíteni, amely a felírható differenciálegyenletek felhasználásával számítja a hálózatot. A mozdony feszültség spektrumának számításához szükségünk van a mozdonyi áramok ismeretére, amelyek elsőre nem állnak rendelkezésre, mert azt a mozdony modell számítja éppen a feszültség ismeretében. Ezért a ciklikus számítás, amelyet addig kell folytatni, amíg két egymást követő lépés után két mozdonyi feszültség spektrum között a különbség egy előre meghatározott érték alá nem csökken.

3. ábra: Iterációs számítások; 1u, 4u, 7u: mozdonyi feszültségek, 1i, 4i, 7i: áramok az 1., 4. és 7. lépés után

4. ábra: Iterációs időfüggvények; 1u, 4u, 7u: mozdonyi feszültségek, 1i, 4i, 7i: áramok az 1., 4. és 7. lépés után

A minta hálózaton végzett iteráció néhány lépésének eredményét mutatja be a 3., a spektrumokhoz tartozó időfüggvényeket a 4. ábra. A számítások során hét lépés után csökkent a feszültség-spektrumok komponenseinek különbsége 1 % alá. Az első és negyedik lépések között még jelentős a változás, azt követően viszont már a legtöbb frekvencián 1 % alatti, vagy legalábbis 1 %-ot nem nagyon meghaladó a változás.

Számítási eredmények

A kísérletnél (V43-as mozdony 10 km-re az alállomástól) hét lépésre volt szükség ahhoz, hogy két számítási lépés között a feszültségek közötti eltérés minden harmonikuson egy százaléknál kisebb legyen. A számított feszültség spektrumok az 5., az áram spektrumok a 6. ábrán láthatók. Az 6. ábra 'a' görbéje mutatja a mozdony által injektált áramokat. Látható, hogy minél nagyobb a frekvencia, annál inkább a fázishatár felé záródik a felharmonikus áramhurok. Ez az egyébként is időigényes kétmozdonyos kísérletekben igen kellemetlen, a távolabbi mozdony nagyobb frekvenciájú feszültség komponensei mindig nagyobb mértékben változtak az előző értékükhöz képest, mint az várható volt, így több lépésre volt szükség a számítás során.

5. ábra: A számított feszültségek; a: mozdonynál, b: alállomásnál, c: fázishatárnál

6. ábra: A számított áramok; a: mozdony által injektált, b: alállomásból kifolyó, c: munkavezetékéből mozdony felé folyó, d: mozdonytól a fázishatár felé folyó

Összefoglalás

Ez a dolgozat egy több féléves kutatómunka pillanatnyi állapotának eddigi eredményeit mutatja be. A vasút, mint nagyfogyasztó hálózati visszahatásának modellezésén dolgoznak a szerzők.

A BME Villamos Energetika Tanszékének Villamos Művek és Környezet Csoportjánál rendelkezésre áll az EMTP-ATP programcsomag környezetében megalkotott frekvenciatartományi tápszakasz és időtartományi mozdony modellek segítségével tetszőleges vontatási hálózat számítható, annak teljes hosszában tetszőleges helyen meghatározható az adott pont feszültség- vagy az adott keresztmetszet átfolyó áram-spektruma. A harmonikus szűrés nélküli számítások az [1.] irodalom helyszíni mérési eredményeivel jól egyező értékeket adnak, így a modell alkalmas a szűrés hatékonyságának vizsgálatára. A következő szemeszterben kezdődik a korszerű felharmonikus csökkentési módszerek tanulmányozása, modellezése, a napjainkban terjedőben lévő aktív felharmonikus szűrők számára egy, a mozdonyéhoz hasonló időtartományi modell fejlesztése.

A kutatás jelentőségét hazánk állami vasúttársasága, a MÁV Rt. is felismerte, hiszen a témában az utolsó magyar publikáció éppen az irodalomjegyzék [1.] hivatkozása 1988-ból. A munka ösztönzésére a MÁV Rt. ösztöndíjszerződést kötött a 2004/2005-ös tanévre és a PhD képzés időszakára a dolgozat szerzőjével.

Irodalomjegyzék

1. Dr. Dán András – Varjú György: Felharmonikus szűrés és alapharmonikus meddőteljesítmény kompenzáció. Alkalmazás a nagyvasúti villamos vontatási alállomásban; Elektrotechnika, 1988./10-11., 394-404. oldal
2. Dr. Dán András: A villamosenergia-minőség növelt rézkeresztmetszettel; Magyar Részpiaci Központ, Budapest, 1999.
3. Villamos mozdonyok műszaki leírása és kezelési utasítása a mozdonyvezetők részére, I. és II. kötet (szerk.: Horváth Viktor, Zádori Zoltán); Közdok; Budapest, 1983.
4. A V63 sorozatú mozdony szerkezete, működése és kezelése (szerk. Mezei István); Magyar Államvasutak Rt.; Budapest, 1998.

Dr. Dán András egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamos Energetika Tanszék

H-1111 Budapest, Egrý József utca 18. II. em.

Telefon: (+36 1) 463 3019, e-mail: dan.andras@vet.bme.hu

Kiss Péter Ph.D. hallgató

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Villamos Energetika Tanszék

H-1111 Budapest, Egrý József utca 18. II. em.

Telefon: (+36 1) 463 3021, e-mail: kiss2.peter@phd.vet.bme.hu