X. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2005. március 18-19.

A NAGYVASÚTI VILLAMOS VONTATÁS HÁLÓZATI VISSZAHATÁSÁNAK SZÁMÍTÓGÉPES MODELLJE

Kiss Péter

This paper shows the current state of a long term research work. The author is working on the modeling of the low frequency disturbance of the railways as high power consumer as the master thesis of his degree work on the Department of Electric Power Systems of the Budapest University of Technology and Economics. The software called TAPSZAK is an essential part of the project. It is based on the traction supply networks are represented by the base model of the authors of reference [1.]. The presented model contains all the elements of the traction (except the locomotive) to an extent mentioned in reference [1.]. The locomotive is simulated by a unit current generator in order to study the amplification of the harmonic currents along the traction supply network. The nowadays simple active filter-model can be used for filtering optional harmonic order currents. The calculated results without harmonic filtering mirror near the real measurements published in reference [1.], it means, that the model is correct to give the efficiency of the harmonic filtering.

Jelen dolgozat egy több féléves kutatómunka pillanatnyi állapotának eddigi eredményeit mutatja be. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamos Energetika Tanszékének Villamos Művek és Környezet csoportjánál diplomamunka témájaként a vasút, mint nagyfogyasztó hálózati visszahatásának modellezésén dolgozik a szerző. A vasúti tápszakaszok leképezésére az [1.] irodalom szerzői által alkotott modellre alapozva készül a TAPSZAK program, amely a munka szerves részét képezi. A jelenlegi modell a mozdonyt leszámítva minden elemet az [1.] irodalom szintjén tud kezelni, a mozdonyt egy egységnyi felharmonikus áramgenerátorral és egy átlagos mozdonyi alapharmonikus fogyasztással helyettesítve felhasználható a hálózat áramkiemelésének számítására. A program jelenlegi egyszerű aktív szűrő-modellje is lehetőséget nyújt már tetszőleges harmonikus tetszőleges mértékű szűrésére. A harmonikus szűrés nélküli számítások az [1.] irodalom helyszíni mérési eredményeivel jól egyező értékeket adnak, így a modell alkalmas a szűrés hatékonyságának vizsgálatára.

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 vasút Magyarországon közvetlenül a 120 kV-os főelosztó hálózatra kapcsolódik vonali feszültségen. Az egyenirányítóval felszerelt járművek elterjedése óta igen nagy mértékű a vasúti hálózat torzítása, amelynek csökkentésére alkalmazható a felharmonikus szűrés. A felharmonikus szűrés két alapvető fajtája az alábbi:

- A passzív szűrés a legegyszerűbb esetben egy szűrendő frekvenciára hangolt soros rezgőkörrel valósítható meg. A passzív szűrő a hangolási frekvenciáján kis impedanciájú, ezért söntöli a táphálózatot a harmonikus áramra nézve, amelyre hangolt [1.].
- Az aktív harmonikus szűrés lényegében a fogyasztói áram szinuszosítása elektronikus módon. Az aktív szűrő egy mikroprocesszorral vezérelt áramgenerátor, amely a torzítás ellentettjét adja hozzá a torzított áramhoz és így eredőben közel szinuszos áramfelvételt biztosít. Az aktív szűrőket szintén meghatározott frekvenciákra tudjuk hangolni, amelyeken méri a fogyasztói áramot, amit mikroprocesszoros logikája ellenfázisban fog a hálózatba injektálni [2.].

A vasúti hálózat áramköri elemei

1. ábra: a) vasúti hálózat

b) helyettesítő modell

Egy tápszakaszczt magába foglaló vasúti hálózat (1.a) ábra) négy elemet tartalmaz: a mozdonyt, a munkavezeték-rendszert sín- és földvisszavezetéssel, az állomási transzformátort és a nagyfeszültségű táppontot.

- A mozdony a munkavezeték alatt halad, két részre bontva azt. A csatlakozási pontján (ahol az áramszedő a munkavezetékhez ér) mint alapharmonikus fogyasztó és felharmonikus áramforrás jellemezhető. A mozdony által injektált áram felharmonikusok értéke gyakorlatilag

független a hálózat konfigurációjától és a mozdony helyzetétől [1.].

- A munkavezeték-rendszer olyan föld-visszavezetések többvezetékes, elosztott paraméterű rendszer, amelyet a munkavezeték, a függesztővezeték, és a sínek alkotnak. A munkavezeték-rendszer redukálható az áram oda- és visszavezetését reprezentáló egyenértékű, kétvezetékes rendszerre [1.], így a tápszakaszc négy-pólussal helyettesíthető (a közbenső mozdony által két részre bontva), amely az állomás felőli oldalon annak impedanciájával van lezárva, míg a fázishatár felől üresen jár.

- A transzformátor szintén helyettesíthető négy pólussal, amely tartalmazza annak mágnesező és szórási impedanciáját. A mágnesező impedancia elhanyagolható, így frekvenciánként elegendő a szórási impedanciával számolni [1.].
- A rendszer vizsgálatához szükséges mögöttes hálózati felharmonikus mérési ponti impedancia a csatlakozási ponttól mért pozitív és negatív sorrendi impedanciák összege. Számítási célokra minden állomásban külön-külön szükséges mérni, és felvenni az impedancia helygörbét, amelyet közelítéssel használhatunk fel a modellben.

A hálózat leképezése egy programba

Munkám során egy vasúti tápszakaszt modellező program fejlesztésén dolgozom. A program a kisfrekvenciás vezetett zavarok terjedését és aktív felharmonikus-szűrésének lehetőségét vizsgálja. A MSZ EN 50160-as szabvány a kisfrekvenciás zavarok tanulmányozásához az első 50 harmonikus vizsgálatát írja elő. Tanulmányaim, az [1.] és a [2.] irodalom alapján arra a következtetésre jutottam, hogy elegendő a páratlan harmonikusokkal foglalkoznom (a párosak csak a félvezetők vezérlésének változásakor jelentkeznek, akkor is csekély mennyiségben és rövid ideig), és megfelelő, ha a program csak a 45. harmonikusig tekinti át a spektrumot.

Az 1.b) ábra alapján készítettem el azt a modellt, amelyet a program használ (2. ábra). Az ABCD_h-val és az ABCD₁-gyel jelölt rész csak soros tagokat tartalmaz, az előbbi a mögöttes hálózat impedanciáját, az utóbbi a 126/26,3 kV/kV transzformátor szórási adataiból származtatott impedanciáját. Az ABCD₂ és ABCD₃ négy pólus jellemzi együttesen a felsővezeték-sín pár rendszert. ABCD₂ ebből az állomás és a mozdony közötti, ABCD₃ a mozdony és a fázishatár közötti szakasz. A mozdony a kettő között kapcsolódik a hálózatra, a szűrő (bekapcsolt állapotában) az állomás felsővezeték oldali gyűjtősinére.

2. ábra: A modell a programban

Számítási eredmények és tanulságok

A program jelenlegi változatával egy a felsővezeték alatt tetszőleges helyen álló mozdony egységnyi felharmonikus áram-injektálásának hatását lehet tanulmányozni frekvencia-tartományban. Ez azért kézenfekvő, mert így közvetlenül meghatározható az áramkiemelés mértéke, hisz a nevezőben 1 A szerepel mindig. A vizsgálat céljára egy 30 km hosszú, az átlagos magyar tápvezeték rendszer fizikai paramétereivel rendelkező tápszakaszt tápláltam be a programba [1.], a mozdony 10 km-re áll az állomástól.

Az első eredmények azt mutatják (lásd a 3. ábrán), hogy az áramkiemelés a 17. harmonikusnál a legnagyobb mértékű (ez az ún. párhuzamos rezonancia jelenségére vezethető vissza és egybevág a korábbi mérések eredményével [1.]). Így vizsgálat céljára a 17. harmonikust teljesen, míg a szomszédos 15. és 19. harmonikust kétharmad részben csillapító szűrést állítottam be.

Érdeemes megfigyelni, hogy a szűrő hatására az I3A is változik a szűretlen esethez képest, pedig

az a szűretlen hálózatrészben helyezkedik el, illetve kialakul a hálózatban a szűréstől függetlenül egy természetes „szűrő”, hiszen a mozdonytól a tápláló hálózat felé folyó áram 35. felharmonikus összetevője kevesebb, mint az 5 százalékára csökken az injektált szinthez képest. Ez arra vezethető vissza, hogy valószínűleg az üresen járó tápszakaszk inductivitása és kapacitása ezen a hosszon már ki tud alakítani egy soros rezgőkört is, amely rezonancia-frekvenciája ezek szerint az üresen járó hossz növekedésével csökken. A leglényegesebb változás persze az, hogy a szűrő előtti gyűjtősíni áram (I2A) esetén a teljesen kompenzált harmonikus (17.) összetevő eltűnt. Természetesen a spektrum, amit a program számít, vonalas, az ábrázolásnál csak az összetartozó értékek könnyebb észrevétele érdekében kötöttem össze a pontokat egy vékony vonallal.

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 Rézpiaci Központ, Budapest, 1999.

Kiss Péter / BME Villamos Energetika Tanszék, V. évfolyam

Lakcím: 1212 Budapest, Dunadűlő út 1. X. em. 63.

Telefon: (36 20) 528 6977, e-mail: kipseter@chello.hu