



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2
BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
KANDÓ KÁLMÁN GÉPÉSZETI TUDOMÁNYOK
(JÁRMŰVEK ÉS MOBIL GÉPEK)
DOKTORI ISKOLA

**SZABÁLYOZOTT FELVONÓ HAJTÁSOK
ALKALMAZÁSÁNAK HÁLÓZATI
ÉS KÖRNYEZETI ZAVARAI**

PhD értekezés tézisei

Kvasznicza Zoltán

Témavezető: Dr. Kulcsár Béla egyetemi tanár

Budapest

2011

1. A TÉMAKÖR BEVEZETÉSE

Az urbanizáció fejlődésével, a nagyvárosok kialakulásával megjelentek a többszintes épületek, amelyekben a függőleges irányú szállítás (teher, személy) igénye lépett fel. Ma már ezen szállító berendezések, a felvonók nélkül a kor követelményeinek megfelelő magas épületek elképzelhetetlenek.

A technikai fejlődés eredményeként a felvonó ipar képes nagy sebességű és szállítási teljesítményű, teljes körű utazási komfortot adó szabályozott felvonó hajtások üzembe helyezésére. A fejlődésben a teljesítményelektronika játszotta a főszerepet, az egyre korszerűbb félvezető elemek megjelenése és egyre csökkenő ára tette lehetővé ezek széleskörű felhasználását. Minden előnye mellett ezen modern berendezések alkalmazása új eddig nem tapasztalt problémák forrása is lett. A felvonó hajtásokban alkalmazott váltakozó áramú szaggatók, ill. frekvenciaváltók nagy energiaszintű ún. nemlineáris fogyasztóként viselkednek és működési módjukból következően zavart okoznak a tápláló hálózaton. Ugyanakkor a korszerű felvonók vezérlési-, szabályozási rendszerei kis energiaszintűek és érzékenyek a hálózati zavarokra.

A felvonó technika változása része az utóbbi évtizedben az épülettechnika szakágazatban bekövetkezett jelentős változásoknak. Ehhez a területhez soroljuk az energiatechnikát, a világítástechnikát, a mérés-, vezérlés és szabályozástechnikát, a biztonságtechnikát, a kommunikációtechnikát és a környezetvédelmet. Ezen szakágazatokban általánossá vált az elektronika és az informatika alkalmazása. Megjelentek az ún. intelligens épületek, amelyek jellemzői, hogy a beavatkozások nagy energiaszinteken valósulnak meg, míg az irányítás és a felügyelet kis energiaszintű. Ugyanez mondható el a mai korszerű felvonó vezérlési-, és szabályozási rendszerekre is. Ezen berendezések érzékenyek a hálózati zavarokra, ugyanakkor komoly hálózati zavarok forrásai is.

Magyarországon nagy számban az alábbi váltakozó áramú felvonó berendezések kerültek telepítésre:

- kétsebességű, szabályozatlan aszinkron motoros felvonó hajtások,
- váltakozó áramú szaggatóról táplált, szabályozott, aszinkron motoros felvonó hajtások,
- frekvenciaváltóról táplált, szabályozott, aszinkron motoros felvonó hajtások.

Az egy- és kétsebességes aszinkron motorral kivitelezett felvonó hajtások nem hajtástechnikai, sem utazási komfort tekintetében nem felelnek meg a korszerű felvonó berendezésekkel szemben támasztott követelményeknek [1][3]. Ezen hajtások a villamos hálózat szempontjából lineáris terhelésnek tekinthetőek. Az áram torzítási tényező nem számottevő. A hálózatot az indításkor és az átkapcsoláskor fellépő áramok veszik igénybe. A teljesítmény tényező a terheléstől függően változik. A sugárzott zavarok szempontjából meghatározó a nagy induktivitású mechanikus fék működése.

A váltakozó áramú szaggatóról táplált, teljes menet során szabályozott aszinkron motoros hajtások – a szakmai zsargonban „fázishasításos” hajtásszabályozók – igen elterjedtek, üzembiztosak és jól alkalmazhatók kb. 2,5 m/s menetsebességig. A kapcsolás motoroldali Park vektorai hatoldalú szimmetriát mutatnak, a hat félvezető elemnek megfelelően, aminek következtében a jellemző és egyben a legnagyobb zavarást az 5.; 7.; 11.; 13. harmonikusok okozzák. A szaggató kapcsolásnak ezenfelül kommutációs meddő teljesítmény igénye is van, amely értéke a gyújtáskésleltetési szögől is függ ($\alpha = 90^\circ$ -nál maximális) [2][4][9][12][13]. A hálózatot terhelő felharmonikus áramok elviselhetőek, előtét fojtótekercsel tovább csökkenthetőek. A harmonikus torzítási tényező értéke megfelelő, mert a motor induktivitása az áram feldaraboltságát és meredekségét korlátozza. Lényeges sugárzott zavarokat nem kelt, e szempontból meghatározó a nagy induktivitású mechanikus fék működése.

A korszerűbb frekvenciaváltós hajtások az ipari alkalmazások szinte minden területén kiszorítják az egyéb megoldásokat. A felvonóiparban a korábban nagy számban telepített „fázishasításos” elven működő szabályozott hajtások helyét veszik át. Elterjedésük előnyös hajtástechnikai tulajdonságaiknak köszönhető. Az aszinkron motorok frekvenciaváltós (inverteres) táplálása módot nyújt az aszinkron motorok fordulatszámának folyamatos, veszteségmentes szabályozására a tápfeszültség és a tápfrekvencia egyidejű változtatásaival [6][8][16]. A felvonó iparban alkalmazott inverterek ISZM vezérléssel működtetett IGBT-kből állnak [11], szabályozásuk mezőorientált [10][12][14][16]. A modern technikai megoldással elért előnyös hajtástechnikai tulajdonságoknak azonban ára van. A frekvenciaváltós felvonó hajtások nagyobb mértékben szennyeznek a villamos táphálózatot, mint a fázishasításos elven működők.

2. CÉLKITŰZÉS

A kutatásom célja a villamos felvonó berendezések által keltett zavarok elméleti és mérés-technikai vizsgálata. A hazai és nemzetközi szakirodalom, valamint a szabványi előírások alapján bemutatom a vezérelt és szabályozott felvonóhajtásokat és vizsgálom az általuk keltett kis-, és nagyfrekvenciás zavarokat, azok hatását a villamos hálózat minőségi jellemzőire, környezetük terére.

A téma jelentősége, vizsgálatának időszerűsége egyrészt azon alapul, hogy a felvonó berendezéseket, mint a villamos hálózati zavarok forrásait, villamos energiaátviteli hálózatok minőségi jellemzőinek befolyásoló tényezőit még nem tanulmányozták. Szakirodalmi feldolgozottsága alacsony. Másrészt az ún. nem-lineáris terhelések elterjedése, amelyek közé a frekvenciaváltós felvonó hajtások is tartoznak szemléletváltozást kényszerít ki, mivel a korábbi tervezési- és üzemeltetési gyakorlat a továbbiakban már nem tartható [5]. Ez a gyakorlat a terheléseket főként lineáris terhelésként vette figyelembe, azaz feltételezte, hogy egy szinuszos feszültségre kapcsolt berendezés szinuszos áramot vesz fel. Harmadrészt a lakó- és munkahelyi környezetünkben telepített felvonó berendezések által keltett elektromágneses terek [7], az elektroszmog fogalma viszonylag új keletű, de tudományos feldolgozásra érdemes és az emberi szervezetre gyakorolt hatása miatt széleskörű érdeklődés övezi. A kutatás a jelzett hiányosság kitöltésére irányul.

A kutatás technikai hátterét a Pécsi Tudományegyetem Pollack Mihály Műszaki és Informatikai Kar Műszaki Informatika és Villamos Intézeténél és ipari partnereinél rendelkezésre álló eszközök, minősítésre alkalmas hálózati analizátorok, különböző elvű felvonó berendezések szolgáltatták.

3. A KUTATÁS MÓDSZERTANA

A feldolgozandó téma jellege a deduktív kutatási stratégia követését kívánta meg, amely keretében frekvenciaváltóról és váltakozó áramú szaggatóról táplált, aszinkron motoros szabályozott felvonó hajtások vezetett, illetve sugárzott zavarait vizsgáltam üres fülke leirányú (ÜL) és üres fülke felirányú (ÜF) terhelési állapotokban.

A mérésbe bevont berendezések kiválasztásánál figyelembe vettem, hogy a felvonók műszaki paraméterei (teherbírás, tömegek, emelőmagasság, menetsebesség) az összehasonlíthatóság érdekében ne mutassanak nagy szórást. Továbbá, hogy a kététekerces aszinkron motorral hajtott szabályozott hajtások között legyen kétsebességes üzemre is alkalmas. A kétsebességes, szabályozatlan felvonó hajtások aszinkron motorjai az energiaátviteli hálózatra közvetlenül kapcsolódva szinuszos táplálást kapnak és ún. lineáris fogyasztóként viselkednek. Így ugyanazt a gépet frekvenciaváltón keresztül illetve közvetlenül a hálózatról táplálva összehasonlítható a nemlineáris és lineáris terhelések hatása.

A vezetett zavarok vizsgálatát egy HIOKI 3196 típusjelű hálózati analízátorral végeztem, amely kisméretű, ipari frekvenciás hálózatok minőségi jellemzőit képes mérni, regisztrálni és kiértékelni. Mértem és regisztráltam a nemlineáris hálózati terhelések által okozott problémák kimutatására alkalmas alábbi jellemzőket.

- Üres fülke leirányú és üres fülke felirányú teljes menete során:
 - a hatásos teljesítmény időfüggvényét,
 - a fázisáram effektív értékének időfüggvényét,
 - a fázisfeszültség effektív értékének időfüggvényét,
 - a fázisáram pozitív csúcsértékének időfüggvényét,
 - a fázisáram torzítási tényezőjének időfüggvényét,
 - a fázisfeszültség torzítási tényezőjének időfüggvényét.

- Üres fülke leirányú mozgásának indítási szakaszában:
 - a három fázis feszültségeinek jelalakját,
 - a három fázis áramainak jelalakját,
 - a három fázis feszültség értékét,
 - a három fázis feszültség csúcsértékét,
 - a három fázis feszültség torzítási tényezőjének értékét,
 - a három fázisáram torzítási tényezőjének értékét,

- az egyes áramharmonikus összetevők értékét az 50. harmonikusig,
- a feszültség Fourier spektrumát,
- az áram Fourier spektrumát.

Az indítási szakasz kiemelt vizsgálatát az indokolja, hogy mind a felvonó motor, mind a hálózat igénybevétele szempontjából ez a szakasz a legmeghatározóbb.

A sugárzott zavarok méréséhez a Maschek által gyártott ESM-100 mérőkészüléket használtam, amely szabadalmaztatott módszerrel képes egy adott pontban az elektromos és a mágneses tér egyidejű izotróp mérésére.

Minden vizsgált felvonónál két egymásra épülő mérési sorozatot végeztem.

- Először a maximális sugárzási hely térbeni meghatározásához a mérést az üres fülke leirányú karbantartási sebességgel történő mozgása során végeztem. A motor tengelye felett 0,5m-es magassági síkban mátrix elrendezésben, 0,25m-es távolságban mértem és rögzítettem a villamos térerősség és a mágneses indukció értékét. A műszer mindhárom térirányban (X, Y, Z) meghatározta a térvektorösszetevőit - az 5 Hz - 400 kHz frekvenciatartományban - és az ezekből számított 3D eredő vektorhosszt. Az X tengely a motor tengelyével párhuzamos, az Y pedig az erre merőleges tengely volt. A Graph ESH-100 programmal a térbeli mérést vizualizálva meghatároztam a maximális értékű helyet.
- A sugárzott zavarok mérésének második részében az előzőek szerint kiválasztott helyen mértem a villamos térerősség és a mágneses indukció időbeli változását két - a vezetett zavaroknál is alkalmazott - terhelési állapotban, az üres fülke leirányú (ÜL) ill. üres fülke felirányú (ÜF) mozgása során.

A jelleggörbék információt nyújtanak a hajtás aszinkron gépének indítási, állandó fordulatszámú, illetve fékezési üzemiállapotának hatásáról.

4. TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

I. TÉZIS

A váltakozó áramú felvonó hajtások fázisáram torzítási tényezőinek összehasonlításával megállapítottam, hogy az alacsony komfort fokozatot nyújtó, kétsebességes hajtás kis értékű zavarokat kelt, gyakorlatilag lineáris terhelésnek tekinthető. A szabályozott, frekvenciaváltóról és a váltakozó áramú szaggatóról táplált aszinkron gépes felvonó hajtások fázisáram torzítási tényezőinek értékei a referenciaként tekintett kétsebességes aszinkron gépes felvonó hajtás motoros és generátoros üzemben mért fázisáram torzítási tényezőit jelentősen meghaladják.

Ugyanazon aszinkron géppel megvalósított frekvenciaváltóról táplált, szabályozott hajtás, illetve a kétsebességes üzem mért adatainak összehasonlítása alapján megállapítható, hogy a frekvenciaváltók által táplált hajtás hálózat felé kibocsájtott zavarai nagyságrenddel nagyobbak a kétsebességes hajtásénál. Üres fülke (ÜL) leirányú mozgás esetén az áram torzítási tényező maximális értéke szabályozott üzemben pl. $ITHD_{fr2ÜLmax} = 145,9\%$, míg kétsebességes üzemben $ITHD_{2SÜLmax} = 25,5\%$. A feszültség torzítási tényező maximális értéke szabályozott üzemben $UTHD_{fr2ÜLmax} = 4,09\%$, míg kétsebességes üzemben $UTHD_{2SÜLmax} = 3,51\%$.

Üres fülke felirányú (ÜF) mozgása esetén, az aszinkron gép generátoros féküzemében, az áram torzítási tényező $ITHD_{2SÜFmax} = 26,11\%$, lényegesen alacsonyabb, mint szabályozott üzemben, amikor $ITHD_{fr2ÜFmax} = 148,43\%$. Ez a jelentős különbség a jól méretezett tápvezetékek köszönhetően a feszültség torzításokban nem jelentkezik, mivel $UTHD_{2SÜFmax} = 3,46\%$, illetve $UTHD_{fr2ÜFmax} = 3,38\%$ értékű.

Az állandó sebességű menet során ($ITHD_{2S} = 8\%$) a hajtás gyakorlatilag nem szennyezi a táphálózatot. Elmondható, hogy a menettulajdonságait tekintve alacsony komfort fokozatot nyújtó kétsebességes hajtás, vezetett zavarok szempontjából a legmegfelelőbb, kis értékű zavarokat kelt, ezért gyakorlatilag lineáris fogyasztónak tekinthető.

II. TÉZIS

A fázisáram torzítási tényezők, az áram harmonikus összetevők és a fázisfeszültség torzítási tényezők meghatározásával kimutattam, hogy az előnyös hajtástechnikai tulajdonságokkal rendelkező szabályozott, frekvenciaváltóról táplált aszinkron motoros felvonó hajtások (szűrőkapcsolások, fojtótekercek nélkül) nagyobb mértékben szennyezik a villamos táphálózatot, mint a „fázishasításos” elven működők.

A frekvenciaváltós, szabályozott aszinkron gépes hajtások áramtorzítási tényező maximum értékei az üres fülke leirányú és üres fülke felirányú terhelés esetén is jelentős mértékben meghaladják (137; 134,56; 145,94; 148,43%) a fázishasításos, szabályozott felvonó hajtásokét (64,95 - 94,79%).

1. táblázat. Áram torzítási tényező maximum értékei

| Felvonó berendezés | | ITHD _{max} [%] | |
|--------------------|------------------------|-------------------------|--------|
| Sorszám | Működési elv | ÜL | ÜF |
| 1. | frekvencia szabályozás | 137 | 134,56 |
| 2.a. | frekvencia szabályozás | 145,94 | 148,43 |
| 2.b. | kétsebességes | 25,5 | 26,11 |
| 3. | „fázishasításos” | 74,61 | 73,69 |
| 4. | „fázishasításos” | 64,95 | 94,79 |
| 5. | „fázishasításos” | 69,45 | 105,68 |
| 6. | „fázishasításos” | 85,75 | 93,5 |
| 7. | „fázishasításos” | 81,29 | 88,4 |

Meg kell jegyezni, hogy a fázisáram torzítási tényezők értékeiben mutatkozó eltérés az állandó sebességgel megtett menetszakaszokon még nagyobb.

Mind a két szabályozott felvonó hajtás esetén az áramok periodikusak, de nem szinuszosak. Frekvenciaváltós felvonó hajtások esetén a kondenzátor töltőárama miatt impulzusszerű áramcsúcsok, a „fázishasításos” hajtásoknál pedig szaggatott vezetés jön létre. Az áramharmonikus összetevők közül az 5., 7., 11., 13., 17. a domináns. A két hajtástípus eltérő működési elvéből következően az áramharmonikusok alapharmonikusokhoz viszonyított százalékos értékei jelentős mértékben eltérnek egymástól. A frekvenciaváltós felvonó hajtásoknál pl. az 5. harmonikus értéke 79,5 % és 76,3 %, a

7. harmonikusé pedig 71,4 % és 67,8 %, ezzel szemben a váltakozó áramú szaggatóról táplált felvonók esetén ezek az értékek jóval kisebbek (15,4 %; 9,4 %; 15,8 %; 11,8 % és 13,5 %, illetve 7,1 %; 5,1 %; 7,0 %; 6,7 % és 7,4 %).

III. TÉZIS

A frekvenciaváltós, szabályozott felvonó hajtások jelentős mértékű fázisáram torzítási tényezőinek hatása nem jelentkezik a berendezések tápfeszültségeinek jellemzőiben. A fázisfeszültségek torzítási tényezői és a berendezések csatlakozási pontjainak feszültség értékei minden terhelési állapotban az előírásoknak megfelelnek, mivel a jól méretezett tápláló vezeték (megfelelő keresztmetszet) és nem túl távoli transzformátor esetén a tápláló vezeték hossza, keresztmetszete és felépítése mellett a frekvenciától is függő impedanciáján a felharmonikus áramok okozta feszültségesés nem számottevő.

A vizsgált felvonó berendezések tápfeszültségeinek jellemzőire a mérési adatokból megállapítható:

- a fázisfeszültség torzítási tényezőinek értékei minden esetben az előírás szerinti (MSZ EN 50160; 2011) 8 %-os határérték alatt vannak,
- a fázisfeszültség effektív értékeinek sem a minimumai, sem a maximumai nem érik el az előírt $207V < U_n < 253V$ határértékeket.

A frekvenciaváltók és egyéb nemlineáris fogyasztók felharmonikusokat is tartalmazó árama harmonikus feszültségesést okoz, amely a táphálózatnak a csatlakozási ponton mért impedanciájával és a harmonikus árammal arányos. Mivel a táphálózat rendszerint induktív jellegű, impedanciája a frekvencia növekedésével nő. Ez a feszültségesés torzítja a hálózati feszültséget, azaz rontja minőségi jellemzőit, mégpedig nem csupán a nemlineáris fogyasztó kapcsain, hanem az azonos transzformátorról üzemelő, más párhuzamosan kapcsolt fogyasztók kapcsain is.

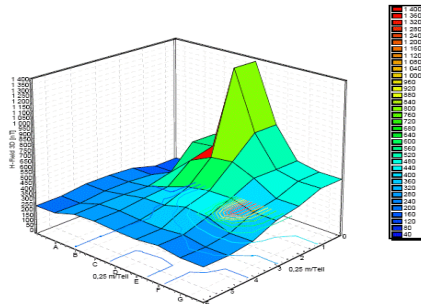
Jól méretezett tápláló vezeték (megfelelő keresztmetszet) és nem túl távoli transzformátor esetén a vezetéken létrejövő feszültségesés nem számottevő és így még aránylag nagy áram torzítási tényező esetén is elfogadható értékű lesz a feszültség torzítási tényező értéke, melyet a mérések is igazoltak.

IV. TÉZIS

Az aszinkron motoros felvonó hajtások sugárzott zavarainak térbeli meghatározásával kimutattam, hogy a mágneses indukció térbeli eloszlása, az indukció maximális értékei és a felvonó berendezések működési elvei között összefüggés nem mutatható ki. Ezeket a paramétereket a felvonó motor típusa, teljesítménye, az álló- és forgórész tekerceselésének, szigetelésének szerkezeti kialakítása, a fékmágnes típusa és a terhelési állapot együttesen határozzák meg.

Az aszinkron motoros, szabályozott felvonó hajtások sugárzott zavarainak rögzített adatai nagy szórást mutatnak, de megállapítható, hogy a 3D-s mérések esetén a legnagyobb indukciójú hely mindegyik gépelrendezés esetén a gép tengelye felett volt. A maximális indukciójú helytől távolodva az értékek csökkennek és 50-70 cm-re a környezeti alapértékre állnak be. Az adathalmaz három dimenziós ábrázolása jól mutatja az olyan kiemelkedő sugárzással bíró részegységeket, mint a fékmágnes vagy a vezérlés transzformátora.

Az egyes felvonó berendezéseken mért sugárzott tér jellemzők értékeit egymással összehasonlítani nem célszerű, ilyen jellegű következtetések levonására nem alkalmasak, hiszen nem azonos gyártók termékei (LOHER, ASTOR, LANCOR), illetve a LOHER gépek esetén különböző típusszámúak, eltérő szerkezeti kialakítással, méretekkel, stb. Az indukció térbeli eloszlása, ill. a felvett maximális értékek és a működési elvek között összefüggés nem mutatható ki.



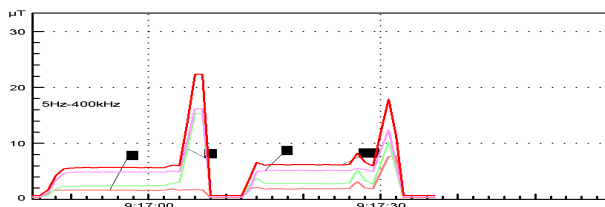
1. ábra. Frekvenciaváltós felvonó eredő mágneses indukció térbeli értékei a motor feletti 0,5 m-es síkban mérve

V. TÉZIS

Kimutattam, hogy az aszinkron motoros felvonó berendezések sugárzott zavarainak térösszetevői közül, mind a terheléstől függetlenül, az időben állandó elektromos komponens, mind a felvonó motor paramétereitől és a terhelési állapotától függő mágneses komponens értéke az előírásoknak megfelel. A korszerű frekvenciaváltós és a váltakozó áramú szaggatós felvonók az egészségre káros mértékű sugárzást nem bocsátanak ki.

A tér elektromos komponense nem függ az adott feszültség alatt álló berendezésben folyó áram nagyságától. Nem is szükséges, hogy aktuálisan áram folyjék a vezetőkben, elég ha feszültséget kapcsolunk rá. A térerősség gyakorlatilag a felülettől, az attól mért távolságtól, valamint a földpotenciáltól mért feszültségszinttől függ. A mérési eredmények alátámasztották a fenti megállapításokat, mivel felvonó gépenként más-más értéket, de egy adott felvonó esetén a terheléstől függetlenül az időben állandó értékeket mértem. A mért értékek nagy szórást mutatnak és az előírásoknak megfelelnek.

A tér mágneses komponense a feszültség alatt álló berendezés környezetében akkor jön létre, ha abban aktuálisan áram is folyik. Jól tükrözik ezt a mágneses indukció mért és rögzített időfüggvényei.



2. ábra. Frekvenciaváltóról táplált felvonó ÜL és ÜF terhelése esetén a mágneses indukció időbeli változása

A jelleggörbék kiértékelésével megállapítható:

- a felvonó berendezés indításával az indukció a háttér-sugárzás alapértékéről az alkalmazott hajtógéptől függő mértékben megnő,
- az egyes gépeken mért értékek nagy szórást mutatnak (2,85–25,5 μT) a gép típusától, szerkezetétől függően, de az előírásoknak megfelelnek,

- a két terhelési állapot közül döntő többségében az üres fülke leirányú terhelés esetén nagyobbak a maximumok, ami az ebben az üzemállapotban fellépő nagyobb értékű áramokkal indokolható,
- a jelleggörbék maximum értékeit a működési fázis kezdetén és végén veszik fel a fülke elindításakor kialakuló indítási áramlökés, illetve a megállításhoz tartozó fékezési áramok (fékmágnese működése) következtében.

A különböző forrásokból – Európai Unió, Németország, Svédország, Oroszország, Magyarország – származó előírások elektromos térerősség és mágneses indukció egészségügyi határértékeit a mért maximum értékek nem haladják meg. A térerősszétvők értékei a felvonó géptől távolodva csökkennek, ezért kijelenthető, hogy sem a gépházban sem az utasok által használt fülkében az egészségre káros nagyságú sugárzás nem lép fel.

5. AZ EREDMÉNYEK HASZNOSÍTÁSA

A mérési eredmények rámutattak arra, hogy a felvonó iparban korábban alkalmazott lineáris terhelésnek tekinthető kétsebességes, aszinkron gépes hajtások mellett – részben azok kiváltására – megjelenő váltakozó áramú szaggatóról, illetve frekvenciaváltóról táplált szabályozott aszinkrongépes hajtások nemlineáris terhelésként viselkednek. Ezen terheléseknek a vizsgálat által kimutatott, a villamos energiaátviteli hálózatok minőségi jellemzőire gyakorolt hatását figyelembe kell venni a tervezés és az üzemeltetés során. Például:

- a tápláló vezeték méretezésénél,
- a hajtásszabályozó kiválasztásánál,
- a hajtógép kiválasztásánál,
- a hálózati visszahatások csökkentési lehetőségeinek mérlegelésénél.

6. AZ IRODALMI HIVATKOZÁSOK LISTÁJA

- [1] Apatini K., Bérces G., Horváth I., Makovsky G., Némethy Z., Tarnik I., *Felvonók, mozgólépcsők üzemeltetése és javítása*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.
- [2] Barabás M., *Villamosgépek I.*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981.
- [3] Barney G. C., *Elevator Electric Drives*, Ellis Horwood, 1990.
- [4] Bimal K. Bose, *Power Electornics and Variable Frequency Drives*, IEEE PRESS, New York 1996.
- [5] Dán A., Tersztyánszky T., Varjú Gy., *A villamosenergia-minőség*, Invest-Marketing Bt., Budapest 2006.
- [6] Fischer R., *Elektrische Maschinen*, Hanser Verlag, Leipzig, 1999.
- [7] Fodor Gy., *Elektromágneses terek*, Műegyetemi Kiadó Budapest, 1998.
- [8] Gemeter J., Farkas A., Nagy L., *Villamos gépek*, BMF KVK 2043, Budapest, 2007.
- [9] Halász S., *Automatizált villamos hajtások I.*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1989.
- [10] Halász S., Hunyár M., Schmidt I., *Automatizált villamos hajtások II.*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1998.
- [11] Hunyár M., Kovács K., Németh K., Schmidt I., Veszprémi K., *Energiatakarékos és hálózatbarát villamos hajtások*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.
- [12] Kazmierkowski M. P., Tunia H., *Automatic Control of Converter-fed Drives*, Elsevier Science Publishers B. V., Warszawa, 1994.
- [13] Pálfi Z., *Villamos hajtások*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
- [14] Schröder D., *Elektrische Antriebe 2., Regelung von Antrieben*, Springer, Berlin 1995.
- [15] Tóth F., *Danfoss Drives: VLT Low Harmonic Drive*, Magyar Elektronika, 2009/7-8, p. 31.
- [16] Vogel J., *Elektrische Antriebstechnik*, Hüthig GmbH, Heidelberg, 1998.

7. A TÉZISPONTOKHOZ KAPCSOLÓDÓ TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

- [17] Kvasznicza Z., Kulcsár B., *Electric Network Related Problems of the Application of Regulated Elevator Drives Operated with Frequency Conversion*, Periodica Polytechnica, 2006.,L
- [18] Kvasznicza Z., *Elektrosmog – From an Electrical Engineer Point of View*, microCAD 2005, Internationale Scientific Conference Miskolc, Hungary, Miskolc, 10-15. March 2005. pp. 47-52. L
- [19] Kvasznicza Z., Elmer Gy., *Analysing Effects of Loads on Flat Top Distortion*, XXV. Internationale Konferenz “Wissenschaft für die Praxis”, Osijek, Croatia, M 13-16, 2008.
- [20] Kvasznicza Z., Elmer Gy., *Közvilágítási lámpatestek elektromágneses összeférhetőségére vonatkozó vizsgálatok*, Kutatási beszámoló, PTE PMMK, 2005. 12. 18. 1-26. o.
- [21] Kvasznicza Z., Elmer Gy., *Radio Frequency Emissions of Public Lighting Devices*, 12th International Power Electronics and Motion Conference, Portoroz, Slovenia, August 30-September 1. 2006. pp. 1340-1344.
- [22] Kvasznicza Z., Elmer Gy., Tarnik I., Bártfai I., *A villamos energia-elosztó hálózat EMC viszonyainak vizsgálata*, Kutatási beszámoló, PTE PMMK, 2006. 1-129. o.
- [23] Kvasznicza Z., *Impact of Non-Linear Loads on Quality Characteristics of Electric Networks*, Kandó Conference 2006, Hungary, Budapest, 12-13. January 2006.
- [24] Kvasznicza Z., *Novel Solutions and Problems in the Field of Closed Loop Controlled Elevator Drives*, First International PhD Symposium in Engineering, University of Pécs, 20-21. October 2005. pp. 30.
- [25] Kvasznicza Z., Tarnik I., *Villamos hálózatok minőségi jellemzői*, Elektrotechnika, 2006/1. 8-11. o. L
- [26] Kvasznicza Z., *Wechselwirkung zwischen Netzstörungen und Aufzugsleitsystem*, XXII. Internationale Konferenz „Science im Practice”, Deutschland, Schweinfurt, 18-20. Mai 2005. pp. 147-154. L
- [27] Kvasznicza Z., *Analysis of Conducted Disturbances of Frequency Controlled Elevator Drives*, XXVII. International Kando Conference, Óbuda University, Budapest, 17-18. November 2011.