FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XVII.

Kolozsvár, 2012. március 22–23.

ELEKTRONIKUS ENERGIAELLÁTÓ RENDSZER FELÉPÍTÉSE ÉS ANNAK NÉHÁNY PROBLÉMÁJA DÍZEL VONTATÁSÚ SZERELVÉNYEKNÉL

NOVÁK Mátyás

Abstract

This paper deals with the demands on the electrical supplying of modern railway carriages for passengers. Advantages of the usage of a power factor corrected (PFC) converter is presented here. After it the operation of an realised power supply will be analysed, and an resonance problem in the converter will be reviewed.

Key words:

AC/DC converter, Power Factor Correction, power supply for railway carriages

Összefoglalás

A cikk bemutatja a modern vasúti kocsik energiaellátási rendszereivel szemben támasztott követelményeket. Megmutatjuk a hálózatbarát, szinuszos áramfelvételű konverterek alkalmazásának előnyeit, majd egy megvalósított energia-ellátó egység működésének vázlatos elemzésével rámutatunk egy, a gyakorlatban jelentkezett rezonancia problémára. A probléma feltérképezéséhez hasznos segítséget nyújthatnak áramköri szimulációs programok.

Kulcsszavak:

AC/DC konverter, PFC, vasúti kocsik energiaellátása

1. Bevezetés

A versenyképes személyszállítás alapját, az utasok igényeit maximálisan kielégítő komfortos vasúti személykocsik képezik (klímaberendezések, 230V-os hálózati csatlakozási lehetőségek, stb.). A Magyar Államvasutaknál (MÁV) több vonalon régebbi típusú dízel-hidraulikus erőátvitelű mozdonyokat alkalmaznak személyszállítási célokra. Ezeknél a mozdonyoknál a dízelmotor terheltségétől függően ingadozhat a segédüzemi- és vonatfűtési generátor szolgáltatotta fűtési feszültség frekvenciája (30...52Hz) és feszültsége (1050...1860V). A kocsikon alkalmazott bemeneti energia-átalakítók teljesítménytényező javítása nagyban hozzájárul a mozdonyon lévő szinkrongenerátor kihasználtságának növeléséhez, ezért a szinuszos áramfelvételű konvertereket egyre nagyobb számban alkalmazzák.

2. Személykocsik energiaellátó rendszerével szemben támasztott követelmények

A vonat fűtési fővezetékére csatlakozó konverterek tervezésekor a következő szempontokat kell figyelembe venni, az alkalmazott konverterek legyenek:

- kisméretűek és olcsók;
- lehető legkisebb veszteséggel üzemelők és
- a fűtési fővezetékre csatlakozásukat EMC problémák ne korlátozzák.

A konverterben alkalmazott induktív és kapacitív elemek méreteinek csökkentése a belső modulációs frekvencia növelésével lehetséges. A készülék által keltett mechanikus zajnak jóval az emberi fül érzékenységi (1...3kHz) határa felett kell lennie. A veszteségek minimalizálása azért fontos feltétel, mert a nagyobb teljesítményű konvertereket (~60kW) általában a kocsik alá szerelik fel, teljesen zárt kivitelben. Következésképpen szélsőséges környezeti hatások (hőmérséklet, rongálás, stb.) mellett kell az adott konvertereknek üzemelniük. Az egyszerű karbantarthatóság érdekében az energia-átalakító olajjal való feltöltését mellőzik. Ezért a veszteséget csökkenteni kell, amit a nagyfrekvenciás félvezető-eszközök, és a passzív alkatrészek helyes megválasztásával érhetünk el. A konverternek „hálózatbarátnak” kell lennie, és ezzel együtt biztosítani kell a nagyfrekvenciás zavarások korlátozását. A hagyományos megoldásoknál rendszerint előbb simított egyenfeszültséget, vagy egyenáramot állítanak elő, majd ezekből további energia-átalakítókkal hozzák létre a megkívánt szabályozott villamos mennyiségeket [1]. A Nemzetközi Vasút Egylet (UIC), az UIC 550-es döntvényekben fektette le a fűtési fővezeték áramára megengedett harmonikusok értékeit [2].

3. A vizsgált segédüzemi energiaellátó egység felépítése és működésének rövid ismertetése

A következőkben röviden ismertetjük egy, a fűtési fővezetékéből szinuszos áramot felvevő konverter felépítését (1.ábra). Közvetlenül a bemeneti egyenirányító híd után nincs pufferkondenzátor, ezért a feszültségnövelő (booster) fojtótekercsének árama megfelelő fordítás után a hálózathoz felvett árammal egyezik meg. A booster kettős szabályozással rendelkezik. A belső hurok a booster fojtójának áramát szabályozza, az áramszabályozó alapjele a hálózati feszültséghez szinkronizált abszolút szinuszos függvény. A kimeneti feszültség értékét a külső feszültség szabályozó hurok állítja be, oly módon, hogy az áramszabályozó alapjelének amplitúdóját módosítja. Az áramszabályozó beavatkozó egysége a booster fokozat tranzisztorait (IGBT-k) kapcsolgatja. A kapcsolás következő egységei a félhidas inverterek. Az inverterek kimenetén megjelenő feszültség Graetz-hidas (1F2U2Ü) egyenirányítása után kapott simított egyenfeszültség felhasználására több mód is létezik. A megvalósított rendszerben a bemeneti váltófeszültség effektív értéke 1050...1860V között változhat, melyet a booster 2640V-os egyenfeszültségre stabilizál. Az inverter 8kHz-es kapcsolási frekvenciával, a transzformátorok áttételeinek megfelelően alakítja át ezt a feszültséget a kimeneti Graetz után általánosan felhasználható, ± 300 V-os simított egyenfeszültséggé.

1.ábra Szinuszos áramot felvevő 60kW-os konverter blokkvázlata

4. Rezonancia problémák az energiaellátó rendszerek működésében

A szinuszos áramfelvételű feszültségnövelő kapcsolás kimeneti szűrőkondenzátorának egyenfeszültség hullámossága a következő összefüggéssel írható:

$$u_{d_ki}(t) = -\frac{1}{2\omega_h C_b} I_D \sin(2\omega_h t) \quad (1)$$

, amelyben C_b a kimeneti szűrőkondenzátor értéke, I_D pedig a booster diódáján folyó áram átlagértéke.

Az (1) összefüggés szerint $u_{d_ki}(t)$ körfrekvenciája $2\omega_h = 2 \times 2\pi \cdot f_h$, amely a generátor fordulatszámának függvényében egy 60...104Hz közötti lengést jelent a booster kimeneti szűrőkondenzátorán. Az inverter négyszögfeszültsége vivőjelként szolgál ennek az alacsonyfrekvenciás, szinuszos jelnek. Ezáltal a booster fokozat mögött, a konverter soros induktív és kapacitív elemeivel létrejöhét egy rezonáns szívókör, amely a félvezető kapcsolóelemeket szélsőséges esetben túlterhelheti. Ezen probléma vázlatos képét a 2. ábrán láthatjuk.

2.ábra A booster kimeneti kondenzátorán jelenlévő lengés hatása

A kapcsolás elemzésére fontosnak találtuk áramköri szimulációs programok használatát. Egy ilyen program lehet a MicroSim PSpice tanulóverziója, melynél a hálózat megfelelő elemszámúra redukálása elengedhetetlen feltétel. A soros induktív és kapacitív elemek eredőjeként adódó hálózat bemenetére amplitúdómodulált feszültséget adva, szimulációs eredményeink igazolták a gyakorlatban kialakult rezonáns soros LC kört.

5. Megjegyzések a berendezés optimális kialakításához

A hűtési nehézségek miatt a cél, a konverter veszteségeinek minimalizálása megfelelő méret és ár csökkentés mellett. Mindegyik feltétel teljesítése szükségessé teszi modern szerkezeti anyagok alkalmazását. Ez vonatkozik az alkalmazott félvezetőkre, a mágneses elemek kialakítására és a huzalozásra is. Mivel a méretek csökkentése a frekvencia növelésével lehetséges, olyan félvezetőket kell alkalmazni, amelyeknek a kapcsolási veszteségei kicsik. A vizsgált esetben már kifizetődik, az egyébként drága nanokristályos vasanyagok használata, amelyek fajlagos vesztesége a hagyományosan alkalmazott ferritekénél kedvezőbb, és a telítési indukciójuk jóval nagyobb. Ennek következtében a méret erősen csökken meglepően kis veszteségük mellett. Ebben a teljesítmény nagyságrendben szokásosan IGBT-ket alkalmaznak, melyeknél a kapcsolási idők és a veszteségeik elég nagyok. A fokozatszám növelésével az elemszámot növelni kell, ami szintén optimalizálási kérdés. Nagyobb távlatokban nagymértékű javulást lehet várni a nagyfeszültségű SiC (szilícium-karbid) alapú teljesítmény-félvezetők beépítésével. Továbbá célszerű a konverterek főáramköri szimulációs vizsgálata, hiszen az üzembiztos működésüket számos jelenség korlátozhatja. Az egyik ilyen lehet a fentebb vázolt soros rezonáns szívókör esetleges kialakulása.

Irodalom

- [1] Horváth Miklós, Dr. Borka József: *Energiamegtakarítást és hálózatszennyezés-csökkentést eredményező villamosenergia-elosztás a kommunális fogyasztók körében 1. rész*, Elektrotechnika, 2003. 96. évfolyam, 10. szám, 274-276 oldal.
- [2] MÁV MI UIC-550. *Személykocsik villamos energiaellátó berendezései*.
- [3] Novák Mátyás: *Vasúti kocsik korszerű energiaellátása*, Vasútgépészet, 2010/3.,

Novák Mátyás, okl. villamosmérnök (doktorandus)

BMGE, Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék
1117, Magyarország, Budapest, Magyar Tudósok körútja 2.

Telefon: +36-70-3352719

E-mail: matti@xtigmatic.hu