



NOVÁK MÁTYÁS

okl. villamosmérnök, TEB szakértő
MÁV Zrt. PVTK Szeged, TEB Osztály

Vasúti személykocsik korszerű energiaellátása

Összefoglaló

A MÁV személykocsiktól elvárt, az utasok kényelmét szolgáló műszaki berendezések elektronikai, a tápláló hálózat feszültségváltozásaira érzékenyebbek. Mivel a személykocsik energiaellátását a mozdonyok biztosítják, a megnövekedett igényeknek megfelelően korszerűsíteni kell azok villamos rendszereit is. Vagy a mozdony vagy a személykocsi oldaláról nézve, célszerű egy, a fűtési fővezetékre csatlakozó, szinuszos áramot felvevő előstabilizátor beépítése.

Máttyás Novák
Dipl. Elektroingenieur
MÁV Zrt.

Zeitgemäße Energieversorgung von Eisenbahnpersonwagen

Kurzfassung

Den erwarteten Komfort der Reisenden der Ungarischen Staatseisenbahnen zu sichern, werden an den Personwagens elektronische Einrichtungen angewendet, die aber bezüglich der Änderungen der Speisespannung des speisenden Netzes empfindlicher sind. Weil die Energieversorgung der Personwagen durch die Lokomotive gesichert wird, muss man auch die elektrischen Systeme von denen modernisieren. Sowohl von der Seite der Lokomotiv als auch des Personwagens gesehen, ist der Einbau eines netzfreundlichen, (sinusförmige Stromaufnahme bei $\cos \varphi = 1$) Vorstabilizers zweckmäßig, der an das Heizung-Hauptnetz geschlossen ist.

Máttyás Novák
Electric engineer
MÁV Zrt.

Modern power-supply of railway carriages

Summary

The electronics of the technical equipments, which serve the from the Hungarian State Railways' passenger-carriages expected comfort, are more sensitive to the potential changing in the power system. Since the engines ensure the energy supply of the passenger-carriages, the electric system must be modernized according to the extended demands. Either the aspect of the engine or the passenger-carriage it is worth to build in a prestabilizer.

I. Bevezetés

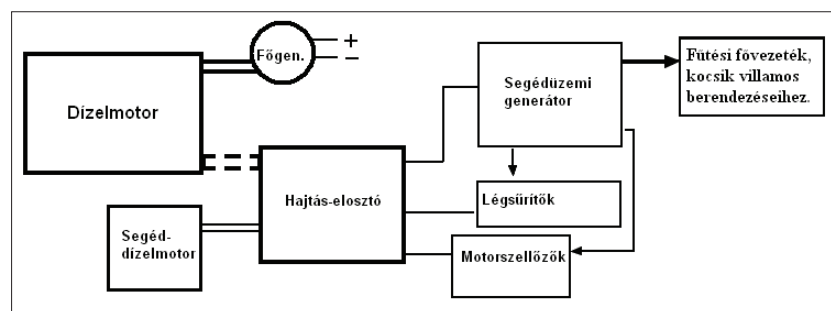
Nagyvasúti vontatásban a következő energiaellátási formákat különböztetjük meg:

- a jármű hajtásához szükséges főüzemi,
- a vontatásban közvetlenül részt nem vevő segédüzemi energiaellátást, mely azon villamos és gépészeti berendezések üzemét biztosítja, amelyek a főüzem működéséhez, valamint az utasok kiszolgálásához szükségesek [3].

Segédüzemi berendezések felosztása, energiaellátási igényeik alapján a következő lehet:

1. Motoros fogyasztók: szellőzőventillátorok, szivattyúk, légsűrítők.
2. Nem motoros, passzív fogyasztók: fűtőtestek, AC-DC konverterek stb.

MÁV vontatási rendszereknél (kétsősőbbiekben: vontatások) egyre több és több korszerűsítést hajtanak végre, mivel az 1970-es évek technológiája már nem elégíti ki az újabb igényeket.



1. ábra Dizelmotor energiaellátó rendszere

A korszerűsítések fő iránya jelenleg a személykocsik energiaellátása. Ezeknek napjainkban már többféle szolgáltatást kell nyújtaniuk az utasok számára, kezdve a klímarendszerektől egészen a világítás automatikus vezérléséig. A bonyolultabb feladatokat ellátó elektronikák a tápfeszültség változásaira érzékenyebbek. Mivel a személykocsik energiaellátását a mozdonyok biztosítják, a megnövekedett igényeknek megfelelően korszerűsíteni kell azok villamos rendszereit is, különös tekintettel arra, hogy kiépítetlen villamos vonal esetén a korszerűbb kocsikat, olyan dízel mozdonyok (pl. M41) vontatják, melyek teljesítményének túláramvédelmük szab határt. Az ezek által szolgáltatott segédüzemi tápfeszültség nagysága és frekvenciája erősen változó. A kocsikon alkalmazott bemeneti energia-átalakítók teljesítménytényező javítása nagyban hozzájárul a mozdonyon lévő generátor kihasználtságának növeléséhez, ezért a szinuszos áramfelvételű konvertereket egyre nagyobb számban alkalmazzák.

A személykocsik továbbítására alkalmas dízelmozdonyok, dízel motorkocsik segédüzemi generátorának fűtési fővezetéke vagy $U_{\text{su}} = 1500 \text{ V}$ állandó egyenfeszültség, vagy egyfázisú váltófeszültség, ami például az M41 sorozatú mozdonyoknál a dízelmotor fordulatszámának a függvénye (min. 1150 V 1000 1/min fordulatszám; max. 1650 V 1500 1/min fordulatszám).

2. Néhány megjegyzés a segédüzemi energia-ellátórendszer kialakításához

Segédüzemi energia-ellátórendszerek kialakításakor a következő szempontokat kell figyelembe venni, az alkalmazott konverterek legyenek:

- kis méretűek és olcsók,
- minimális veszteséggel üzemelők,

- hálózatra (fűtési fővezetésekre) csatlakoztatásukat EMC problémák ne korlátozzák.

Az első problémakör magyarázata természetes feltétel. A veszteség minimalizálása azért jelentős, mert a konverterek általában a kocsik alatt kerülnek felszerelésre, a szennyvezetések elkerülése céljából teljesen zárt kivitelűek, emellett szélsőséges környezeti hőmérsékletet kell elviselniük.

A régebbi megoldásokban előszeretettel alkalmazták az olajhűtést, újabban a könnyebb szervizelhetőség érdekében a konverter olajjal való feltöltését igyekeznek mellőzni.

Az EMC problémákat erősáramú és rádiófrekvenciás részre bonthatjuk. Erősáramúszempontból hálózatbarát konverter kialakítás a lényeges, azaz $\lambda=1$, tehát a konverter $\cos \varphi = 1$ -es eltolási tényezővel jár, emellett hálózati áramfelvétele szinuszos. E két feltétel biztosítja a segédüzemi generátor optimális kihasználását. A rádiófrekvenciás hatások korlátozása azért fontos, hogy a konverternek a hírközlésre és a pálya melletti biztosítóberendezésekre gyakorolt hatását korlátozzuk.

2.1. A konverterek méret- és árcsökkentésének lehetőségei

A konverterek mérete a következő módszerekkel befolyásolható:

- a konverterben lévő induktív és kapacitív elemek méreteinek csökkentése, belső modulációs frekvencia alkalmazásával (középfrekvenciás belső moduláció alkalmazásával, például az alkalmazott transzformátor méretei nagymértékben csökkenthetők – a csökkentési arány elérheti a két nagyságrendet),
- a modulációs frekvencia alsó határának megválasztási szempontja: a készülék által keltett mechanikus zaj frekvenciája legyen jóval nagyobb annál a frekvencia tartománynál, ahol az emberi fül kifejezetten érzékeny (1-3 kHz),

- a modulációs frekvencia felső határát a veszteségek korlátozzák,
- a frekvencia növelés nagyon erősen csökkenti az induktív és kapacitív elemek méreteit, ami még akkor is hatásos, ha figyelembe vesszük, hogy az itt alkalmazott anyagok drágábbak,
- nagyobb tápfeszültségek automatikusan a modulációs frekvencia csökkentéséhez vezetnek, mert a teljesítmény-félvezetők működési sebessége jelentősen csökken.

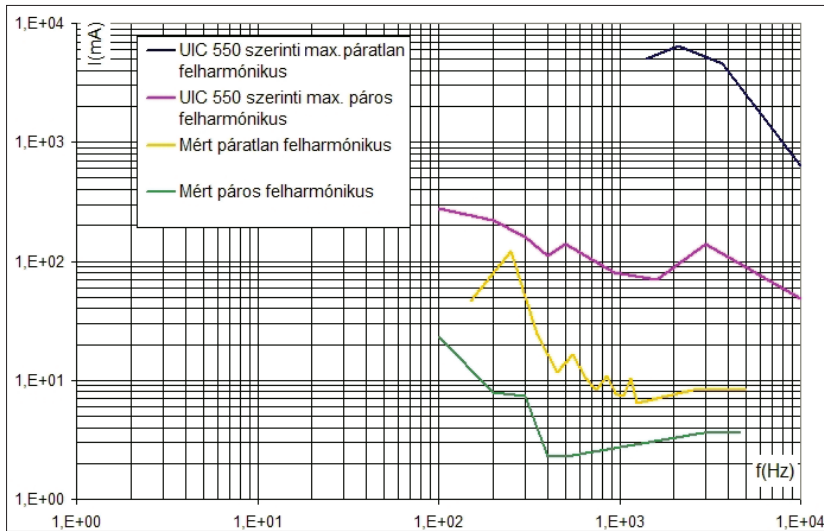
2.2. Lehetőségek a konverterek veszteség csökkentésére

A veszteségek csökkentésének lehetőségei:

- nagyfrekvenciás félvezető-eszközök alkalmazása
 - nagyfrekvenciás passzív alkatrészek (vasanyagok és kondenzátorok) alkalmazása
 - az optimális működési frekvencia megválasztása, a hozzátartozó modulációs módszerrel együtt.
- Tipikusan nagyfrekvenciás félvezetők (nagysebességű IGBT-k, FET-ek, speciális gyorsdiódák). Amorf- és nanokristályos vasak és speciális Litze alkalmazása.

2.3. Az EMC problémák csökkentései

Segédüzemnél alkalmazott célkonverterek táplálhatók mind váltakozófeszültségről, mind pedig egyenfeszültségről. Váltakozó áramú tápláláskor előbb egyenirányítással simított egyenfeszültséget vagy egyenáramot állítanak elő, utána pedig az így képzett egyenfeszültségből vagy egyenáramból további energia-átalakítók felhasználásával hozzák létre az adott alkalmazáshoz szükséges szabályozott villamos mennyiségeket. Költség és méretcsökkentési célból, valamint az üzemviteli tulajdonságok javítása érdekében szokásosan középfrekvenciás konvertereket alkalmaznak, ahol a belső működési frekvencia 5–20 kHz feletti. A „hagyományos” pufferkondenzátorra



2. ábra Harmonikus áramokra vonatkozó korlátozások és gyakorlati mérési eredmények

dolgozó egyenirányítók a hálózati feszültség csúcserőtelje közelében vesznek fel energiát a segédüzemi generátorból impulzusszerű áram formájában. Az induktív szűrés négyzet alakú áramfelvételt okoz [1]. Az alapharmonikust tekintve a fázistényező közel $\cos\varphi=1$, viszont az általánosított teljesítménytényező ($\lambda=P/S$) a felharmonikus tartalom következtében egynél kisebb [2].

A technika mai állásánál már gazdaságos hálózatbarát konverterek (szinuszos áramfelvétel) építése, amelyek általában feszültségnövelő (booster) fokozatot alkalmaznak.

A váltakozó áramú táphálózat felharmonikus feszültségei korlátozottak, a korlátozás célja a váltakozó áramú hálózatot tápláló generátor felharmonikus terhelése, a hálózatra csatlakozó egyéb fogyasztók zavarása és a rádiófrekvenciás zavarás csökkentése. A korlátozást a szabványok a készülék által leadható harmonikus áramok spektrumával korlátozzák. Az UIC-550 szabvány által meghatározott áramspektrum a 2.1. ábrán látható, amelyen feltüntetésre kerültek egy szinuszos áramfelvételt megvalósító megoldás áramharmonikusai [4].

A fent megadott felharmonikusok csak olyan energiaellátó-rendszerekre érvényesek, amelyek fűtési fővezeték lehet egyen- vagy váltófeszültség

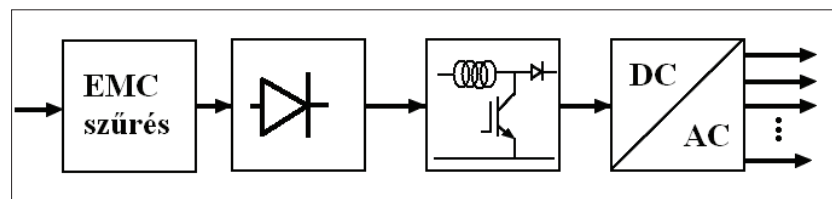
táplálású. Dízel vontatásnál gyakran alkalmaznak szinuszos hullámtól eltérő trapéz vagy négyzet hullámot. A nemzetközi forgalomban ezeket a rendszereket csak kétoldali megállapodás alapján szabad működtetni.

3. Elektronikus felépítésű AC-DC-AC-DC konverter ismertetése blokkvázlat-szerűen

A következőkben röviden ismertetjük egy megvalósított, a fűtési fővezeték-ből szinuszos áramot felvevő megoldás működését, melynek blokkvázlata a 3.a ábrán látható.

Közvetlenül a bemeneti egyenirányító híd után nincs pufferkondenzátor, ezért a feszültségnövelő (booster) fojtótekerescének árama megfelelő fordítás után (egyenirányító), a hálózatról felvett árammal egyezik meg.

A szabályozás alapelve a következő, lásd. 3.b ábra:



3.a. ábra A szinuszos áramfelvételt megvalósító konverter blokkvázlata

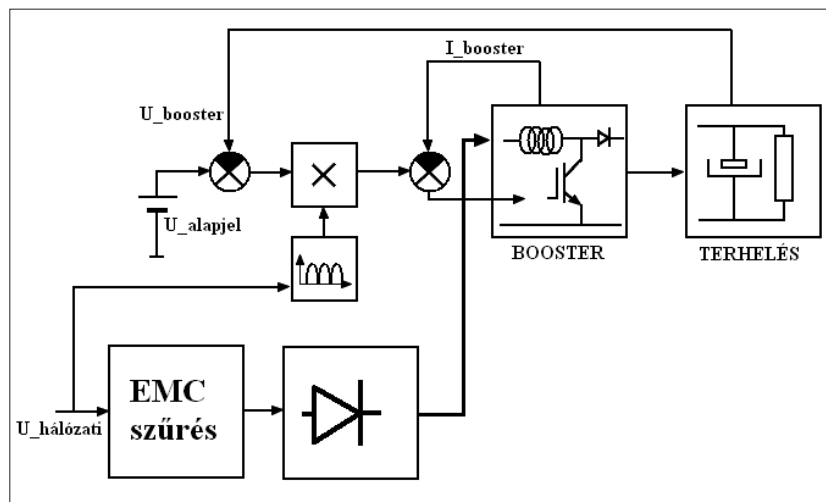
- A kapcsolás kettős szabályozással rendelkezik.
- A belső hurok a booster fojtójának áramát szabályozza. Az áramszabályozó alapjele a hálózati feszültséghez szinkronozott abszolút szinuszos függvény.
- A kimeneti feszültség értékét a külső, feszültség szabályozó hurok állítja be, oly módon, hogy az áramszabályozó alapjelének amplitúdóját módosítja.
- Az áramszabályozó hurok beavatkozó egysége a booster fokozat tranzistorát kapcsolgatja. A kapcsolási frekvencia a bevezetőben elmondottaknak megfelelően nagy.

Következő elem a 8 kHz-en üzemelő inverter. Transzformátorának vasa egy modern nanokristályos anyag, melynél magasabb indukció (1T) is megengedett, mint ferritek (0,2 ~ 0,3 T) esetében, és azonos fluxusnál a vesztesége kisebb, mint a ferriteknél. Az inverter kimenetén megjelenő ± 600 V-os feszültség Graetz-hidas (1F2U2Ü) egyenirányítása után kapott simított egyenfeszültség felhasználására több mód is létezik:

- közvetlen felhasználása
- vagy 50Hz-es inverterek segítségével 230 V-os szinuszos feszültségek biztosítása.

4. Következtetések

Napjainkban a versenyképesség kulcsfontosságú bármelyik áru- vagy személyfuvarozási ágazat számára. A vasúti személyszállításban, az egyre növekvő utas kényelmi igények egyre nagyobb műszaki meg támogatottságot követelnek (modern



3.b. ábra A szinuszos áramfelvételt megvalósító konverter blokkvázlata

klíma berendezések, „hálózatbarát” 230 V-os hálózati csatlakozási lehetőségek stb.). A régebbi típusú személykocsik nem versenyezhetnek a modern, az utaskényelmet maximálisan kiszolgáló IC kocsikkal. Az új kocsi ára lényegesen drágább, mint egy meglévő személykocsi felújítási költsége. A kényelmet szolgáló berendezések elektronikai a mozdony által szolgáltatott fűtési tápfeszültségre érzékenyebbek, ráadásul néhány régebbi típusú mozdony nem tudja a vonatfűtési feszültségből a

komfortos kocsik energiaigényét fedezni. Megoldásként olyan teljesítményelektronikai alkalmazások lennének célszerűek, melyek a fűtő- és segédüzemi generátor teljesítményét maximális hatáffokkal kihasználnák. Korszerű félvezető eszközök, kapacitív és induktív elemek helyes megválasztásával, kis méretű és alacsony költségű konverterek építhetők. Az előzőekkel összhangban, a megfelelő harmonikus áramokra vonatkozó vasúti szabványoknak megfelelő egyik alkalmazási lehetőség, a fűtési fő-

vezetékben szinuszos áramfelvételi, teljesen „hálózatbarát” konverter.

Irodalomjegyzék

- [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. pp 274-276
- [2.] Mohan, Undeland, Robbins: Power Electronics. John Wiley & Sons, Inc., 2003. pp 35-36, 40-42, 200-225
- [3.] Gábor Péter: Villamos vasutak III. Magyar Államvasutak Zrt. Budapest. 2007. p. 281.
- [4.] MÁV MI UIC 550. Személykocsik villamos energiaellátó berendezései.

Köszönettel Dr. Kárpáti Attila, egyetemi docensnek (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Automatizálási és Alkalmazott Informatika Tanszék) és Németh Györgynek (MÁV-GÉPÉSZET ZRT. Körzeti Járműkarbantartó Központ, Szeged)

RÖVID HÍREK

Nyereséges a svájci vasút

Tavaly ismét nyereséget könyvelhetett el a svájci vasút. Az SBB adózott eredménye 369,5 millió frank volt, 44,8 millióval több az egy évvel korábnál.

Az eredményt a 239,3 millió frankot kitevő ingatlanadások javították, e nélkül az üzemi eredmény 38,4 százalékkal csökkent, 122,8 millió frankra. A társaság jelentése szerint az SBB is megérezte ugyan a válságot, de a kapacitások hozzáigazításával a kereslethez, illetve felvételi stoppal sikerült ellensúlyozni a negatív hatásokat. A személyszállításban 3,8

millió frankkal 280,6 millióra nőtt az eredmény, az SBB 327,5 millió utast szállított tavaly, 1,5 százalékkal többet, mint egy évvel korábban. A teherfuvarozási üzletágban külföldön 15 százalékkal, belföldön 9 százalékkal csökkent a forgalom, a veszteség 62,5 millió frankra emelkedett a 2008. évi 29,9 millióról

A pécsi vasútvonal korszerűsítését tervezik

A MÁV és a MÁV-Start vezetése egyetért abban, hogy fejleszteni kell ezt a vonalat, még hozzá lehetőleg a 2013–2014-es uniós költségvetési tervezési két éves ciklusban. Ma van-

nak olyan szakaszok, ahol legfeljebb óránként 80 kilométeres sebességgel közlekedhet a vonat. Amennyiben a nagyberuházást elvégzik, 160 km/h-ra lesz emelhető a sebesség.

Felújították a királyréti kisvasutat

A Királyréti Erdei Vasúton 270 millió forintos fejlesztés fejeződött be. Magyarország első kisvasútján felújították a kismarosi végállomást, és egy járműtelep létesült. Megújult a Kismaros–Hártókút állomások közötti pályaszakasz. Egy luxust kínáló rendezvénykocsit és egy motorkocsit újítottak fel.