

Váltóállítás egyedi inverterrel

Németh Géza – PowerQuattro Rt.

A cikk bemutat egy a váltó közvetlen közelében telepíthető áramellátó rendszert, amely biztosítja a váltóhajtómű motorja számára a megfelelő egyedi táplálást. Ismertetésre kerülnek a rendszer főbb műszaki adatai, működése és működése, különös tekintettel az inverter főáramkörére és kimeneti feszültségének szabályozására.

A számítógépek mai színvonala és teljesítményük növekedése lehetőséget ad arra, hogy a korszerű vasúti biztosítóberendezések működését, felügyeletét nagy biztonsággal legycenek képesek ellátni. A vasúti biztosítóberendezések legújabb rendszerfilozófiája és számítógépes generációja decentralizált áramellátási igényeket követel. A számítógéppel működtetett rendszer elemei – ilyen például a váltó és hajtóműve, valamint jelen cikkünk tárgya, a váltó áramellátása – a jelenleg alkalmazottaktól eltérő rendszer-felépítési tulajdonságokkal kell hogy rendelkezzenek. A váltó áramellátó rendszerét a váltó telepítési helyén kell megvalósítani, illetve a számítógépes kapcsolat kialakítása érdekében a megfelelő illesztő felületekkel kell ellátni, továbbá gondoskodni kell a rendszert alkotó részegységek (ön)diagnosztikájáról. A kapcsolatot szabványos soros vonalon, fénykábelben vagy rádióösszeköttetés segítségével lehet megvalósítani. Az ilyen perifériákból felépített vasútbiztosító rendszer tervezése eltér a hagyományos rendszer tervezésétől, hiszen egy esetleges bővítés esetén elegendő a szükséges perifériákat telepíteni és azokat a központi számítógép működésébe bevonni.

Az áramellátó rendszerrel szemben támasztott követelmények

Az egyedi, váltóállító motort tápláló áramellátó rendszer paramétereinek meghatározásához a MÁV Rt.-nek a váltók üzemeltetése során szerzett és nekünk átadott, valamint cégünk egyéb ez irányú tapasztalatait használtuk fel. Mivel a rendszer a váltó közvetlen közelében kerül elhelyezésre, a tervezésnél azokat a mérési eredményeket vettük figyelembe, amelyeknél a tápláló hálózat impedanciája zérusértékű. Ez a feltétel a működés szempontjából a legkedvezőbb tulajdonságokat biztosítja, ugyanis a kapcsolófeszültség stabil értéke a lehető legnagyobb nyomatókat (és a legkisebb működési időt) eredményezi. A tervezés során az inverter kialakításakor felvetődött, hogy – mivel motort táplál – a motor kapcsolófeszültség-frekvencia hányados konstans értéken tartásával megvalósítandó lágy indítási módszert alkalmazzunk. Mérési eredményeink azt mutatják, hogy a motor kezdeti transziens árama az állandósult állapothoz képest mintegy 3,5-szeres értéket vesz fel, és a transziens jelenség 5 perióduson, azaz 100 ms időtartamon belül lezajlik. Ha alkalmaznánk az előbb említett lágy indítási módszert, a felfutási idő minimum ötszörös értékre növelve az áramot névleges értéken lehetne tartani változatlan indítónyomatók mellett. Ennek a megoldásnak a hátrányát a berendezés bonyolultabb vezérlő áramköre, illetve a hálózati üzemmód (amely meghibásodás esetén táplálja a motort) közötti különbségből adódó, előre nem

látható körülmények jelentik. Ha a berendezéssel szemben támasztott követelményeket a hálózathoz igazítjuk, akkor a két üzemmód (inverter vagy hálózat) között nem lesz számottevő különbség, amelyet jelentős üzemeltetési szempontnak tartunk. Ezenkívül nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a váltóhajtómű mechanikai sajátosságából adódóan a váltórúd mozgása közben a motor kapcsolófeszültségei a hajtómű pillanatnyi állásától függően változnak. A motor üzemében, miközben a hajtómű a váltókart az egyik véghelyzetből a másik véghelyzetbe mozgatja, a következő üzemmódok alakulnak ki, illetve a hajtóműben elhelyezett görgős kapcsolók a hajtóműmotor futása közben az alábbi kapcsolási csoportokat hozzák létre:

- Motorindítás T kapcsolásban.
- Motorgyorsítás Y kapcsolásban „0” vezetővel.
- Szabad futás Y kapcsolásban „0” vezető nélkül.
- Féküzem. Az R–T fázisok között 400 V (380 V) AC, míg az R–S fázisok között 0,3 A DC.

A lágy indítás alkalmazásakor a hajtóműben található villamos reteszlecek át kellene alakítani, és ennek következtében megszűnne annak a lehetősége, hogy a továbbiakban a motort hálózati feszültségről is táplálhassuk. Az adott feladat egy lehetséges megoldását tehát egy olyan inverter jelenti, amelynek kimeneti feszültsége a legjobban megközelíti az ideális háromfázisú hálózat jellemzőit. Ezzel a megoldással elérhető, hogy meghibásodás esetén a hajtóművet hálózatról üzemeltetve a váltó működési jellemzői nem változnak az inverter tápláláshoz képest.

Az áramellátó rendszernek működése során szünetmentességet kell biztosítani, ezért a lehetséges hálózatkimaradások áthidalásához energiatárolót (akkumulátort) szükséges beépíteni az inverter bemeneti feszültségének folyamatos fenntartására (1. ábra).

Az áramellátó rendszerrel szemben támasztott követelmények:

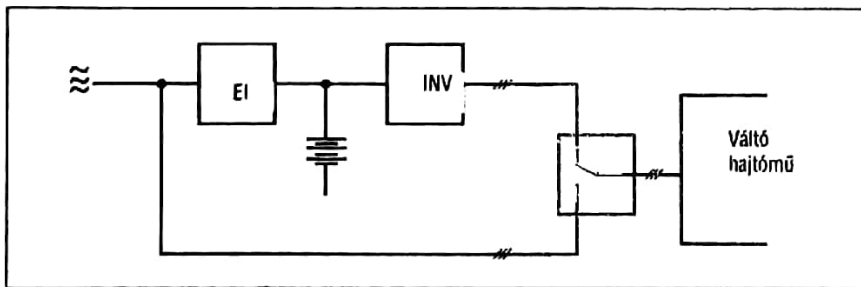
- Kimeneti feszültség: $3 \times 400/230$ V (3×380 V/220 V) kivezetett csillagpont
- Torzítási tényező (THD_u): <5%
- A kimeneti feszültség frekvenciája: 50 Hz \pm 1 Hz
- Dinamikus viselkedés: 0%–100%–0% terhelésváltozás esetén $\Delta U(t) < 0,1 U_N(t)$, $t_{sz} < 10$ ms
- Kimenő fázisáram: max. 10 A csúcs. max. 250 ms ideig név. 2,2 A eff. 1: 10 kitöltési tényezővel, de max. 30 s ideig
- A terhelés megengedett fázistényezője: $\cos \phi > 0,7$ ind.
- A terhelés megengedett aszimmetriája: 100 %
- Az aszimmetrikus terhelésen kívül féküzemben 0,3A DC összetevő is kialakul
- Működési hőmérséklet: -25 °C, $+60$ °C

A váltó (közvetlen) közelében elhelyezett szünetmentes áramellátó rendszert akkumulátortöltő, akkumulátor, inverter és átkapcsoló egység alkotja. A rendszer jelentősebb energiát csak a váltó működtetése során igényel, amelyet a hálózati feszültség megléte esetén az akkumulátor és az akkumulátortöltő együttesen, illetve a hálózat meghibásodásakor esetén csak az akkumulátor szolgáltat. Mivel a váltóállítási időn kívül csak a segéd tápegységek energiaellátását kell biztosítani, váltóállítás után van idő az akkumulátor visszatöltésére. Emiatt kisebb teljesítményű akkumulátortöltő és kisebb kapacitású akkumulátortelep beépítése szükséges, mint az állandó terheléssel folyamatosan dolgozó inverter esetén.

Az akkumulátortöltő és az inverter szükséges teljesítményét, valamint az akkumulátor kapacitását az előzőekben tárgyalt üzemi állapotok, illetve a működési gyakoriság figyelembevételével kell meghatározni.

Az inverter teljesítményének kiválasztásához figyelembe kell venni, hogy a váltó átállításának kezdetekor a motor rövid ideig a futás alatti áramtól jelentősen eltérő (mintegy 3,5-szer nagyobb) áramot vesz fel, továbbá hogy a váltóállítások milyen sűrűn követik egymást, hiszen az átlagos igénybevétel ez határozza meg. A rendelkezésre álló adatokból a szükséges teljesítmények kiszámíthatók.

Az előbbi megfontolások figyelembevételével olyan invertert kell alkalmazni, amely szolgáltatni tudja a motor bekapcsolási transziens áramát, a periodikus igénybevétel hatására sem melegszik túl, és az ára a tényleges igénybevételhez



1. ábra A rendszer egyszerűsített blokkvázlata

optimalizált. Mivel a bekapcsolási áram transziens értékét és időtartamát külső paraméterek határozzák meg (a váltóhajtómű pillanatnyi mechanikai állapota, külső hőmérséklet, időjárási viszonyok stb.), ezek az értékek jelentősen változhatnak. A bekapcsolási transziens csúcstartomány – állandó bemeneti feszültség mellett – a motorarmatúra impedanciája egyértelműen meghatározza. Ezért belátható, hogy az inverter kimenő áramának korlátozását ennél nagyobbra választani felesleges. A maximális kimenő áram pedig determinálja a beépítendő (alkalmazandó) inverter maximális kimenő teljesítményét. A bekapcsolási transziens időt természetes módon a pillanatnyi külső paraméterek határozzák meg, ezért ha a váltóhajtómű vesztesége az előbbieken említett okok miatt megnő, a transziens idő is nő. Különleges esetekben elképzelhető, hogy a hajtás a tervezettől eltérően (pl. hibás hajtómű, nem megfelelő működtetés stb.) egymás után többször, vagy folyamatosan hosszú ideig működik, és ennek következtében az inverter túlmelegedhet. Az inverter kialakításánál ezt az üzemeltetési körülményt is figyelembe kell venni, ezért a túlmelegedés elkerülésének érdekében túlmelegedés elleni védelmet kell beépíteni.

Az áramellátó rendszer üzembiztonságának a lehető legnagyobb mértékben történő fenntartásához feltétlenül szükséges olyan ellenőrző funkciók beépítése, amelyek a működési álla-

potokat, a működési készséget folyamatosan vizsgálják. Ez azt jelenti, hogy az akkumulátortöltő, az akkumulátor és az inverter diagnosztikai rendszerét egyenként és egymástól függetlenül kell kialakítani. Az ellenőrző áramkör meghibásodása esetén függetlenül attól, hogy a vizsgált áramkör hibátlanul működik, hibát kell jelezni. A hiba esetén a hibajelzést (legyen az fő vagy diagnosztikai) a biztosítóberendezés részét képező központi számítógép felé kell továbbítani.

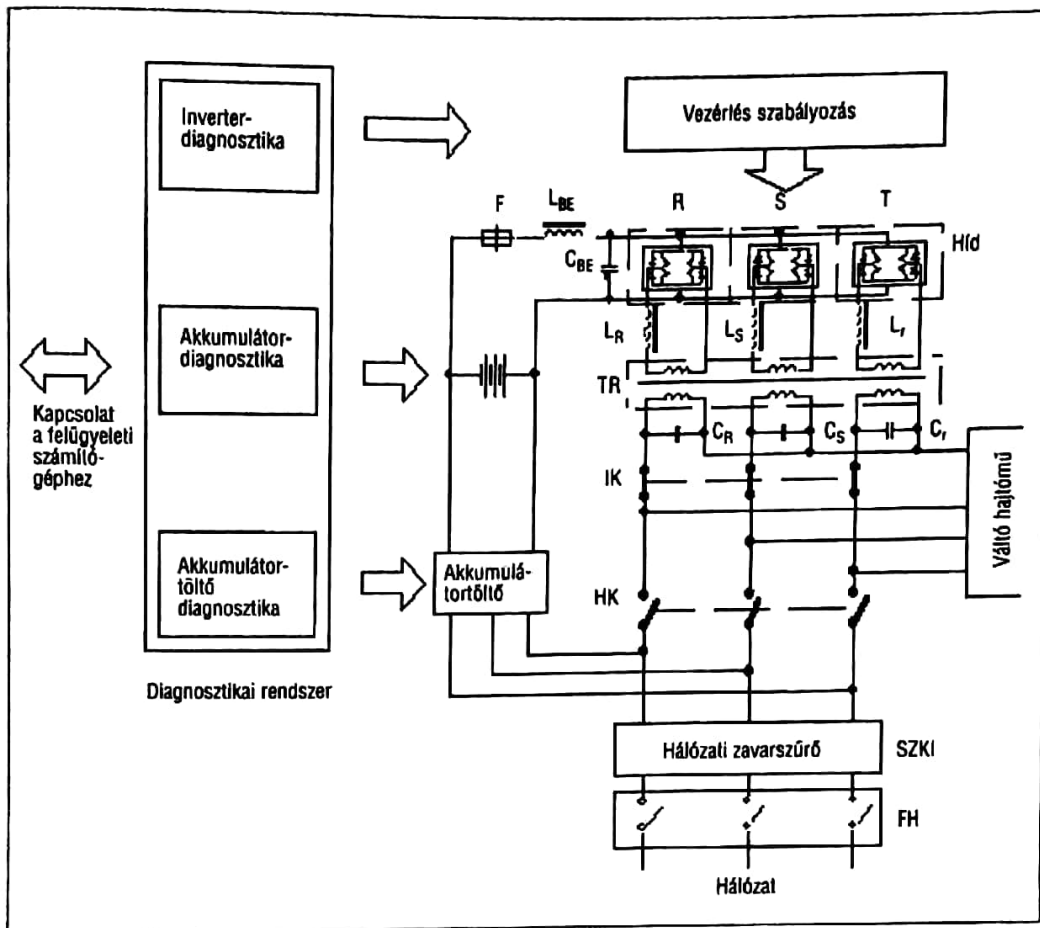
A szünetmentes áramellátó rendszer főáramkörének felépítése és működése

Az inverter főáramköre a következő egységeket tartalmazza (2. ábra):

- soros bemeneti biztosító (F)
- aluláteresztő szűrőegység (L_{BE}, C_{BE})
- IGBT félvezetőkből felépített 1 fázisú hídak (R, S, T HÍD)
- soros kimeneti fojtók (L_R, L_S, L_T)
- 3 fázisú, 5 oszlopos transzformátor (TR)
- kimeneti szűrőkondenzátorok (C_R, C_S, C_T)
- átkapcsoló egység (IK, HK)
- hálózati zavarcsűrő egység (SZKI)
- hálózati biztosító (FH)

A szünetmentes áramellátó rendszer felépítése és működésének ismertetése során nem térünk ki az akkumulátortöltő és az akkumulátor felépítésének és működésének ismertetésére, csak annyit jegyzünk meg, hogy az akkumulátortöltő és az akkumulátor feladata a váltó üzemeltetése során minden lehetséges üzemi állapotban az igényelt valamennyi egyenfeszültségű energia szünetmentes biztosítása. Ezt az energiát a hálózati feszültség megléte esetén az akkumulátor és az akkumulátortöltő együttesen, illetve a hálózat meghibásodása esetén csak az akkumulátor szolgáltatja.

Részletesen csak az inverter felépítését és működését ismertetjük. A bemeneti feszültség az (F) jelű biztosítón keresztül kapcsolódik a bemeneten található aluláteresztő szűrőre. A biztosító belső áramköri zárlat esetén védi az akkumulátort. Az L_{BE}, C_{BE} aluláteresztő szűrő az inverter által keltett – szimmetrikus terhelésnél 300 Hz, aszimmetrikus terhelésnél pedig 100 Hz –, a bemeneti egyenfeszültségre szuperponált váltakozó feszültségű összetevő értékét a még megengedhető értékre csökkenti az akkumulátor számára. A váltóállító motor kapcsai az áramellátó rendszerre IK és HK kapcsolókon keresztül csatlakoznak. A hajtómű motorjának működtetését az inverter vezérlő, szabályozó áramköreinek aktivizálásával lehet kiváltani (távoli kontaktus, rádióadó stb.). Ha IK és HK kapcsolókat a gyakorlatban félvezetőkkel valósítjuk meg, a hajtóművet kivéve mechanikai mozgó alkatrész nem lesz található a rendszerben, ezzel a berendezés megbízhatósága jelentősen megnövelhető. A háromfázisú feszültség előállítását fázisonként IGBT félvezetőkből álló teljes híd végzi. A hídak váltakozó feszültségű kimenetei soros fojtókon (L_R, L_S, L_T) keresztül a háromfázisú, ötoszlopos transzformátor primer tekercseire kapcsolódnak. A hidkapcsolás segítségével a transzformátor primer feszültségét oly módon állítjuk elő, hogy a félvezetőket meghatározott logika szerint kapcsolgatjuk. Pozitív vagy negatív feszültség előállításához a hídátlokat, zérus feszültséghez pedig az alsó vagy felső félvezető párokat kell bekapcsolni. A transzformátor ötoszlopos kialakítására az aszimmetrikus ter-



2. ábra A szünetmentes áramellátó rendszer főáramkörének blokkvázlata

helés okozta gerjesztési egyensúly megváltozása miatt van szükség. A transzformátor szekunder tekercsei csillag kapcsolásúak, és kivezetett nulla vezetővel rendelkeznek. A szekunder tekercsekkel párhuzamosan találhatók a szűrőkondenzátorok (CR, CS, CT), amelyek a primer oldalon sorosan elhelyezett fojtókkal együtt alkotják a kimeneti szűrőkört. A háromfázisú kimeneti feszültség az IK kapcsolón keresztül jut a motor kapcsaira. Inverter meghibásodás esetén gondoskodni kell arról, hogy a rendelkezésre álló háromfázisú hálózat nagy biztonsággal tudja táplálni a hajtómű motorját. Hiba esetén a hálózat az FH jelű kismegszakítón és a kimeneti szűrőn keresztül a HK kapcsoló bekapcsolásával jut a kimenetre. A hálózati zavaroszűrő egység megakadályozza, hogy a berendezés által keltett zavarok a hálózati bemenet felé ne lépjenek túl a szabványban megengedett értékeket.

Az inverter megvalósításánál figyelembe kell venni, hogy a szakaszos üzem miatt kisebb teljesítményű induktív elemek és kevesebb hűtőfelület beépítése szükséges.

Szabályozási stratégia

A korábbiakban már ismertetett üzemmódot-változások által létrejött tranzienst terhelésváltozások miatt mindhárom fázisban külön-külön szabályozó áramköröket kell alkalmaznunk, mivel csak így biztosítható, hogy a háromfázisú feszültségvektor a működési folyamat közben ne torzuljon és a legjobban közelítse az ideális hálózat jellemzőit. Az alkalmazott szabályozókör megvalósításánál fontos, hogy az inverter kimenetére csatlakoztatott motor kapcsaira, a bekapcsolásokor keletkező feszültség-

tranzienst (az inverter kimeneti feszültségének kialakulása) minél rövidebb és lengésektől mentes legyen. A szabályozó áramkör megvalósításának egy lehetséges alternatívája a követő szabályozás. Követő szabályozást alkalmazva könnyen megvalósítható, hogy a kimeneten fellépő tranzienst a terhelés be- és kikapcsolásakor a lehető legkisebbek legyenek, ezért a fejlesztés során ezt a megoldást választottuk.

Jelenleg az áramellátó rendszer fejlesztési munkái folynak. A konstrukció kialakításánál arra törekszünk, hogy egy olyan robusztus és kompakt, természetes szellőzéssel biztonságosan üzemelő rendszert készítsünk, amely teljes körűen kielégíti a felhasználói igényeket. Az akkumulátortöltő, a háromfázisú inverter, a hálózati átkapcsoló és mindhárom diagnosztikai egység egy egységben került elhelyezésre, míg az akkumulátortelep a berendezés (közvetlen) közelében telepíthető.

IRODALOM

Molnár Károly

„A vasúti biztosítóberendezések 336V névleges közbensőkörű egyenfeszültségű, szünetmentes egyen- és váltakozófeszültségű áramellátó rendszerei” című előadás (MÁV áramellátási konferencia. Miskolc 1995).

Németh Géza

„A háromfázisú váltóáramú hajtóműveket tápláló korszerű inverterek és váltakozófeszültségű szünetmentes áramellátó rendszerek” című előadás (PowerQuattro Kft. áramellátási szimpózium. Siófok 1997).

Molnár Károly

„Fejlesztési szempontok a PowerQuattro Kft.-ben” című előadás (PowerQuattro Kft. áramellátási szimpózium. Siófok 1997).

Németh Géza

„A korszerű inverterekkel szemben támasztott követelmények” című előadás (Erőművi szimpózium. Mórair Erőmű 1997).

Németh Géza

„Az inverterek kiválasztásának szempontjai a fogyasztó igényeinek figyelembevételével” című előadás (PowerQuattro Rt. áramellátási szimpózium. Siófok 1998).

Németh Géza

„A szünetmentes áramellátó rendszerek inverterének és átkapcsolójának kiválasztási szempontjai” című előadás (PowerQuattro Rt. áramellátási szimpózium. Siófok 1999).