

Frekvenciaváltókról alapfokon - 1. rész

Gulyás László, Siemens Rt. (2002.02.18)

A szerkesztő előszava

A PID.hu oldalain olvasható szerτεágazó irányítástechnikai és szabályozástechnikai ismeretek mellett elérkezettnek látszik az idő más területekre történő kalandozásnak is. Elsőként az egyre inkább elterjedőben lévő fordulatszám-szabályozási eszközről, a frekvenciaváltókról jelentetünk meg egy alapfokú sorozatot. A sorozat szerzője a frekvenciaváltókkal hosszú ideje foglalkozó szakember, bízunk benne hogy az általa összeállított ismeretterjesztő anyag az olvasók hasznára válik.

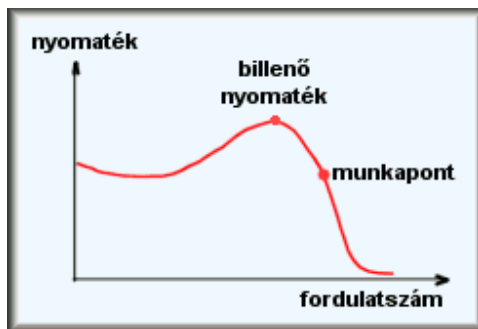
Bevezetés:

A villamos motorok fordulatszám változtatásának igénye nem új keletű dolog, gondoljunk csak a széles körben elterjedt egyenáramú hajtásokra, melyek már hosszú ideje szerves részét képezik a különféle ipari technológiáknak.

Az iparban legelterjedtebb, nagy darabszámban telepített villamos forgógép a háromfázisú rövidrezárt forgórészű kisfeszültségű aszinkron motor. Ezek a motorok a legkülönbélebb technológiai folyamatokban a kukoricadarálótól a ventilátorokon keresztül a szállítópályáig, ma még legtöbbször direkt a háromfázisú hálózati 50 Hz -es hálózatról működnek. Egy nem túl régi európai felmérés szerint a beépített motorok csak mintegy 10 %-a rendelkezik fordulatszám változtatással, az előrejelzések szerint azonban ez az arány a nem túl távoli jövőben teljesen megfordul.

Előnyök, melyek ezt a gyors átállást elősegíthetik:

- A technológiai igény a fokozatmentes fordulatszám változtatásra egyszerűen kielégíthető
- Energiamegtakarítás, hiszen józan ésszel is belátható, hogy a ventilátor, szivattyú, stb. által továbbított közeg útjába tett fojtásnál ésszerűbb és takarékosabb a fokozatmentes fordulatszám-változtatással végzett mennyiségváltoztatás.
- A direkt indítással szemben tulajdonképpen itt frekvenciafelfutás valósul meg, tehát a hálózatot nem terheli indítási áramlökés. Az energiamegtakarításon felül ez a hálózati elemek méretezésénél is megtakarításokat eredményez.



A teljesítmény-félvezetők rohamos fejlődésével és tömeggyártásával a készülékek olcsóbbá, a mikroprocesszorok bevetésével mindentudókká váltak, így a megtérülési idő is jelentősen csökkent.

Alapok:

A fordulatszám szabályozás működésének megértéséhez szükséges az indukciós motor működési elvének megértése:

E motor működése a transzformátor működéséhez hasonló. Ha a motort a váltakozó áramú hálózatra csatlakoztatjuk, akkor az állórészben létrejön egy a hálózati frekvenciának megfelelő fordulatszámmal forgó mágneses mező. A forgó mező hatására, a forgórész tekercsben indukálódott feszültség következtében kialakuló áram és a mágneses mező kölcsönhatása következtében, a forgórész forogni kezd. A forgórész **mindig lassabban** forog, mint a forgó mező, vagyis a szinkron fordulatszám, mert különben nem lenne a nyomatékot létrehozó erővonal metszés. A fordulatszám-különbséget nevezzük **szlipnek**, amely a terhelés függvényében változik. Ha nő a terhelés, akkor a szlip növekszik, a munkapont egyre inkább a motor billenőnyomatékának közelébe kerül. Túlterhelésnél a motor kibillenhet a stabil üzemiállapotából. A jobb oldali ábrán a fix frekvencián üzemelő motor nyomaték-fordulatszám görbéje látható.

Megjegyzés:

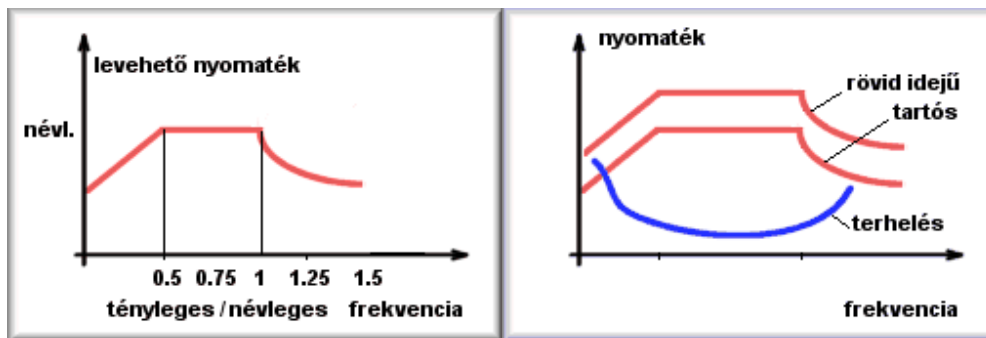
A nyomatéki görbe a vízszintes tengely mentén, a tápláló frekvencia változtatásával jobbra ill. balra eltolható. Ez teremti meg a fordulatszám változtatás lehetőségét. Fontos azt is figyelembe venni, hogy a motor teljesítménye arányos a nyomaték és a fordulatszám szorzatával, tehát csökkentett fordulatszámhoz kisebb teljesítmény (felvett és leadott) tartozik.

Túlterhelőség:

A legtöbb motor a névleges nyomatékának **150 %-** val rövid ideig (60 sec- ig) túlterhelhető, azonban ezzel nem érdemes visszaélni, főleg ha a motor nem rendelkezik korrekt hővédelemmel.

Minimális fordulatszám:

A motor szempontjából szintén kritikus a kis fordulatszámon történő névleges terheléssel történő üzemeltetés, mivel ekkor már a motor tengelyére szerelt saját hűtés nem elegendő. Általános ökölszabályként elmondható, hogy a névleges fordulatszám **feléig** leszabályozható a motor fordulatszáma, utána csak teljesítménycsökkentéssel üzemelhet. Minden esetben érdemes kihasználni a frekvenciaváltókba beépített motorvédelmi funkciót (frekvenciafüggő I_{2t}), de a legkorrektebb megoldás (hőmás védelem) a motor tekercsfejeibe



épített PTC termisztor, melynek ellenállásvá ltozását a frekvenciaváltó kiértékeli.

Maximális

fordulatszám:

A maximális fordulatszámot a motor mechanikai határ fordulatszáma korlátozza be, melyet általában a gyártók a **kétszeres** névleges fordulatszámában adnak meg. A névleges frekvencia feletti tartományban azonban a motor fluxusa a fordulatszámmal fordított arányban csökken és ennek megfelelően a motor terhelhetősége is.

A jobboldali ábrán egy gyakorlati görbét láthatunk, mely megmutatja, hogy a névleges frekvenciától eltérő munkapontokban (frekvenciaváltós üzem) egy átlagos aszinkron motor mekkora nyomatékkal terhelhető. Ismételjük, hogy a pillanatnyi teljesítmény a szögsebesség és a nyomaték szorzatával arányos!

Terhelés jellege:

A frekvenciaváltó kiválasztásának szempontjából szintén fontos a meghajtandó terhelés jellege. Amennyiben a terhelő nyomaték a teljes fordulatszám tartományban közel állandó, akkor állandó nyomatékú terhelésről beszélünk. Ilyen tipikus terhelés lehet a szállítószalag. Ha a terhelőnyomaték növekszik a fordulatszám függvényében, akkor változó nyomatékú terhelésről beszélünk. Tipikus példa erre a szellőzőventillátor vagy a centrifugálszivattyú, ahol a terhelőnyomaték a fordulatszám négyzetével arányosan változik. (A felvett teljesítmény a fordulatszám harmadik hatványának arányában nő!)

A frekvenciaváltós hajtás méretezésénél tehát arra kell elsősorban gondolni, hogy a terhelés nyomatékigénye a szabályozott motorból kivehető nyomatékgörbe alatt maradjon a teljes fordulatszám tartományban. Ne feledkezzünk meg az **indítónyomaték** biztosításáról sem! (3. ábra)

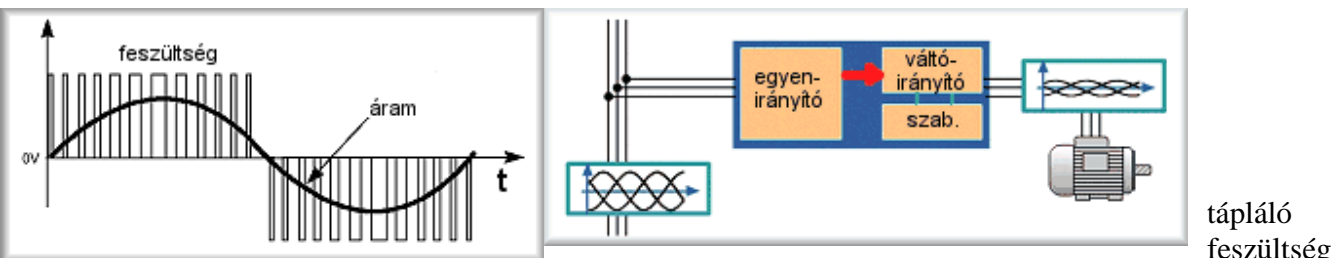
[>>> tovább](#)

Frekvenciaváltókról alapfokon - 2. rész

Gulyás László, Siemens Rt. (2002.02.18)

A feszültségre is figyelni kell!

A legkézenfekvőbb megoldás egy aszinkron motor fordulatszámának változtatására a



frekvenciájának a változtatása. Nem szabad azonban elfelednünk, hogy amennyivel csökkentjük a frekvenciát, kénytelenek vagyunk a motorra jutó feszültséget is ugyanannyival csökkenteni, különben a motor fluxusa túl magas lenne, és a motor telítődne. A névleges frekvencia **alatti** tartományban tehát a feszültséget is csökkentenünk kell.

Ha pedig a frekvenciát a hálózati fölé növeljük, akkor magasabb feszültségre lenne szükség mint a névleges, hogy a fluxus ebben a tartományban is állandó maradjon. Erre általában nincs lehetőség, a motorra jutó feszültséget a névleges értéken tartjuk, így viszont a növekvő frekvenciával csökken a motor fluxusa, ezért a nyomatéka is.

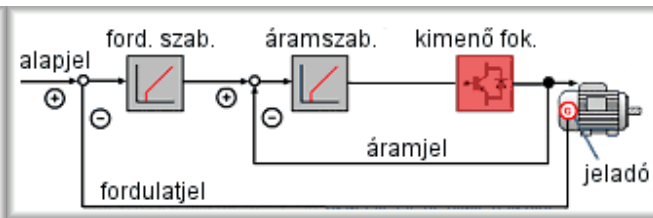
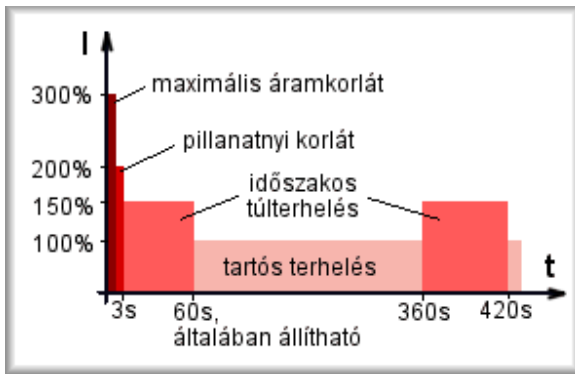
A frekvenciaváltó felépítése:

A betáplálás kisebb teljesítményeknél lehet egy- vagy háromfázisú, nagyobb teljesítményeknél kizárólag háromfázisú. A betáplált áramot diódás híd egyenirányítja és a közbensőköri kondenzátorokat táplálja. A kondenzátorok egyrészt simítják a feszültség hullámosságát (különösen az 1 fázisú betáplálásnál van ennek jelentősége), másrészt kisebb hálózati ingadozásoknál tartják a feszültség szintet is. A közbensőköri egyenfeszültség többnyire ugyanis szabályozatlan, így a tápfeszültség csúcsértéke határozza meg az értékét.

A közbensőköri egyenfeszültség impulzusszélesség-moduláció segítségével ismét váltakozó feszültséggé alakul. A kívánt hullámforma a kimeneti tranzisztorok (IGBT) meghatározott frekvenciával (kapcsolási frekvencia) történő ki- bekapcsolásával hozható létre, ami mint kimeneti feszültség tulajdonképpen egy négyszöghullám sorozat. A jobboldali ábra az impulzusszélesség-moduláció eredményét mutatja:

Csak vezérlés!

A kimeneti kapcsolóelemek vezérlését a szabályozóelektronika látja el, melynek feladata a motor fordulatszám- és áramszabályozásának az ellátása és a kapcsolási kép előállítása. A leggyakoribb esetekben tulajdonképpen **csak vezérlésről** beszélhetünk, mivel általános esetekben nincs fordulatszám-visszacsatolás, tehát az alapjelből képzett vezérlőjel közvetlenül az áramszabályozó alapjelét képezi. Ezen alapjel és a tényleges mért áramérték különbségét dolgozza fel az áramszabályozó, és ennek alapján képezi le a



gyűjtá

si képet. Ebben az esetben a fordulatszám erősen függ a terhelés mértékétől.

Ha pontos fordulatszám kell:

Amennyiben a fordulatszám pontos értéken való tartására van szükség, a motor fordulatszámát mérjük, majd a kívánt, és a mért érték különbségéből képezük az áramszabályozó bemenő jelét. A fordulatszám-szabályozó segítségével a pontos fordulatszám-tartás biztosítható.

Vektorszabályozás:

Az utóbbi időben elterjedt szenzor nélküli szabályozási megoldás az ún. vektorszabályozás, amikor a szabályozó elektronika fordulatszám-visszacsatolás nélkül biztosít rendkívül jó dinamikai tulajdonságokat és pontos fordulatszám-tartást. Ebben az esetben a visszacsatolás nem a fordulatszámról, hanem a motor áramáról és a kimenő feszültség méréséről történik. A mikroprocesszoros készülékben felépített részletes motormodellnek köszönhetően a frekvenciaváltó pillanatról-pillanatra leképezi a motor állapotát, és a kívánt alapjelnek megfelelő szabályozást biztosít. A pontos motormodellhez természetesen szükséges a készülékre kötött motor villamos paramétereinek ismerete, beadása!

A szenzornélküli vektorszabályozás előnyei a következő esetekben használhatóak ki igazán:

- ✓ Amikor nagy dinamikus teljesítmény szükséges.
- ✓ Amikor gyors terheléslökéseket kell uralni.
- ✓ Nagy nyomatékra van szükség kis fordulatszámokon is.
- ✓ Amikor pontos sebességtartásra van szükség
- ✓ Amikor nyomatéktartással kell irányt váltani.

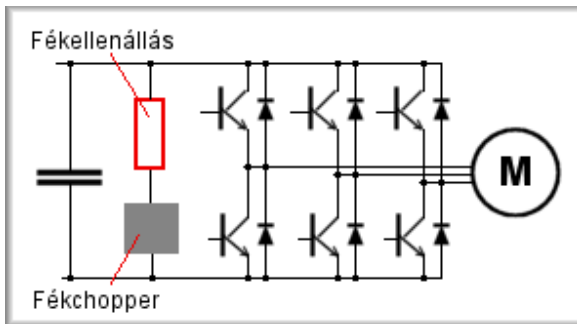
Védelmi funkciók:

A frekvenciaváltónak meg kell védenie saját magát ill. a motort is a túlterhelések és a külső behatások ellen. Ennek megfelelően a frekvenciaváltó többnyire a következő áramkorlátozási funkciókkal van ellátva:

- Elektronikus kioldás: Gyors elektronikus védelem (300 %), mely a kimeneten fellépő rövidzár esetén néhány msec-en belül hibajelzést és leállítást vált ki.

- Rövid idejű túlterhelés korlátozás: A szenzor nélküli vektorszabályozásra jellemző túlterhelés korlátozás, a rövid ideig tartó terhelésingadozások kezelésére (beállítható, max.: $2 \times I_n$, 3 sec-ig).
- Tartós túlterhelési áramkorlát (max. $1,5 \times I_n$, 60 sec-ig)

A túlterhelésvédelmeknél általában a kimeneti frekvencia leszabályozásával próbálja a frekvenciaváltó a kimeneti áramot a határérték alá csökkenteni.



Frekvenciaváltókról alapfokon - 3. rész

Gulyás László, Siemens Rt. (2002.03.08)

Az alkalmas hajtás kiválasztása

Az esetek többségében az alkalmas frekvenciaváltó kiválasztása egyszerű feladat,

ha a motor a normál határok közötti fordulatszám-tartományban üzemel. A telepítéskori és az üzembe helyezéskori problémák megakadályozására a kiválasztás előtt azonban érdemes néhány általános szempontot figyelembe venni:

1. Az első általános jellegű irányelv a motor ill. a frekvenciaváltó névleges áramának a figyelembevétele. Szivattyú- ill. ventilátorhajtás esetén a teljes nyomaték csak a névleges fordulatszámon szükséges, ekkor a motorral azonos teljesítményű hajtás választható. (Feltéve, hogy a motor F hőállósági osztályú.)
Állandó nyomatékú terhelés esetén azonban ugyanez a motor csak nagyobb teljesítményű frekvenciaváltóhoz csatlakoztatható. Ennek megfelelően a gyártók típusonként megadják a frekvenciaváltók teljesítményét változó (VT) és állandó (CT) nyomatékú terhelések esetére is.
A frekvenciaváltót tehát alapvetően a motor áramához kell kiválasztani, a gyártók által megadott névleges kimeneti áramoknak megfelelően. Nagy pólusszámú, vagy régi, rossz hatásfokú motoroknál előfordulhat, hogy a névleges áramfelvételük miatt nagyobb teljesítményű frekvenciaváltót kell választani, mint a motor teljesítménye. Mindig a motor **áramfelvétel-görbéjét** kell alapul venni !
2. Figyelembe kell venni, hogy a névleges frekvencia fölötti üzem általános esetben csak csökkentett teljesítmény mellett lehetséges
3. Alacsony frekvencián való üzemeltetés esetén a motor elégtelen hűtése okozhat gondot.
4. Ellenőrizni kell a túlterhelési arányokat és időket, a frekvenciaváltó és a motor esetében is. Meg kell arról győződni, hogy a hajtás védelmeit (lásd előző rész) be lehet állítani a megengedhető túlterhelések elviselésére, és a nem kívánatosak felismerésére.

Ellenállásfékezés

Gyors fékezési igény esetén szükség lehet fékellenállás beépítésére, a termelődő energia felvételére. A kimeneti frekvencia gyors csökkentésekor - különösen a terhelés nagy tehetetlenségi nyomatéka esetén - a motor generátoros üzeme miatt **visszatáplál** a váltóirányítóba, aminek következtében a közbensőköri feszültség megemelkedhet. A káros feszültségemelkedés csökkentésének legegyszerűbb módja egy ellenálláson (fékellenállás) keresztül a fölös energiának a hőenergiává való alakítása. A közbensőkör feszültségét a fékellenállás megfelelő arányú ki- bekapcsolásával egy fékchopper nevű egység végzi. A fékchopper csak akkor aktív, ha a generátoros üzem következtében a közbensőköri feszültség

az egyenirányított hálózati feszültség fölé emelkedik.

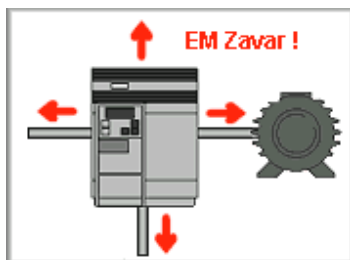
A fékchopper és a fékellenállás alkalmazása általában a következő esetekben szükséges:

- A fékenergia keletkezése a munkagép jellegéből adódik, pld. emelőgépek
- Meghatározott időn belül kell nagy lendítőtömegeket lefékezni
- Dinamikus folyamatoknál kielégítő üzemi viszonyokat kell elérni, például gyors alapjel-változások lekezelése nagy tehetetlenségi nyomatékok és kis terhelőnyomatékok esetén

Egyenáramú fékezés

Általánosan elterjedt megoldás az egyenáramú fékezési megoldás is, amikor a féknyomatékot a motorra kapcsolt egyenfeszültséggel idézzük elő. Ekkor a motorban és a terhelésben tárolt fölös energia a **motorban emésztődik ugyan fel** (hővédelemről gondoskodni kell), viszont a motor fordulatszáma nem szabályozott, tehát a megállítási idő sem kiszámítható. A kombinált fékezési mód egy kifinomultabb megoldás, amikor frekvenciacsökkentéssel (minimális visszatáplálás mellett), egyenáramú komponens hozzáadásával fékezünk.

Hosszú kábel?



Frekvenciaváltókról alapfokon - 4.rész

Gulyás László, Siemens Rt. (2002.03.28.)

A motor bekötése

A legtöbb frekvenciaváltó teljesítménycsökkentés nélkül üzemeltethető 50 °C- os környezeti hőmérsékletig, de szekrénybe építéskor a készülékek által termelt hőmennyiséget is figyelembe kell venni!

Kis teljesítményeken (általában 3 kW -ig) a motorok 230 V delta / 400 V csillag feszültségűek. Normál 3 x 400 V- os hálózati üzem esetén ezek a motorok csillag kapcsolásban üzemelnek.

Ha frekvenciaváltóval **1 fázisú** hálózatról üzemeltetjük a frekvenciaváltót, akkor a kimeneti feszültségű 3 x 230 V, tehát a motort **deltába** kell kötni!

Ezzel szemben ha **3 fázisról** táplálunk, akkor a kimeneten is 3 x 400V jelenik meg, tehát **csillagba** kell a motort kötni. Nagyobb teljesítményű motoroknál a feszültségű többnyire 400 V delta / 690 V csillag. (A motor bekötése ekkor delta, akár fix hálózatról, akár frekvenciaváltóról üzemel.)

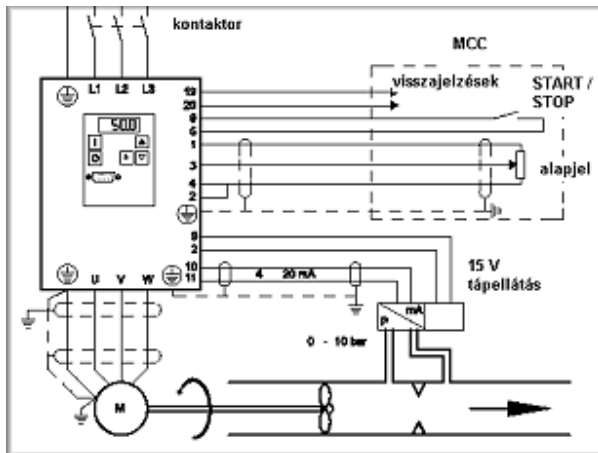
Elektromágneses összeférhetőség

Minden elektronikus és elektromos készülék kibocsát olyan, nemkívánatos jeleket, amelyek vagy vezetett úton (betápkábel, jelvezetékek stb.) vagy elektromágneses hullámok ill. rádiófrekvenciás jelek formájában más berendezések üzemét zavarják. Minden eszköz rendelkezik bizonyos fokú immunitással a környezetében kibocsátott hasonló zavarokkal szemben.

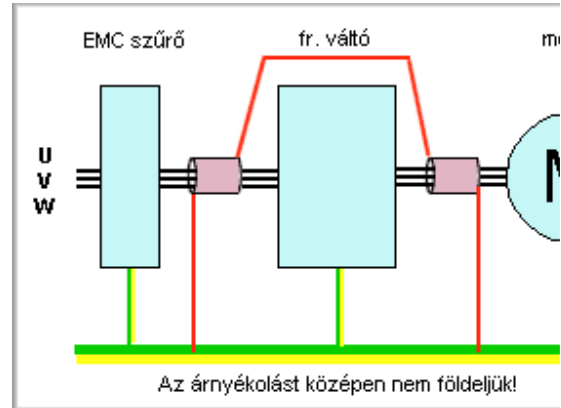
Az elmúlt évek során a fenti témákkal kapcsolatos ismeretek rendkívüli módon kibővültek és a gyártók az elektromos készülékeiket a minimális emisszióra, és maximális immunitásra készítik fel.

Néhány gyakorlati tanács az EMV irányelvek betartásának érdekében:

- Gondoskodni kell a frekvenciaváltónak a készülékszoknyban történő megfelelő földeléséről, nagy keresztmetszetű, rövid földelőkábelrel.
- Ügyelni kell a vezérlőeszközök hasonló módon történő, azonos földelő ponthoz való földelésére. (Egy masszív, jól földelt sín általában elfogadott megoldás.)
- A vezérlőkábelek bekötésére csak árnyékolt kábelt szabad felhasználni, az árnyékolást mindkét végén (!) földelni kell.
- Lehetőség szerint a vezérlőkábeleket és az erősáramú kábeleket elkülönítetten, külön kábelcsatornában kell vezetni.
- Különös gondot kell fordítani a készülékszoknyban elhelyezett relék és mágneskapcsolók működtető tekercseinek zavarmentesítésre.
- Mindkét végén földelt, lehetőség szerint árnyékolt kábelt kell alkalmazni a motor és tápkábelek esetén.
- Szükség esetén (zavarérzékeny eszközök közelében) a gyártó által ajánlott



rádiófrekvenciás zavarcsűrést kell alkalmazni.



A frekvenciaváltó működtetése

Legegyszerűbb esetben a frekvenciaváltót közvetlenül a frontoldali kezelőpanelről, vagy annak a készülékszekrényre kihelyezett változatáról kezeljük, a legtöbb ipari felhasználásban azonban a készülékeket a vezérlőkapcsokon keresztül működtetjük. A fordulatszám-változtatás legegyszerűbb módja az analóg bemeneten keresztüli, potenciométerrel történő vezérlés.

Ebben az esetben a motor a kétállapotú bemeneten kapott startjellel indítható és leállítható, a fordulatszám a potenciométerrel változtatható. A potenciométer végállásaihoz rendelt frekvenciaértékek a készüléken beállíthatóak.

Kétállapotú bemenetek felhasználása

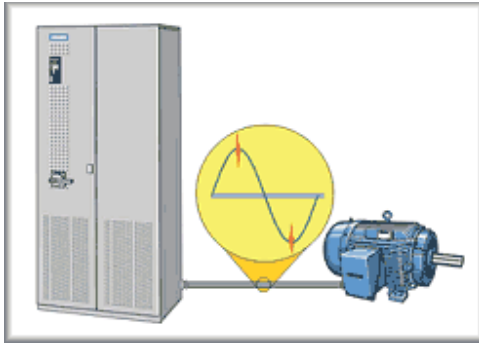
A frekvenciaváltók digitális bemenetei különböző funkciókra konfigurálhatóak. Ezeken keresztül indítható és leállítható a frekvenciaváltó, irányváltási parancs is kiadható és a digitális bemenetekhez fix frekvenciaértékek is rendelhetők. Így a technológiának megfelelően előre meghatározott frekvenciákon üzemeltethető a motor.

Példa

Egy tipikus feladatra mutat példát a következő ábra, amely a frekvenciaváltóba beépített PID szabályozó légtechnikai felhasználását mutatja be (nyomáskülönbség szabályozás).

Külön felhívjuk a figyelmet az alapjel-beállító potenciométer, valamint a nyomáskülönbség-távadó jelkábelének árnyékolására. Sok zavar előzhető meg korrekt kábelezéssel!

[<<< vissza](#)



Hosszú motorkábel esetén figyelembe kell venni a kábelek szórt kapacitásaiból eredő hatásokat. A frekvenciaváltó kimenetének nagyfrekvenciás komponenseire ugyanis ezek a kapacitások rövidzárat, azaz **túlterhelést** jelentenek. A gyártók ezért általában megadják a frekvenciaváltó és a motor közötti maximális kábelhosszakat. Ezeknél hosszabb kábelek esetén kiegészítő eszközöket (kimeneti fojtó vagy dU/dt szűrő) kell alkalmazni.

Hosszú kábel esetén megoldás lehet a kábel **keresztmetszetének növelése** a kábelkapacitás csökkentése érdekében. Az esetek többségében kedvezőbb lehet a kimeneti fojtó és a szűrő beépítése helyett egy nagyobb teljesítményű frekvenciaváltót választani.

Betáplálás

A megbízható és tartós üzemeltetés érdekében fontos a frekvenciaváltót tápláló hálózat vizsgálata is. Mindenképpen be kell tartani a frekvenciaváltó adattábláján megadott feszültség- és frekvenciatolerancia értékeket, illetve a telepítés körülményeinek a betáplálás minőségére gyakorolt hatását is figyelembe kell venni. Ilyen lehet például:

- extrém hosszú tápkábel,
- a hálózati terhelés változásából adódó szélsőséges feszültségingadozások,
- rosszul szabályozott helyi tápellátás,
- stb.

Hibaforrások lehetnek még a kompenzálatlan hálózaton fellépő nagy túlfeszültségek, hegesztőberendezések és félvezetős fűtésszabályozók a táphálózaton, vagy a légköri kisülések okozta túlfeszültségek.

Okozott problémák

Fontos a bemeneti egyenirányítás következtében a táphálózatra **visszajutó felharmonikusok** kérdése is. Ezek kis impedanciás hálózatokon zavarokat okozhatnak más készülékek üzemeltetésében. Ilyen esetben ajánlott a frekvenciaváltó **előtti** bemeneti fojtó alkalmazása. Megjegyezzük, hogy ezek a zavarok nem csak a táphálózaton terjednek hanem elektromágneses mezőkön is, ezért mind a frekvenciaváltó, mind a közelében alkalmazott egyéb automatizálási eszközök (vezérlők, I/O kártyák, számítógépek, stb.) esetében az **EMC**-re fokozottan ügyelni kell!

