

MAKING MODERN LIVING POSSIBLE

*Danfoss*



## **Okos megtakarítás az automatizálás terén** *A megfelelő hajtás kiválasztásával csökkentheti költségeit*

**VLT**<sup>®</sup>  
THE REAL DRIVE



**Évek óta nő az energia ára. Ebből következően nő az energiatakarékosság iránti érdeklődés az ipari, kereskedelmi és kisipari alkalmazások terén. Így a felhasználók a növekvő árak ellenére is állandó szinten tarthatják, sőt, akár csökkenthetik is az üzemi költségeiket. A gép- és berendezésgyártók berendezéseik kisebb energiafogyasztása és az ez által alacsonyabb energiaköltségek révén versenyelőnyre tehetnek szert.**

A tisztán gazdasági okok mellett azonban társadalmi szempontból - klímaváltozás címszó alatt - is szükséges a rendelkezésre álló erőforrások minél hatékonyabb kihasználása és ezáltal a CO<sub>2</sub>-kibocsátás drasztikus csökkentése. A politika is hatást gyakorol az energiahatékony műszaki megoldások fejlesztésére. Így például az „Energy using Products“ (EuP, 2005/32/EK és 2008/28/EK) EU irányelv meghatározza az energiát felhasználó termékek környezetbarát kialakításával szemben támasztott

követelményeket. Az irányelv leírja az EU „Integrált termékpolitikáját“ (IPP), mely a villamos készülékek teljes életciklusára vonatkozik, a gyártástól egészen a megsemmisítésig.

### **Villamos hajtástechnika mint kulcstechnológia**

A villamos hajtástechnika a kulcstechnológiát jelenti az energiahatékonyság szempontjából. Jelenleg a leghatékonyabb megoldás az energiafogyasztás gyors és jelentős csökkentésére. A villamos motorok

fordulatszabályozásával például a hűtőszekrények kompresszorait, a klímaberendezéseket és sok ipari alkalmazású hajtást energetikailag optimálisan lehet működtetni. Így csupán az iparban több mint 15%-os energiamegtakarítást lehet elérni a villamos motorral működtetett rendszerek esetén. Azonban vigyázat! A döntések meghozatalakor figyelembe kell venni a gyakorlatba történő átültetés lehetőségeit is.

**Az egyszerű szabály:  
Energiatakarékosság?  
Igen, de nem minden  
áron.**

### **Gyors, egyszerű és jutányos**

Az új, és a már meglévő berendezéseknél egyaránt a jelentős energiamegtakarítás kell, hogy a fő cél legyen. Általában az üzemeltetők legfőbb követelménye, de egyben a gépgyártóké is, hogy a megfelelő intézkedéseket egyszerűen, gyorsan, és főleg olcsón meg lehessen valósítani.

### **Okos megtakarítás**

Majdnem minden terület rejt energiamegtakarítási lehetőséget. Akár épületautomatizálásról, akár szállítószalag rendszerekről, akár vegyipari alkalmazásokról van szó, a nehézség mindig a lehetőség felismerésében és annak gazdaságos kiaknázásában rejlik. A felhasználónak, illetve az üzemeltetőnek az intézkedések megvalósításánál különösen figyelnie kell a kihasználható előnyökre.

A szivattyúk és a ventilátorok hihetetlen energiamegtakarítási lehetőségeket rejtnek. Az ipari alkalmazások közül a centrifugálszivattyúknak és a ventilátoroknak a legnagyobb az energiafelhasználásuk. Ez az energiafogyasztás pedig a fordulatszámuk harmadik hatványával arányos. Gyors és egyszerű megoldás lenne minden szivattyút és ventilátort frekvenciaváltóval ellátni, és azzal a fordulatszámukat szabályozni. Ezen megoldás mellett szól a frekvenciaváltók egyre vonzóbb árának alakulása is. De vigyázat: Nem minden szivattyú, és nem minden ventilátor alkalmas a fordulatszámának a változtatására. És nem mindig a legolcsóbb frekvenciaváltó jelenti a gazdaságilag optimális megoldást.

A frekvenciaváltók alkalmazásával sok alkalmazásnál energiamegtakarítást lehet elérni, bár vannak olyanok is, ahol nem térül meg a beruházás, sőt, éppen az ellenkező eredményre juthatunk. Becslések szerint az összes

*A frekvenciaváltók használata megfelel a technika mai szintjének és egyre inkább terjed. Az Európában használt mintegy 75 millió motor közül ma már kb. minden nyolcadiknak szabályozzák a fordulatszámát.*

aszinkron motoros hajtás mintegy 50%-ánál lenne gazdaságos a motor fordulatszámának szabályozása.

Az alkalmazásokból adódó megtakarítási lehetőségek mellett számottevőek a frekvenciaváltók által eredményezett további rejtett költségek is. Így gyakran már nagyon rövid időn belül megtérül a magasabb bekerülési költségű, de hatékonyabb készülék felára.

A nem gazdaságos, vagy akár a ráfizetéses intézkedések elkerülése miatt fontos, hogy a befektetés előtt egyaránt mérlegeljük a műszaki, kereskedelmi és logisztikai szempontokat. Azért, hogy a költségek és a hatékonyság között egyensúly legyen, a frekvenciaváltó beszerzésekor nem a legolcsóbb terméket kell választani, hanem a készülék egész élettartamát tekintve gazdaságilag a legésszerűbb és legköltséghatékonyabb ajánlatot.



# 50%

## energiamegtakarítás

Shivattyús és ventilátoros alkalmazások esetén 20%-os fordulatszámcsökkentés 50%-os energiamegtakarítást eredményez



# Spórolás, de nem mindenáron

## Összpontosítsunk a gazdaságos és ésszerű intézkedésekre



### Összpontosítsunk a gazdaságos és ésszerű intézkedésekre

A villamos motorok fordulatszámának szabályozásával energia takarítható meg. Ezen intézkedések hatékonysága érdekében a felhasználóknak és a gépgyártóknak figyelembe kell venniük néhány fontos pontot.

#### A megtakarítási lehetőségek felmérése

Függetlenül attól, hogy új, vagy már meglévő berendezésekről, ill. gépekről van szó, az üzemeltetőknek először is fel kell mérniük a rendszer „meglévő állapotát”. Ide tartozik az energiafogyasztás felmérése, annak tisztázása, hogy mely alkalmazások esetén lehetséges a fordulatszám szabályozása, valamint annak az elemzése, hogy hol lehetséges az ésszerű energiamegtakarítás. Így jobban rátekinthet a lehetséges megoldá-

sokra, és később ellenőrizheti, hogy a foganatosított intézkedések valóban hatékonyaknak bizonyulnak-e. Tehát: meg lehet valósítani a kívánt megtakarítást.

#### A rendszer kialakításának elemzése

Az aktuális állapot pontos felmérésehöz a következőket kell figyelembe venni:

##### Hatásfok

Az energiatakarékosabb legegyszerűbb módja, ha nagyobb hatásfokú komponenseket használunk.

#### A folyamatok szabályozása

A folyamatok hatékonyan optimalizálhatók a kívánt fizikai mennyiségre (nyomásra, tömegáramra, hőmérsékletre stb.) történő szabályozással. Ha eddig csak kétpontos szabályozást alkalmaztunk, vessük össze ennek az

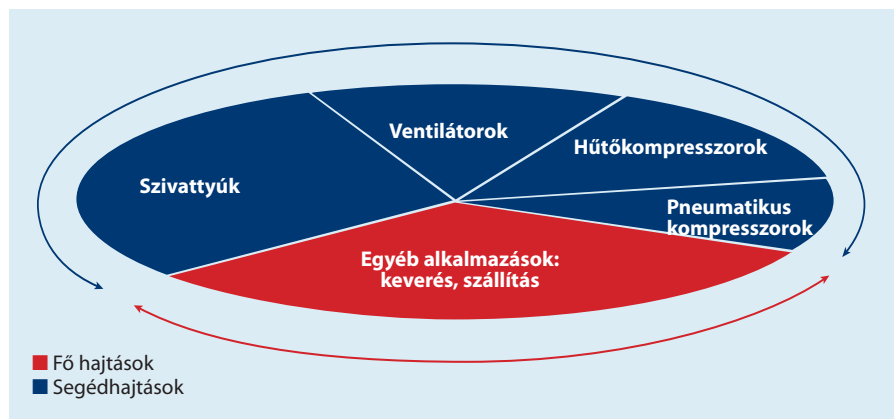
energetikai hatékonyságát az ajánlott folyamatos fordulatszám szabályozás által elérhető hatékonysággal.

#### A rendszer kialakítás

Sok rendszert nem feltétlenül a kedvező, vagy akár az optimális energiafelhasználás szempontjai alapján terveznek. Így például a különböző csővezetékek különböző lehetőségeket nyújtanak. Úgy kell kialakítani a csöveket, kiválasztani az elosztókat és a szelepeket, hogy minél kisebb legyen a rendszer ellenállása.

#### Sűrített levegő

A sűrített levegő az erőátvitel egyszerű, de drága módja. Sok esetben energetikailag ésszerűbb, ha helyette egy motoros működtető szervert használunk. Általában ajánlott, hogy az üzemeltető a légnomást lehetőleg alacsonyan tartsa. Ha a nyomást csak 1 barral csökkentjük, kb. 7-8% energiát takaríthatunk meg. A szivárgások is sokba kerülnek: csupán 1 mm átmérőjű lyuk a rendszer nyomása függvényében évi 1500 - 5000 kWh többletfogyasztást jelent!



*Az energia legnagyobb részét a segédhajtások igénylik. Forrás: Franhofer ISI, Karlsruhe (EU-15)*

### Az energiafelhasználás felmérése

Az energiafelhasználás megállapításához szükséges mérés időtartama az alkalmazástól függ. Meghatározott technológiai folyamatok esetén általában néhány teljes ciklus után már megbízható adatokkal rendelkezünk a felhasznált energiáról. Hosszadalmasabb azon alkalmazások fogyasztási profiljának kiértékelése, amelyek különböző környezeti viszonyoktól függenek. Így például egy szennyvízszivattyú szükséges szállított mennyisége közvetlenül összefügg az aktuális csapadékmennyiséggel.

### A négyzetes nyomatékkarakteristikájú alkalmazások ellenőrzése

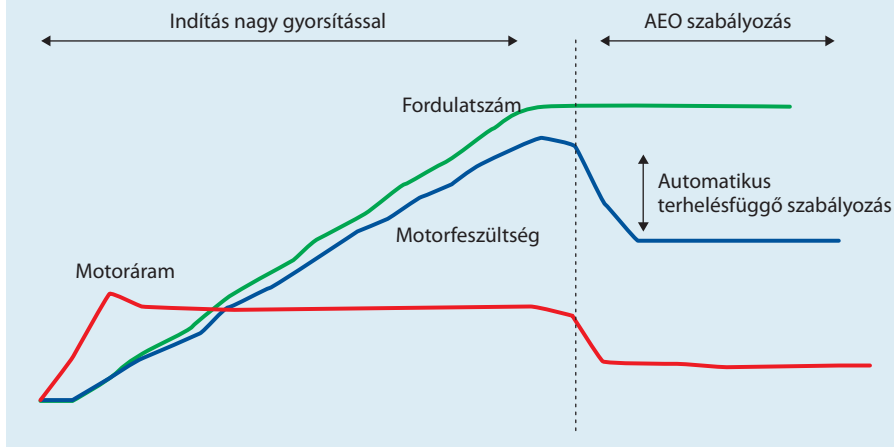
A négyzetes nyomatékkarakteristikával rendelkező alkalmazásoknál, pl. szivattyúk és ventilátorok esetében a felhasználónak kell meghatározni azokat a berendezéseket, amelyeknél a technológia lehetővé teszi a motor fordulatszámának szabályozását. Ezen kívül meg kell vizsgálni a ventilátor, szivattyú, vagy kompresszor legjobb hatásfokú tartományát, és ezt figyelembe kell venni a szabályozáskor. Végül ellenőrizni kell a rendszer egészére való hatást.

### A hajtási rendszer elemzése

A felhasználó a maximális megtakarítást csak úgy érheti el, ha a teljes hajtási rendszert veszi figyelembe. Ezért ellenőriznie kell, hogy milyen hatásfokú motorokat alkalmaznak, hogy milyen hajtóműveket használnak, és hogy optimalizálták-e a kábelek hosszát. Tisztázni kell továbbá, hogy meghozták-e a szükséges elektromágneses kompatibilitással kapcsolatos intézkedéseket, és hogy az alkalmazott megoldás nem terheli-e túl a hálózatot. Fontos a veszteségek figyelembevétele is, így a kapcsolószekrény vagy a villamos kezelőhelyiség szükséges klimatizálása további energiát jelent.

*A tudás számít. Csak szakismerettel rendelkező, és a berendezést pontosan ismerő személyek tudják felmérni az egyes energiatakarékosági intézkedések megvalósításához szükséges ráfordításokat, és csökkenthetik hatékonyan a rendszerben levő fölösleges tartalékokat.*

### Automatikus energiaoptimalizálás



*Az adaptált szabályozási stratégiák lehetővé teszik az energiaoptimalizált üzemeltetést. A Danfoss frekvenciaváltók a jól bevált AEO módszert alkalmazzák.*

### Szakemberek segítenek spórolni

A felhasználó az elemzés során a már meglévő frekvenciaváltókat se hagyja figyelmen kívül. A beépítés óta megváltozhattak a berendezés keretfeltételei, amelyek eredetileg indokolták a frekvenciaváltók alkalmazását. Azon kívül az ismételt elemzéskor kiderül, hogy gazdaságosan működik-e a befektetés.

Az okos megtakarítás céljából a felhasználónak minden esetben mérlegelnie kell az adott műszaki megoldás

előnyeit és hátrányait.

Figyelembe kell venni azt is, hogy az árral együtt általában nő a műszaki megoldás minősége. Mivel manapság szinte lehetetlen, hogy a felhasználó minden műszaki készüléket részletesen ismerjen, ezért szükség esetén indokolt egy szakembert felkérni arra, hogy minden műszaki előnyre és hátrányra rámutasson, azokat részletesen elmagyarázza.



# Motorok – spórolási lehetőség és jövőbeli fejlődés



**Európában már 1998-tól elérhetőek a hatékony energiafelhasználású aszinkron motorok. Ezeket különböző hatékonysági osztályokba sorolták be, eff1-től eff3-ig. Ezt az önkéntes megegyezést felváltja a világszintű IEC 60034-30 norma.**

## Hajtóműves motorok

Ma alapvetőnek számít az energiahatékony villamos motorok használata a hajtóművek hajtásánál. Gyártótól függően a felhasználó kiválaszthatja a hajtómotorja számára a kívánt hatékonysági osztályt. A motor hatékonysági osztálya viszont csak a motorra vonatkozik, és nem a motor és a hajtómű kombinációjára.

Jelentős lehetőség kínálkozik a hajtómű típusának megválasztásakor. A homlokkerekes és a kúpkeres hajtóművek hatásfoka jelentősen magasabb a csigakerekesénél. Ha az üzemeltető viszont a csigakerekes hajtóművek helyett az ugyancsak kompakt felépítésű kúpkeres hajtóműveket használja, akkor az első fázisban magasabb beruházási költségei keletkeznek.

A jobb hatásfoknak és a kisebb kopásnak köszönhetően ezek a költségek azonban a legtöbb esetben viszonylag rövid időn belül megtérülnek. A hajtóműves motorok ideálisak frekvenciaváltóról történő üzemeltetéshez. Egyrészt a frekvenciaváltóval lehetőség van a motoros működtetés

optimalizálására, másrészt pedig nincs szükség a mechanikai áttételt változtató külön állítóművekre (pl.: variátor).

## PM motorok

Az állandó gerjesztésű szinkron motorok nagyon jó hatásfokkal rendelkeznek. Ezen felül a hasonló hatásfokú aszinkron motorokhoz (pl. IE3) képest ezek a PM motorok sokkal kompaktabb felépítésűek.

IEC 60034-30	eff osztály
<b>IE 1</b> (standard efficiency)	Hasonlóan eff2
<b>IE 2</b> (high efficiency)	Hasonlóan eff1
<b>IE 3</b> (premium efficiency)	Kb. 10-15% -al jobb mint az IE2
<b>IE4</b> (super premium)	-

*Az EU az 2005/32/EK Ecodesign irányelv megvalósításához meghatározta a háromfázisú aszinkron motoroknál a minimális energiahatékonysági fokok (MPES) bevezetését. Az irányelv 2009 közepén lépett hatályba.*

	Teljesítmény	MPES	MPES alternatíva
2011.06.16.-től	0,75 – 375 kW	IE 2	-
2015.01.01.-től	0,75 – 7.5 kW	IE 2	-
	7,5 – 375 kW	IE 3	IE 2 + frekvenciaváltó
2017.01.01.-től	0,75 – 375 kW	IE 3	IE 2 + frekvenciaváltó

# Fordulatszám szabályozás: nagy lehetőség – gyors megvalósíthatóság

Az állandó mágnesek csökkenő árai vonzóvá teszik a PM motorokat a kevésbé dinamikus követelményű alkalmazások számára is. Sok tényezőtől függ, hogy gazdaságos-e a háromfázisú aszinkron motorok lecserélése PM motorokra. Az elemzéskor az üzemeltetőnek a beszerzési, átépítési és energiafelhasználási költségeken túl természetesen figyelembe kell vennie a karbantartási és cseremotor tényezőket is.

**Az alkalmazások fordulatszámának szabályozása a villanyszámlán is leolvasható energetikai előnyöket eredményez. A fordulatszám szabályozásának előnyeihez tartozik:**

## Energiamegtakarítás

Az elérhető energiamegtakarítás jelentős mértékben az alkalmazás nyomatékkarakterisztikájától függ. Az állandó nyomatékigényű alkalmazások esetén a megtakarítás a motor fordulatszámának csökkentésével egyenesen arányos, négyzetes nyomatékigényű alkalmazások esetén pedig a fordulatszám csökkentésének arányában a harmadik hatványon növekszik.

## A $\cos \varphi$ adaptálása

Sok frekvenciaváltó közel 1-re korrigálja a  $\cos \varphi$ -t, így csökken az induktív energiafelhasználás. Ezáltal csökken a veszteség a vezetékben.

## Optimális működés a részleges terhelési tartományokban

A motorok hatásfokát általában csak a névleges teljesítményükön adják meg. Ha a motor közvetlenül a hálózatról, de részleges terhelésen működik, az állandó mechanikai és elektromágneses veszteségek miatt a hatásfoka jelentősen romlik.

A frekvenciaváltó – a szabályozási eljárás minőségétől függően – mindig biztosítja a motor optimális mágnesezését. Ezért nem csökken annyira a hatásfok a részleges terhelési tartományban. Jelentős javulás észlelhető általában 11 kW-nál nagyobb motorok esetében.

## Automatikus energiaoptimalás

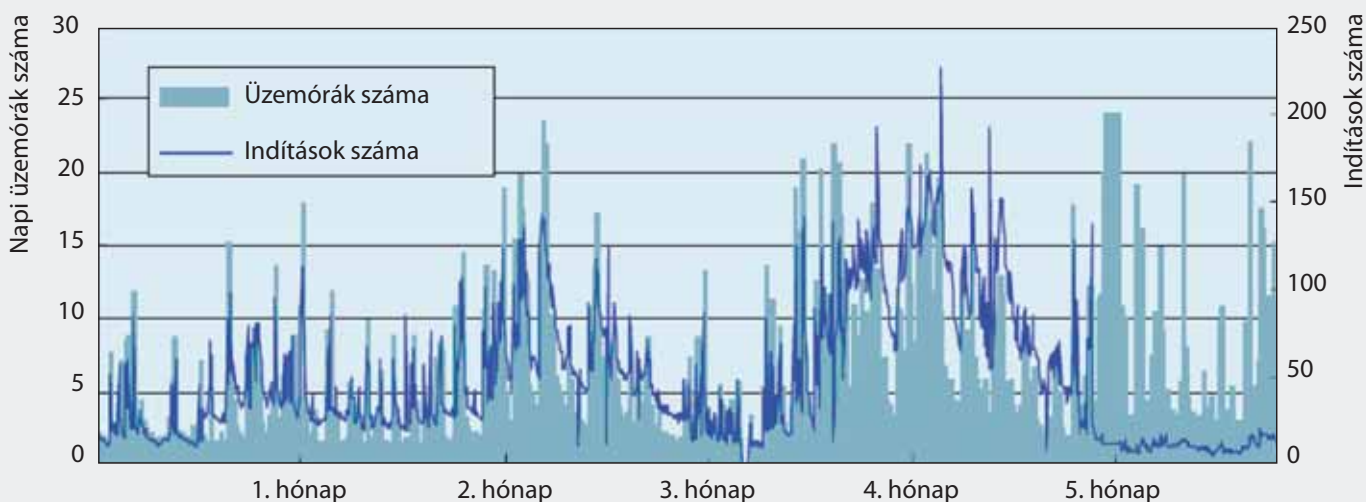
Olyan alkalmazásoknál, ahol nincs hirtelen terhelésváltozás, lehetőség van az automatikus energiaoptimalás (AEO) használatára.

Ekkor a frekvenciaváltó a szükséges minimumra csökkenti a motor mágnesezését, ezzel is jelentős energiamegtakarítás érhető el. Ez a megoldás viszonylag lassú terhelésváltozások esetén alkalmazható, mint például szivattyúknál és ventilátoroknál.

## Az indítások számának csökkentése

A fordulatszám szabályozása sok alkalmazás esetén csökkentheti a szükséges indítások számát. A villamos motor minden szabályozatlan indítása esetén plusz energia szükséges a motor indításához és az alkalmazás újbóli gyorsításához. Szivattyúk esetén az indításhoz szükséges energiafelhasználás általában az össz. energiafelhasználás 5-10%-át teszi ki, de sok olyan példa is létezik, hogy akár az energia 40%-a is szükséges az indításhoz. Ezen felül csökkennek az indításkor keletkezett lökések okozta áramcsúcsok és mechanikus terhelések.

A fordulatszám szabályozása mellett a frekvenciaváltó modern vezérlőszoftverének funkciói is biztosítják, hogy a fordulatszám szabályozásával csökken a berendezés és részeinek mechanikai igénybevétele.



Gyakorlati példa: A szabályozott fordulatszámú hajtások bevezetésével az 5. hónapban jelentősen csökkent az indítások száma, és ezáltal a rendszer mechanikai terhelése

# Állandó nyomatékigényű alkalmazások



*A szállítórendszerek fordulatszámának szabályozásához ma gyakran használnak frekvenciaváltókat. Ezek a szállítandó tehertől és a szükséges fordulatszámtól függően optimalizálják az energiafogyasztást.*

**Az állandó nyomatékigényű alkalmazások alatt azokat az alkalmazásokat értjük, ahol a terhelés a fordulatszám változtatásával nem változik jelentősen. Ilyenek például a szállítoszalagok, az emelőművek vagy a keverőberendezések.**

Ha például a motorblokk futószalagon van, mindig egyformán nehéz, függetlenül attól, hogy a futószalag lassan, vagy gyorsan működik. Így a szalag egyenletes mozgatásához szükséges nyomaték állandó.

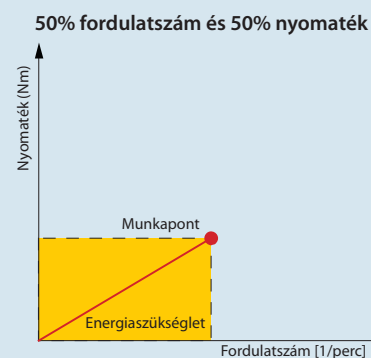
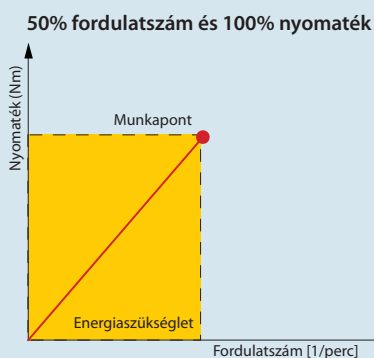
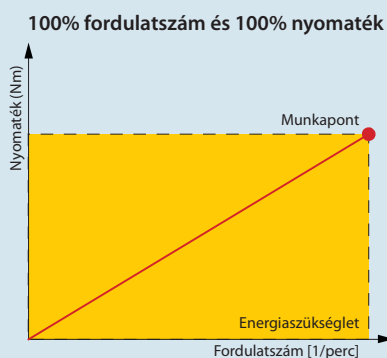
Egy ilyen rendszernél a motor által felvett teljesítmény egyenesen arányos a szükséges nyomatékkal és a motortengely fordulatszámával.

Ha állandó terhelésnél csökkenthető a fordulatszám, ez közvetlenül energia-

megtakarítást eredményez. A futószalagok esetén a szállítandó anyag mennyisége nem mindig állandó. Ha a szalag sebessége alkalmazkodik a szállítandó anyag mennyiségéhez, akkor ez nem csak folyamatos szállítást biztosít, hanem a szükséges energiából is megtakarít.

Ha nem lehetséges, vagy nem kívánt a motor fordulatszámának szabályozása, frekvenciaváltó használata esetén a legtöbb esetben mégis tapasztalható energiamegtakarítás. Ez azért van, mert a legtöbb frekvenciaváltó a terhelés függvényében szabályozza a motor feszültségét. Így 400 V-os motornál üresjáratban 50 Hz frekvencia esetén a frekvenciaváltó gyakran csak 380 V-ot, vagy akár kevesebbet ad a motorra, növekvő terhelés esetén pedig növeli a feszültséget.

Az effajta szabályozás minőségét a frekvenciaváltó minősége határozza meg. Ennek a funkcionalitásnak köszönhető energiamegtakarítás viszont önmagában még nem indokolja a frekvenciaváltóba történő befektetést.



A nyomaték és a fordulatszám optimalizálása sok állandó nyomatékigényű alkalmazás esetén hatékonyabb energiafelhasználást eredményez.

# Változó nyomatékigényű alkalmazások



## Változó nyomatékigényű alkalmazások esetén gyakran szivattyúkról és ventilátorokról van szó.

**A szivattyúknál viszont különbséget kell tenni: az elterjedt centrifugálszivattyúk négyzetes nyomatékigényűek, vannak azonban állandó nyomatékigényű szivattyúk is (pl.: vákuum- vagy térfogat kiszorításos szivattyúk).**

Szivattyúkat és ventilátorokat nagyszámú alkalmazásnál használnak. Az egész EU iparában felhasznált energiának 70%-át villamos motorok használják fel. Ennek mintegy 37%-kát teszik ki a szivattyúk és ventilátorok által felhasznált energia. Sőt, a kereskedelemben, kisiparban és szolgáltatásban ez EU-szinten kb. 40 %-ra is rúg.

A négyzetes nyomatékigényű alkalmazások esetén a fordulatszám szabályozása az energiatakarékos-

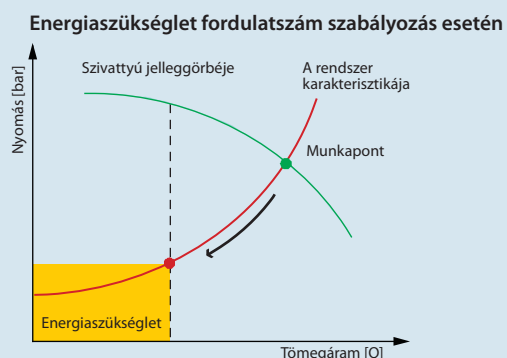
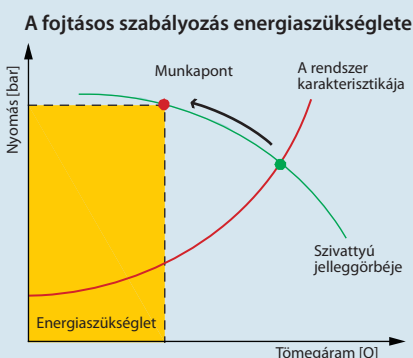
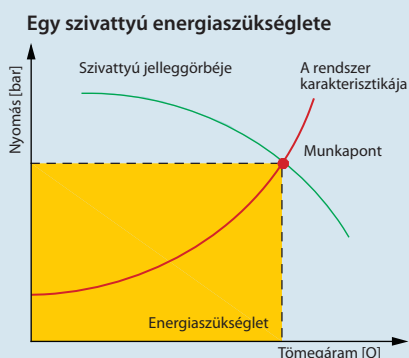
ság egyszerű, de nagyon hatékony módja. A fordulatszám csökkentésével az energiaszükséglet a harmadik hatvánnyal arányosan csökken. Ennek a nagy megtakarítási lehetőségnek köszönhetően minden négyzetes nyomaték-karakterisztikájú alkalmazás az energiatakarékosság megvalósításának ideális jelöltje.

**A szivattyúk és ventilátorok fordulatszámának szabályozása esetén adódó meglepetéseket elkerülendő még a tervezéskor figyelembe kell venni, hogy a fordulatszám változásával a munkapont, és a hatásfok is változik.**

A ventilátorok, szivattyúk és kompresszorok frekvenciaváltóval történő hajtása olyan fordulatszám-tartományt eredményez, amelyben a rendszer energiát takarít meg. A rendszernek leginkább ebben a tartományban kellene működni. Ha túl nagy a kü-

lönbség a maximálisan szükséges teljesítmény és az átlagosan előforduló részleges terhelésű üzemmód között, indokolt a berendezés kaszkádolása. A meglévő berendezés átépítésének befektetési költségei így gyakran nagyon rövid időn belül megtérülnek.

A szivattyúk kaszkádolásánál egy szabályozott fordulatszámú szivattyú lefedi az alapterhelést. Ha nő a szivattyúigény, a frekvenciaváltó további szivattyúkat kapcsol be. A szivattyúk így mindig az optimális hatékonysági tartományukon dolgoznak. A szivattyú fordulatszámának szabályozása biztosítja, hogy a rendszer folyamatosan a legkedvezőbb energiafogyasztással tudjon működni. A megfelelő kaszkádvézellők gyártótól függően vagy már bele vannak integrálva a készülékbe, vagy külső egységként kaphatóak.



A fordulatszám csökkenésével a harmadik hatvánnyal csökken az energiaszükséglet. A ventilátorok és centrifugálszivattyúk szabályozására használt frekvenciaváltók így sok alkalmazás esetén 2 évnél sokkal rövidebb időn belül megtérülnek.

# A ventilátorok, szivattyúk és kompresszorok jellegzetességei



A legtöbb szivattyúnál és ventilátornál gyakran használnak csavaros szelepeket, fojtószelepeket, vagy háromutas szelepeket a nyomás vagy a térfogatáram csökkentésére. Ha a centrifugálszivattyút fojtószeleppel szabályozzák, a fojtás által a gép munkapontja a szivattyú jelleggörbéje mentén tolódik el. A szivattyú névleges munkapontjához képest minimálisan csökken a szükséges energia.

A fordulatszám szabályozott szivattyúnál a munkapont a rendszer jelleggörbéje mentén tolódik el. A fojtásos szabályozáshoz képest a szükséges energia a harmadik hatvánnyal csökken! Így a szivattyúnak a teljesítményfelvétele pl. 40Hz esetén alig több, mint a névleges fele.

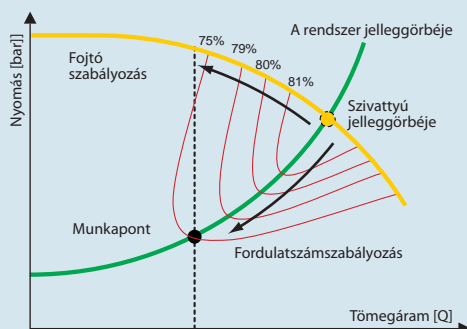
Ez hasonló módon érvényes a ventilátorokra és minden négyzetes nyomtérkarakterisztikájú szivattyúra.

Az alábbi jelleggörbe-diagram a szivattyú mellett a rendszer karakterisztikáját is mutatja. Jól látható, hogy a fojtásos szabályozás is és a fordulatszám szabályozása is kímoldítja a munkapontot a legnagyobb hatásfokú állapotból.

Az ábrázolt (egyetlen kiválasztott szivattyúra érvényes) energiafelhasználási görbe megmutatja a hatásfok módosulásának kihatását a fordulatszám szabályozása esetén. 33 Hz-nél a szivattyú veszteségei elkezdik túllépni a megtakarítás mértékét. A vizsgált berendezésnél az energiaoptimális frekvencia 38 Hz.

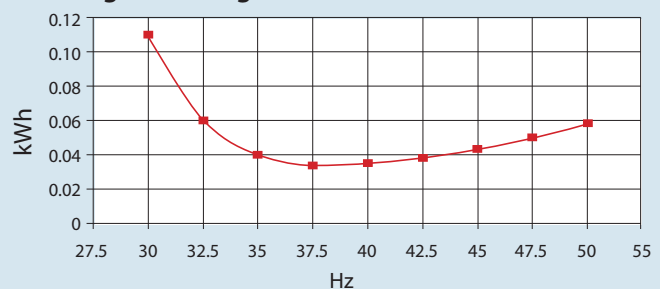
Ha a szivattyú nem fordulatszám szabályozott lenne, akkor az energiamérleg lényegesen rosszabb volna.

A gyakorlati tapasztalatok bizonyítják, hogy a ventilátorok, szivattyúk és kompresszorok gyakran nem az optimális munkapontjukon működnek. Például a klímaberendezéseknek nyáron magasabb hűtési teljesítményt kell biztosítaniuk, mint télen. Mivel azonban a rendszert a szükséges maximális teljesítményre kell méretezni, szükségszerűen adódik a részleges teljesítményű üzemmód magas aránya. Ezt már a tervezéskor figyelembe veszik, és úgy alakítják ki a berendezéseket, hogy a szállított mennyiség 70%-ánál érjék el az optimális hatásfokukat.



A jelleggörbés diagram a szivattyúk és a berendezés jelleggörbéje mellett néhány hatékonysági fok határát is kimutatja. A fojtó szabályozás is, a fordulatszám szabályozása is elmozdítja a munkapontot az optimális hatékonysági fokról.

## Jellegzetes energiafelhasználás frekvenciaváltóval



A görbe a kiválasztott szabályozott fordulatszámú szivattyú energiafelhasználását ábrázolja. Kb. 33 Hz-nél a szivattyú veszteségei elkezdik túllépni a megtakarítás mértékét. A vizsgált berendezésnél az energiaoptimális frekvencia 38 Hz. Ha a szivattyú nem fordulatszám szabályozott lenne, akkor az energiamérleg lényegesen rosszabb volna.

# Valóban egyformák az azonos hatásfokok?

Pontos rálátással pénzt takaríthatunk meg



**A hatásfokok összehasonlításánál első látásra nem tapasztalható nagy különbség a különböző készülékek között. De valóban így van? Azonos teljesítményű és azonos hatásfokú frekvenciaváltóknak gyakran különbözőek a veszteségei!**

A frekvenciaváltók hatásfoka a leadott és a felvett teljesítmény arányából adódik. Ezeket általában egész számmra kerekítve, tehát tizedesek nélkül, százalékban adják meg. Legrosszabb esetben tehát azonos hatásfokú készülékek akár 1%-kal is eltérhetnek egymástól.

A különböző frekvenciaváltók hatásfokának összehasonlításához tudni kell, hogy a gyártó milyen körülmények

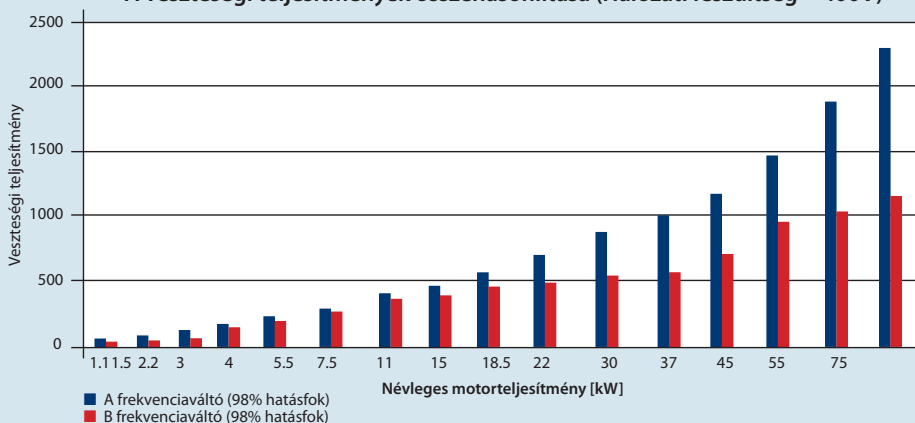
között végezte a mérést. A frekvenciaváltóknál általában normál túlterhelhetőséget (110%) és nagy túlterhelhetőséget (160%) különböztetünk meg. Ezen kívül a hatásfok megállapításánál figyelembe kell venni a készülékek névleges áramát, a részterheléses üzemmódot, és a mérési toleranciát is.

Lényegesen könnyebben megfoghatók a frekvenciaváltók veszteségi teljesítmény adatai. Természetesen itt is figyelembe kell venni az üzemmódot és a készülék névleges áramát. Mivel az üzemeltető és a berendezés gyártója ennek alapján határozza meg egy kapcsolószekrény klimatizálási szükségleteit, ez az adat viszonylagosan megbízhatóbbnak tekinthető.

Az alábbi diagram két különböző gyártmányú frekvenciaváltó veszteségi teljesítményeinek összehasonlítását mutatja be. A hatásfok adatok a legtöbb teljesítmény esetén azonosak. Mit jelent ez a készülék teljes élettartamát tekintve? Ha 60.000 órás élettartamból és 90 % motoros üzemmódból indulunk ki, a diagram alapján a 75 kW teljesítményű frekvenciaváltók esetén az összes veszteségi teljesítmény 124.740 kWh, illetve 66.528 kWh.

Habár a két készülék feltüntetett hatásfoka azonos, az egyik kb. 58.000 kWh-val többet fogyaszt! Ez a különbség részleges terhelés esetén csökken, a tendencia viszont egyértelmű.

A veszteségi teljesítmények összehasonlítása (Hálózati feszültség = 400V)



*A különböző keretadatok miatt, mint pl. a névleges áram és a túlterhelhetőség, nagyon nehéz a különböző frekvenciaváltók összehasonlítása. Sokkal jobb összehasonlítási alap a veszteségi teljesítmény.*

# A szűrők figyelembe vétele a hatásfok és a hajtási tulajdonságok megállapításánál

**A működési elvükből fakadóan a frekvenciaváltók elektromágneses zavarokat generálnak. A zavarok korlátozása céljából szükség van EMC szűrőre. A szűrő vagy eleve a készülékbe van integrálva, vagy külsőleg lehet hozzá csatlakoztatni. Lehetséges a külső és belső szűrők kombinációja is.**

A frekvenciaváltó kimeneti oldalán szinuszhullám-, ill. du/dt szűrőket is lehet alkalmazni. A frekvenciaváltók a hálózati feszültség és a szükséges frekvencia biztosításához magas kapcsolási frekvenciával működnek.

Ennek az a következménye, hogy a kimenő feszültség már nem szinuszos. A motorkábel és a motortekercselés szigetelésétől függően ez a feszültség károsíthatja a tekercselés szigetelését. Ez főleg a régebbi motoroknál okoz problémát. A motoroldali szűrők korlátozzák a feszültségnövekedés meredekségét és a csúcspontok maximális értékeit, így megvédik a tekercselések szigetelését az átütéstől.

A külső szűrővel rendelkező frekvenciaváltóknak nagy előnyük a kedvezőbb árúak. Ezek a készülékek olcsóbbak, és gyakran kompaktabbak, mint az integrált szűrővel rendelkező készülékek. Hátrányuk viszont, hogy a külön felszerelendő szűrőhöz további hely szükséges. Ezen túlme-

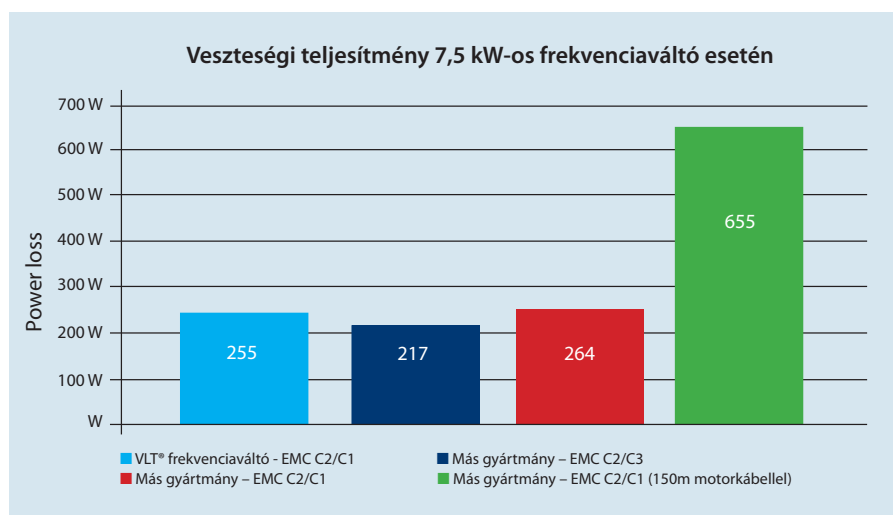


nően minden külső készülék további veszteséget termel. Ez ugyanúgy érvényes az EMC szűrőkre, mint a szinuszhullám- vagy du/dt szűrőkre. Ezeket a kiegészítő veszteségeket figyelembe kell venni a kapcsolószekrény klimatizálásánál. Az integrált szűrőjű frekvenciaváltók veszteségeit általában a megadott veszteségi teljesítmény már tartalmazza.

Két frekvenciaváltó összehasonlításánál figyelembe kell venni, hogy mindkettő tartalmaz-e szűrőt és – EMC

szűrők esetén – ugyanazon normákat teljesítik-e. Ha nem, akkor az összehasonlítás nem fogja megállni a helyét.

A nem létező, vagy gyengébb EMC szűrőkkel elért megtakarítás, és az esetlegesen szükséges szűrők mellőzése jelentős költségeket okozhat az utólagosan történő megvásárlással, felszereléssel, a kiegészítő veszteségekkel és a klimatizálással.



*Külső szűrők járulékos veszteségeket okoznak. Ezért a frekvenciaváltók kiválasztásakor figyelni kell arra, hogy minden szükséges szűrőt tartalmazzanak.*

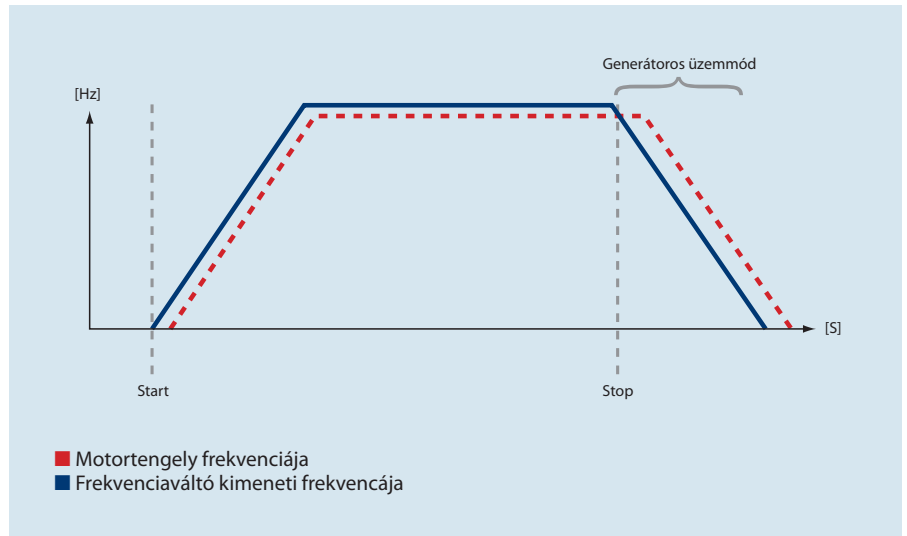
# Visszatáplálás és Active Front End – csak ritkán ésszerű

**Nagyon vonzó a gondolat, hogy felhasználjuk a villamos gépen levő frekvenciaváltó működése során keletkezett energiát. Ez az energia akkor keletkezik, amikor a háromfázisú aszinkron motor tengelye gyorsabban forog, mint az azt tápláló hálózat.**

A legtöbb esetben ezt az energiát fékellenálláson keresztül hővé disszipálja. Nem volna ésszerűbb, ezt az energiát visszatáplálni a hálózatba, vagy más gépek hajtására felhasználni?

A gyakorlatban két műszaki megoldás terjedt el:

**A közbenső kör összekapcsolása**  
Több frekvenciaváltó esetén megvan annak a lehetősége, hogy az egyenfeszültségű köröket egymással össze lehessen kötni. Így az egyik frekvenciaváltó motorja által keletkezett generátoros energia közvetlenül más készülékek rendelkezésére áll. Viszont figyelni kell egyes keretfeltételekre. Biztosítani kell például, hogy az egyik készülék rövidzárlata ne károsítsa a többi készüléket. Természetesen azt is figyelembe kell venni, hogy mi

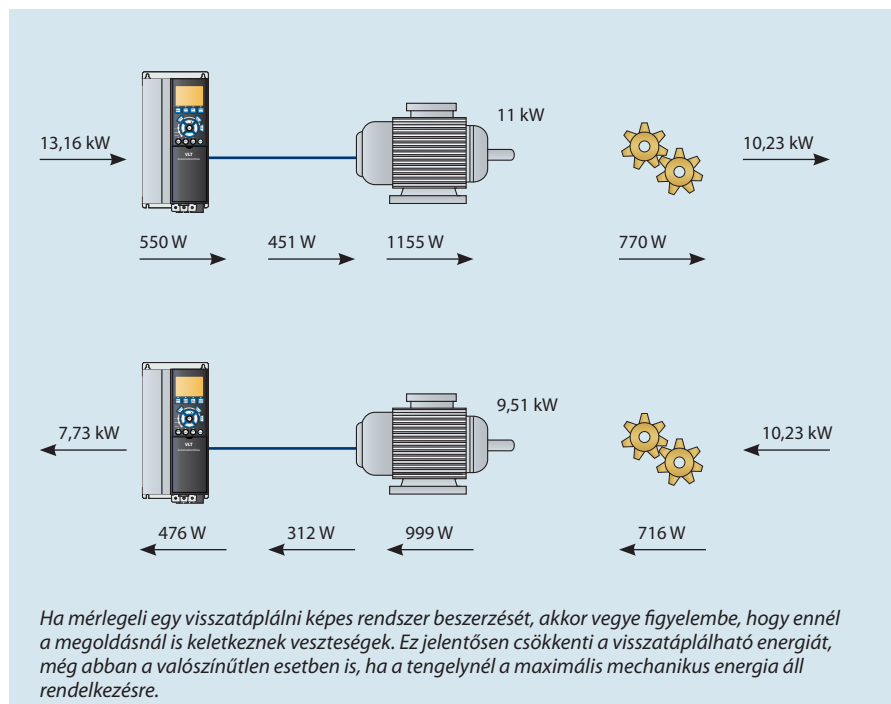


történik akkor, ha minden csatlakoztatott készülék egyidőben táplál vissza a közbenső körbe.

**Visszatáplálás**  
A frekvenciaváltó visszatáplálásra képes bemeneti egysége egy vezérelt áramirányító segítségével képes a generátoros energiát visszatáplálni a villamos hálózatba. A legtöbb alkalmazás esetén a motoros üzemmód dominál. A visszatáplálás által nyert

energia a legtöbbször kisebb, mint a motoros üzemmódban a vezérelt áramirányítóban keletkezett kiegészítő veszteségek. Ezért a visszatáplálásra képes frekvenciaváltók alkalmazása csak nagyobb teljesítményeknél és a terhelési ciklus és sok más egyéb feltétel figyelembevételével indokolt, például gyakori fékezés esetén.

Alaposan meg kell gondolni a közbenső körök összekapcsolásába, vagy a visszatáplálásra képes rendszerekbe történő beruházást.



# Rendszeroptimalizálás:

## A teljes rendszer, és a kiaknázható lehetőségek elemzése

# 60%

megtakarítást

lehet elérni a teljes rendszer optimalizálásával

A hajtási rendszerben kb. a megvalósítható energiatakarékosági potenciál 10%-a érhető el jobb hatásfokú motorok alkalmazásával. A szabályozott fordulatszámú üzemmód kb. 30% megtakarítási lehetőséget eredményez. A legnagyobb, kb. 60%-os energiamegtakarítási lehetőség viszont az egész rendszer optimalizálásában rejlik.

Ezért minden intézkedésnél mindig az egész rendszerre gyakorolt hatást kell figyelembe venni. Mindig elemezni kell, hogy az egyes intézkedések

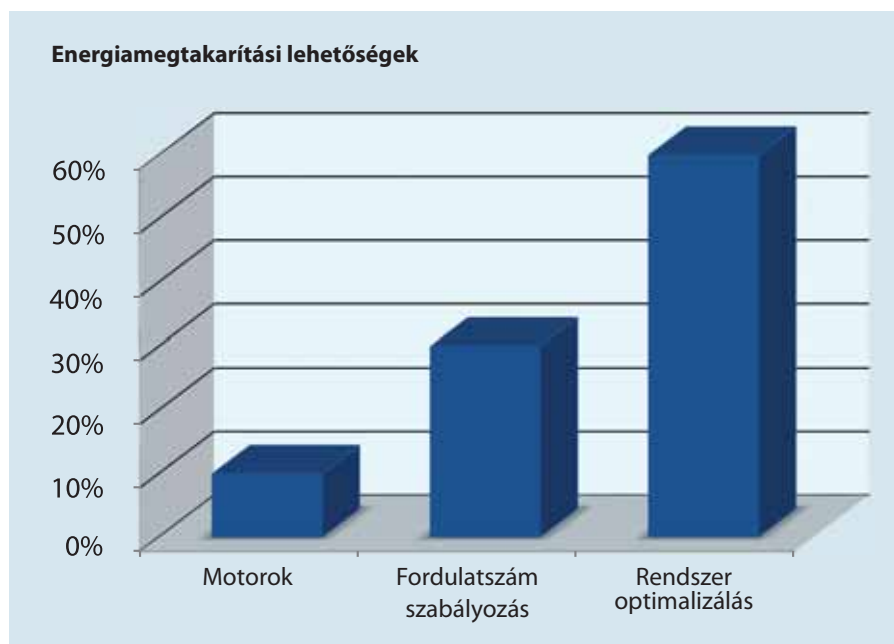
milyen mértékben kombinálhatóak egymással. Ide éppúgy tartozik a csővezetékek optimális elvezetése, mint a modern frekvenciaváltók szoftverfunkcióinak alkalmazása.

A gazdasági ágazat függvényében jelentősen különbözik a felhasznált energiahordozók megtakarítási lehetősége. Például az iparban sokkal nagyobb a hőszükséglet, mint a kereskedelemben. Az esetek legnagyobb részében a legnagyobb fogyasztású területeken a legnagyobb a megtakarítási lehetőség is. Így pl. az energia 43

%-át az ipar használja fel, a kereskedelem, kisipar és a szolgáltatási szektor viszont „csak” 23 %-át.

A különböző területekben rejlő megtakarítási lehetőségek meghatározásához elengedhetetlen a berendezés pontos ismerete és a szaktudás. Csak ezen tudás birtokában lehet megítélni, hogy gazdaságilag indokolt-e intézkedéseket hozni, és ha igen, mi módon.

Függetlenül attól, hogy új, vagy meglévő berendezésekről van-e szó, az üzemeltetőnek az energiatakarékosági intézkedések foganatosítása előtt a rendszer „meglévő állapotát” kell meghatározni. Így jobban rátekinthet a lehetséges megoldásokra, és később könnyen ellenőrizheti, hogy a foganatosított intézkedések valóban hatékonyak-e, valóban beváltották-e a hozzájuk fűzött reményeket.



*Ha a rendszer nem optimalizálható, akkor a frekvenciaváltók segítségével elérhető fordulatszám szabályozás is hatékony és gyors lehetőséget kínál energiamegtakarítás elérésére, még utólagos felszerelés esetén is.*

# Egész élettartamra szóló költségcsökkentés

A frekvenciaváltók nem csak az energia tekintetében takarítanak meg pénzt



A frekvenciaváltók ma már hozzátartoznak a technika jelenlegi szintjéhez és egyre inkább terjednek. Mégis a gazdaságtalan és a nem hatékony intézkedések elkerülése miatt fontos, hogy a befektetés előtt egyaránt mérlegeljük a műszaki, a kereskedelmi és a logisztikai szempontokat. A legújabb kutatások szerint a beszerzési költségek az egész életciklushoz viszonyítva a kiadásoknak csak mintegy 10 százalékát teszik ki. A költségek 90 százalékát a beszerzés utáni költségek teszik ki, pl. a felhasznált energia, a karbantartás, a szerviz költségei, stb. Ezekhez járulnak még hozzá a klimatizálás, a hálózati fojtók és szűrők nem csekély beszerzési költségei.

Az LCC (Life Cycle Costs = költségek az életciklus folyamán) illetve a TCO (Total Cost of Ownership = a birtoklás költségei) az összes kiadás áttekintésére szolgáló mutatók. Ezek nem csupán a beszerzési költségeket veszik figyelembe, hanem a további energia-, javítási és karbantartási költségeket is. Így egy drágább készülék beszerzése a teljes élettartamra kalkulált költségek szempontjából sokkal előnyösebb lehet, mint egy kedvezőbb árúé.

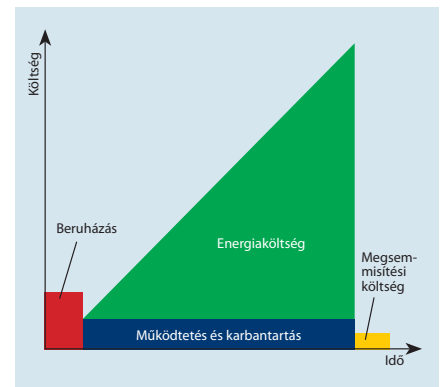
A mérlegelésnél figyelembe kell venni egy készülék megbízhatóságát is. Ha a készülék elromlik, akkor a javítási

költség mellett a termelés kiesés is költségeket okoz. Ennek megelőzésére szükséges tartalék készülékek raktározása. Ennek mérete nagymértékben függ attól, hogy a termék gyártója szükség esetén milyen gyorsan képes új készüléket szállítani.

## Előrelátó karbantartás az alacsonyabb kiadások és a jobb rendelkezésre állás érdekében

Ezen felül a modern frekvenciaváltók számos olyan funkcióval rendelkeznek, amelyek főlegessé teszik a külső komponenseket és azok költséges kábelezését. A működési elvből adódó lágy motorindítás kíméli a motort és a rendszert, ezzel fokozza a teljes rendszer élettartamát és csökkenti a karbantartási, illetve szervizköltségeket.

A motor és a berendezés védelmére kialakított funkciók mindig jelzik a hajtások és a rendszer aktuális állapotát. Védik a komponenseket, a kopások csökkentésével meghosszabbítják a karbantartási intervallumokat, és így meghosszabbítják a berendezés rendelkezésre állását.



Ha figyelembe vesszük a berendezés életciklus költségeit, akkor a beszerzési költség az összes kiadásoknak csupán a 10%-át teszi ki. Egy drágább, de energiatakarékosabb készülék beszerzési költségei térülnek meg a leghamarabb.

A költség **90%**

-át a működési költségek teszik ki



## A környezet védelmében

A VLT® termékek előállításakor tekintettel vagyunk a fizikai és a társadalmi környezetre.

Minden tevékenységünket a dolgozók, a munkakörnyezet és a külső környezet figyelembevételével tervezzük meg és hajtjuk végre. A termelés nem jár zajjal, füsttel vagy más szennyezéssel, és a termékek biztonságosan ártalmatlaníthatók.

### UN Global Compact

A Danfoss társadalmi és környezeti felelősségvállalását az ENSZ a Global Compact címmel ismerte el, és vállalkozásaink felelősséggel viseltetnek a helyi közösségek iránt.

### EU direktívák teljesítése

Összes gyártóüzemünk tanúsított az ISO 14001 szabvány szerint, és maradéktalanul teljesíti az EU elektromos és elektronikus készülékekből származó hulladékra vonatkozó WEEE direktíváját, a GPSD általános termékbiztonsági direktívát és a gépipari direktívát. A Danfoss Drives minden termékcsaládjánál megszüntette az ólom használatát, és megfelel az RoHs direktívának.

### A termékek hatása

Az egy év alatt gyártott VLT® frekvenciaváltókkal egy atomerőmű termelésének megfelelő energiát lehet megtakarítani. Ezzel párhuzamosan a jobb gyártási technológiáknak köszönhetően javul a termékminőség és csökken a készülékek elhasználódása.

# Ami a VLT® háttérében van

*A Danfoss Drives a frekvenciaváltók világelső szállítója – és tovább növeli piaci részesedését.*

### A frekvenciaváltók elkötelezettjei vagyunk

Az elhivatottság a kulcsszó 1968 óta, amikor is a Danfoss bemutatta a világ első sorozatban gyártott, aszinkron motorok fordulatszám-szabályozására alkalmas hajtását, a VLT-nek nevezett frekvenciaváltót. Kétezer munkatársunk kizárólag a frekvenciaváltókat és a lágyindítókat fejleszti, gyártja, árusítja és szervizeli, több mint száz országban.

### Intelligens és innovatív

A Danfoss Drives fejlesztőmérnökei a modularitás elvét alkalmazzák a felhasználói igények teljesítésére a fejlesztés, a tervezés, a gyártás és a készre szerelés során. A következő generációs tulajdonságok kidolgozásában speciális technológiai platformokat használnak fel. Ez lehetővé teszi, hogy minden elem fejlesztése párhuzamosan történjék, lecsökkenti a piacra jutás idejét, valamint biztosítja, hogy a vásárlók mindig a legújabb tulajdonságok előnyeit élvezhessék.

### Bízva szakértőre!

Felelősséget vállalunk termékeink minden részegységéért, hiszen az a tény, hogy magunk fejlesztjük és gyártjuk a hardvereket, a szoftvereket, a tápegységeket, a nyomtatott áramköröket és a kiegészítőket, garantálja Önnek termékeink megbízhatóságát.

### Segítség a helyszínen – az egész világon

VLT® frekvenciaváltók világszerte működnek a legkülönbözőbb alkalmazásokban, és a Danfoss Drives szakemberei mindig készek alkalmazási tanáccsal vagy szervizeléssel támogatni ügyfeleinknek, bárhol is legyenek a világon.

A Danfoss Drives szakemberei a vásárlók frekvenciaváltókkal kapcsolatos bármely problémáját megoldják.

