

Frekvenciaváltók alkalmazása a távhőszolgáltatásban

Gesztes László

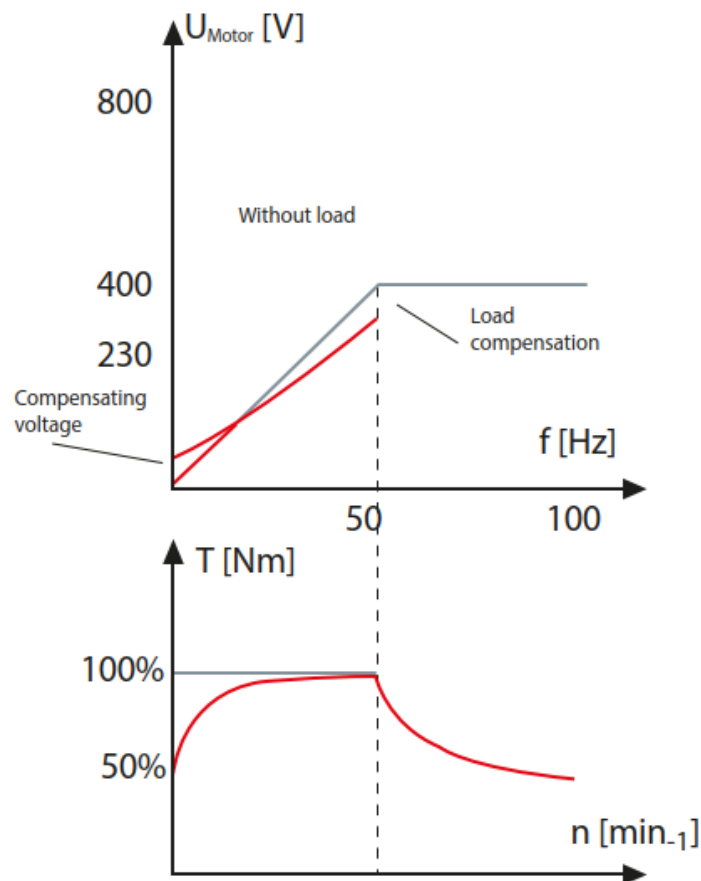


Frekvenciaváltók előnyös tulajdonságai



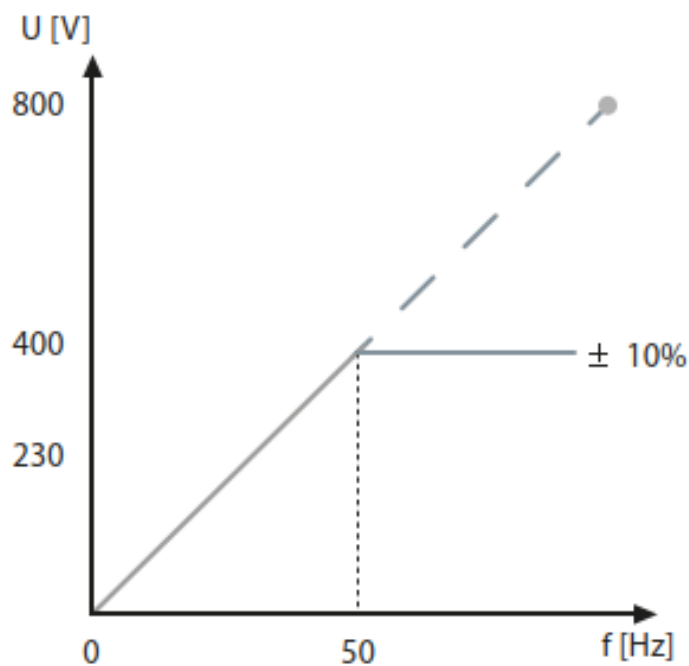
- Magas szintű folyamatszabályozás és optimalizálás
- Magas fokú energiahatékonyság
- Csúcsigények kielégítése
- Tervezési pontatlanságok könnyen korrigálhatók
- Párhuzamosan több motor meghajtható
- Teljeskörűen ellátja a motor védelmét
- Képes ellátni a szivattyú védelmét

Fordulatszám szabályozás széles tartományban

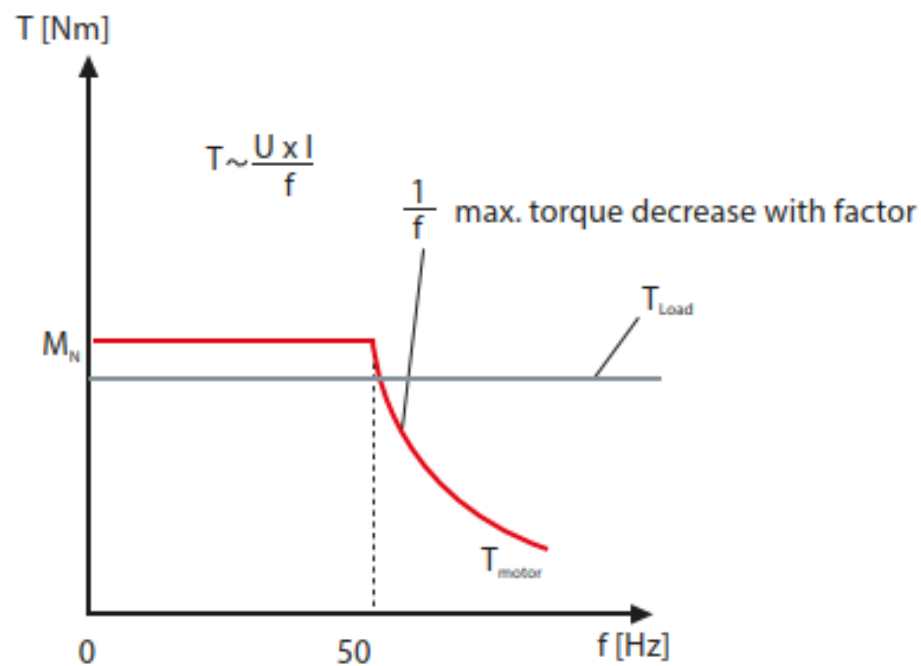


- Alsó korlát:
 - szivattyú szállítási tartománya
 - zárt keringető rendszernél $\approx 25\%$
 - nyitott rendszernél akár 70-80%!
 - csökken a motor hűtési hatékonysága
- Felső korlát:
 - a motor által leadható nyomaték

Fordulatszám szabályozás széles tartományban



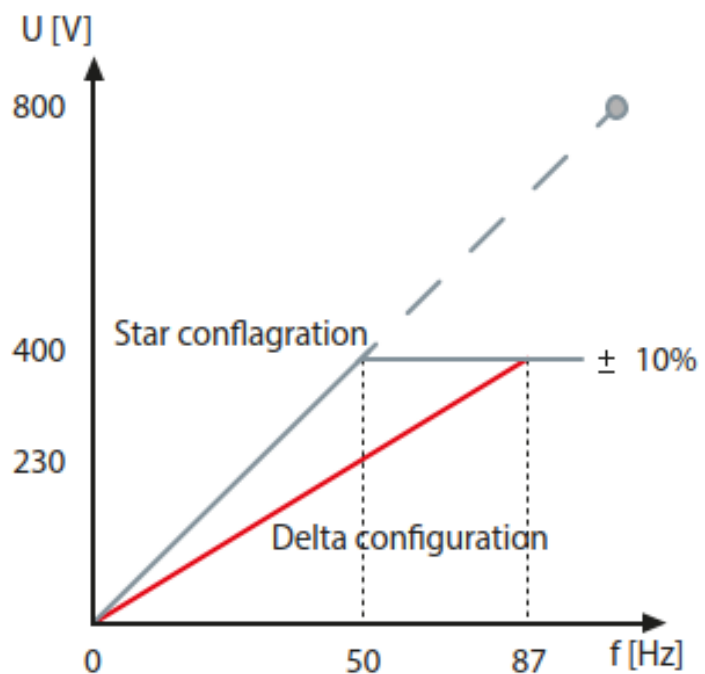
a) U/f characteristic control (ideal)



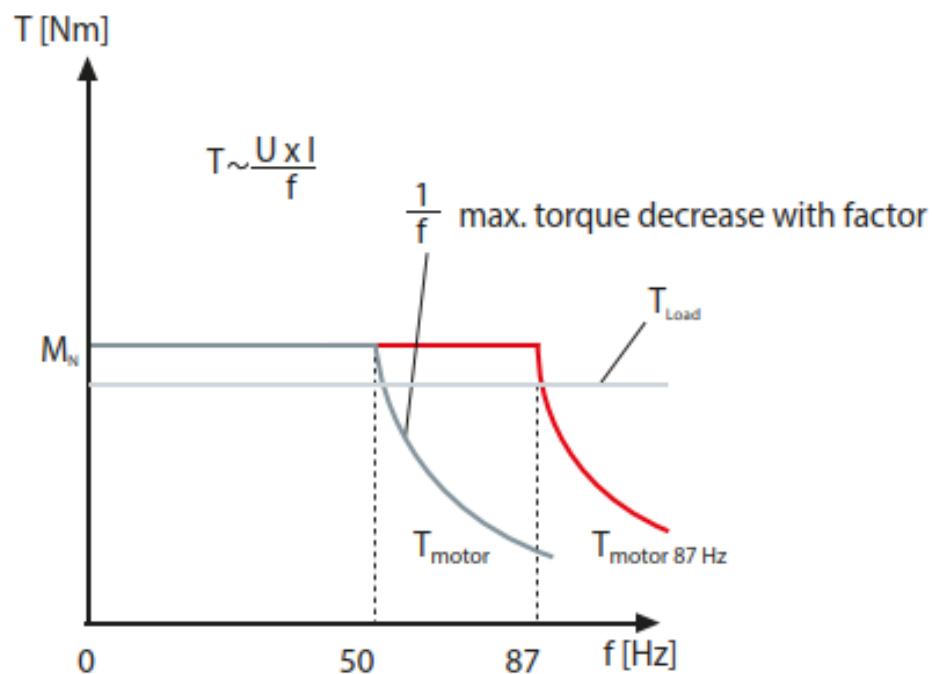
b) T/n characteristic (ideal)

A motornyomaték felső korlátja

Fordulatszám szabályozás széles tartományban



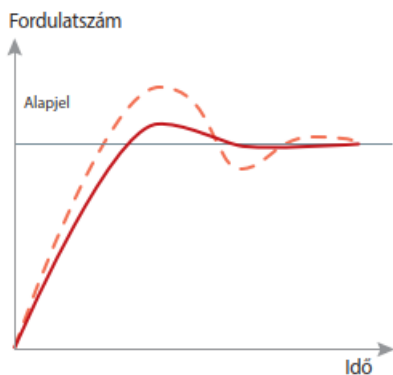
a) 87 Hz U/f characteristic control (ideal)



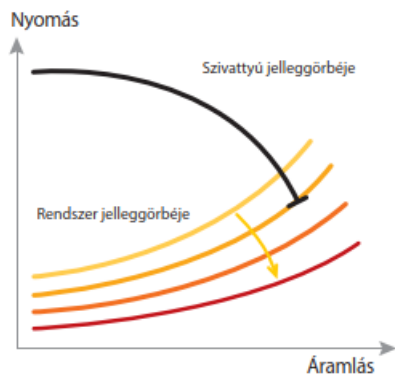
b) T/n characteristic (ideal)

Fordulatszám tartomány kiterjesztése

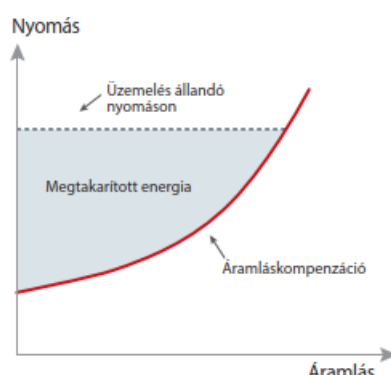
Magas szintű folyamatszabályozás és optimalizálás



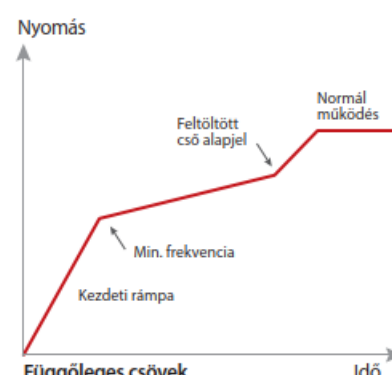
Automatikus beszabályozás



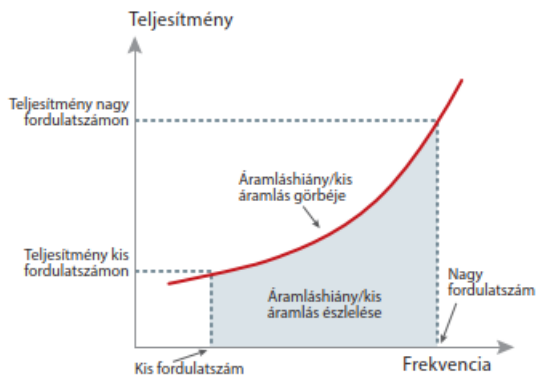
Végpont érzékelés



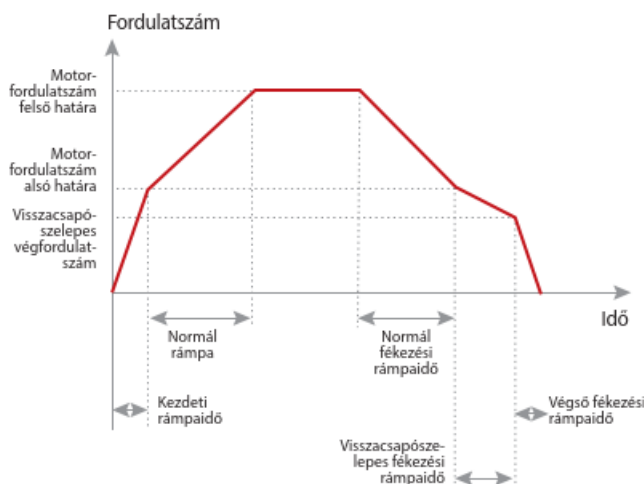
Áramlás kompenzáció



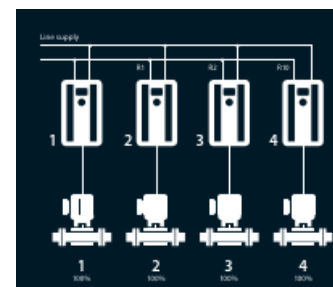
Független csövek
Csőhálózat feltöltési üzemmód



Áramláshiány érzékelés

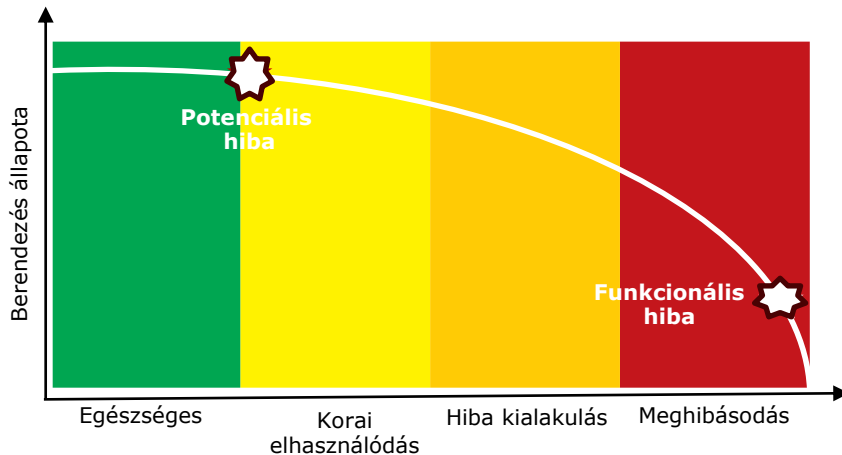


Különféle rámpák



Adaptív kaszkádvezérlő

Állapot alapú karbantartás

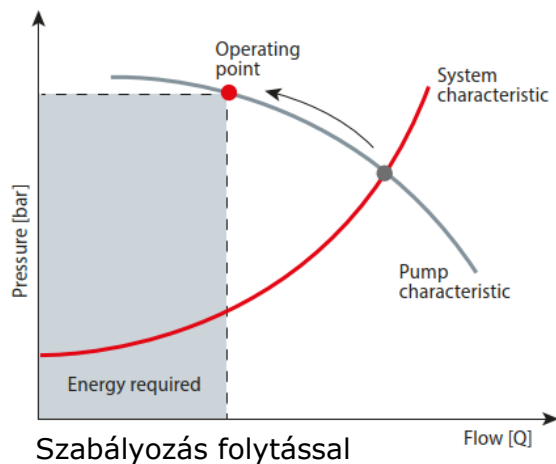


Előnyök:

- Váratlan meghibásodások elkerülése
- Előre tervezhető karbantartás

- Villamos jelfeldolgozás és kiértékelés
 - Motor állórész tekercs állapot figyelés
 - Terhelési görbe figyelés
 - Kavitáció érzékelés
 - Kimeneti szűrő kondenzátor állapot figyelés
- Rezgés mérés
 - Rezgés mérés
 - Kiegyensúlyozatlanság
 - Egytengelyűség
 - Mechanikus rezonancia
 - Csapágyállapot

Magasfokú energiahatékonyság

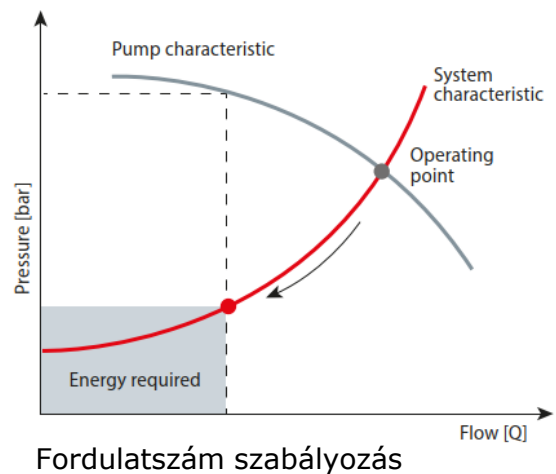


- Változó nyomatékigényű gépeknél jelentős energiamegtakarítási potenciál

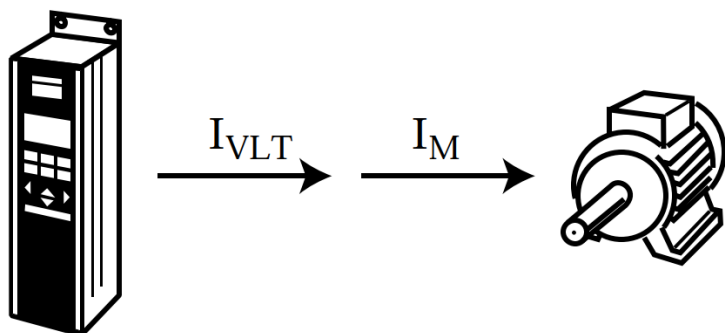
$$\frac{Q_1}{Q_2} \sim \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{H_1}{H_2} \sim \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

$$\frac{P_1}{P_2} \sim \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

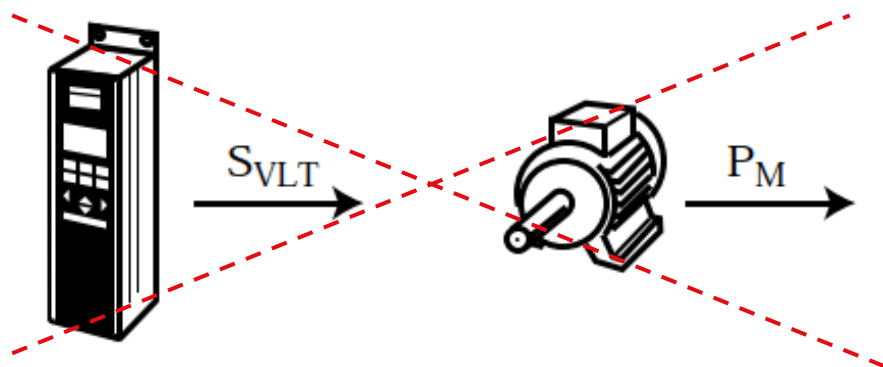


Frekvenciaváltó méretezése

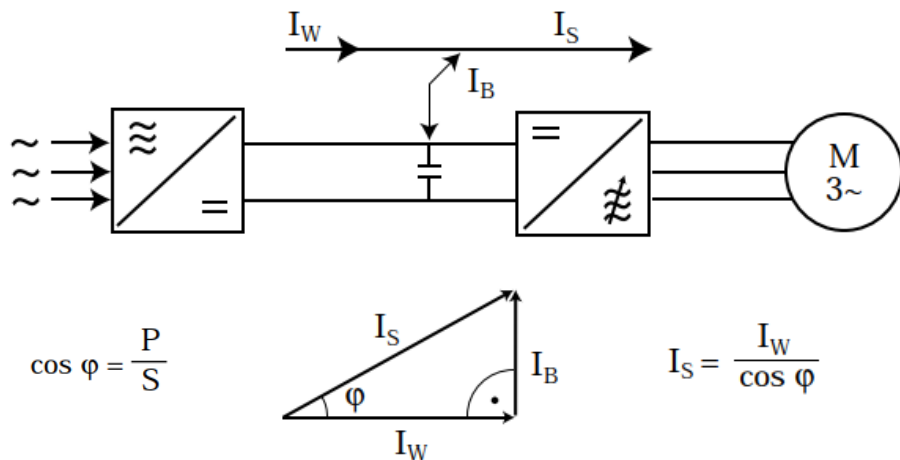


- A motor névleges **áramára**
- Kismértékű (+10%) túlterhelési kapacitás elégséges nyomatékot szolgáltat a gyorsítás folyamán

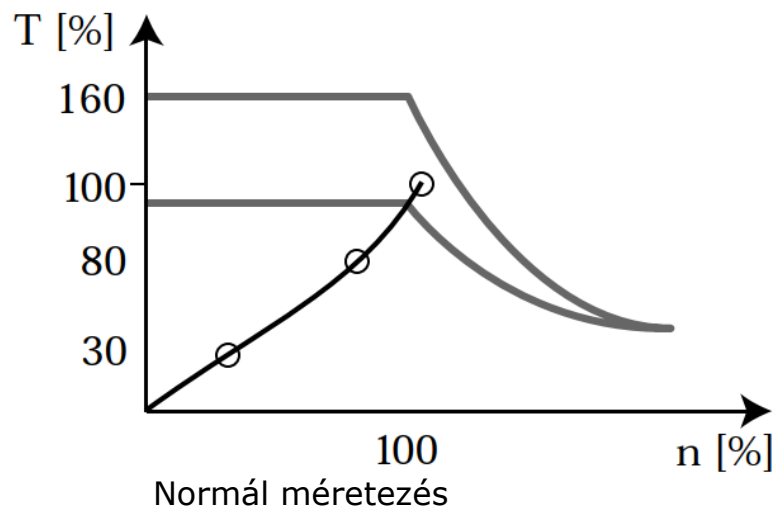
Frekvenciaváltó méretezése



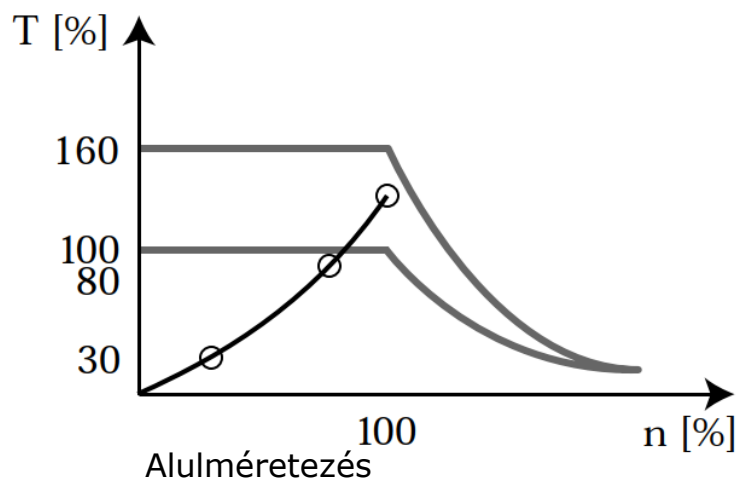
- A motor névleges teljesítményére történő méretezés nem minden esetben megfelelő!
- Rossz $\cos\varphi$ és η motorok!



Frekvenciaváltó méretezése



- Megkötésekkel a **munkaponti terhelésre** is választható frekvenciaváltó
- legfeljebb egy lépcsővel lehet kisebb a frekvenciaváltó névleges teljesítménye a motorénál
- a terhelés korlátozás szükséges



Frekvenciaváltós üzemmel járó mellékhatások

Hálózati tápellátás



- Nagyfrekvenciás vezetett zavarok
- Felharmonikus torzítás

Frekvenciaváltó



- Nagyfrekvenciás sugárzott zavarok
- Hő disszipáció
- Szivárgó áram

Motorkábel



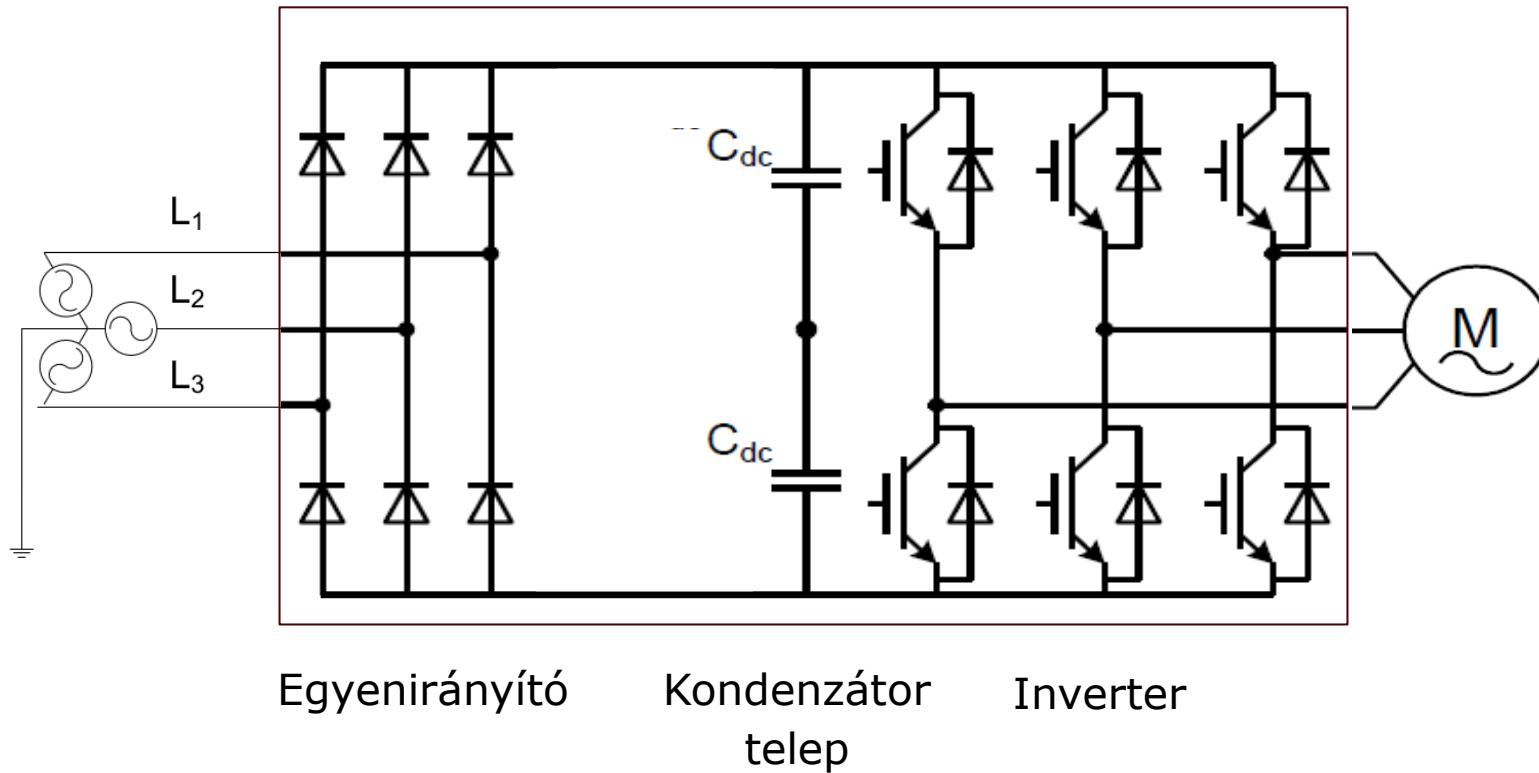
- Nagyfrekvenciás sugárzott és vezetett zavarok
- Szivárgó áram

Motor

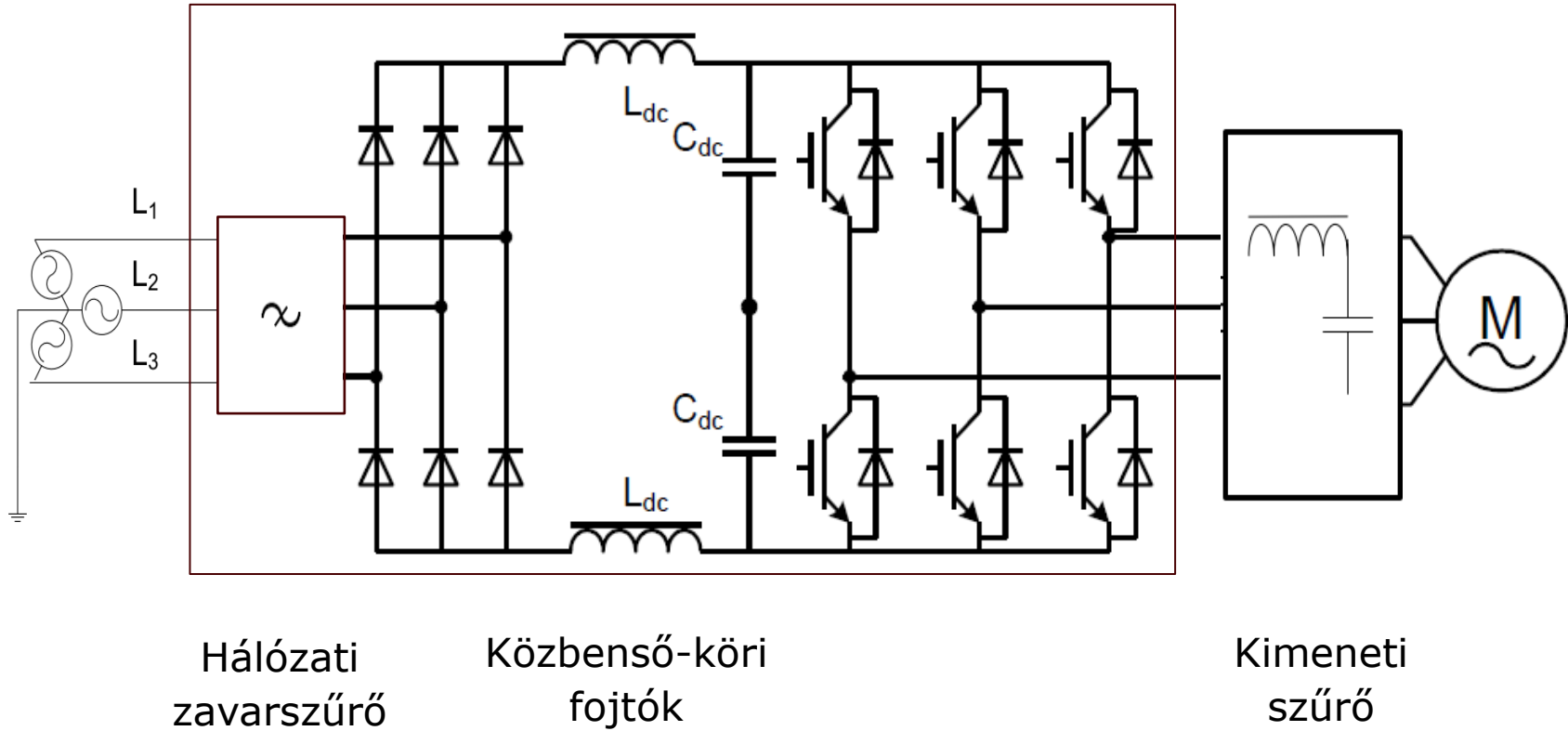


- Szigetelést terhelő többlet feszültség
- Csapágy fokozott igénybevétele
- Sugárzott és vezetett zavarok
- Hallható kapcsolási zaj
- Áramlökötés - járulékos veszteségek, leértékelés

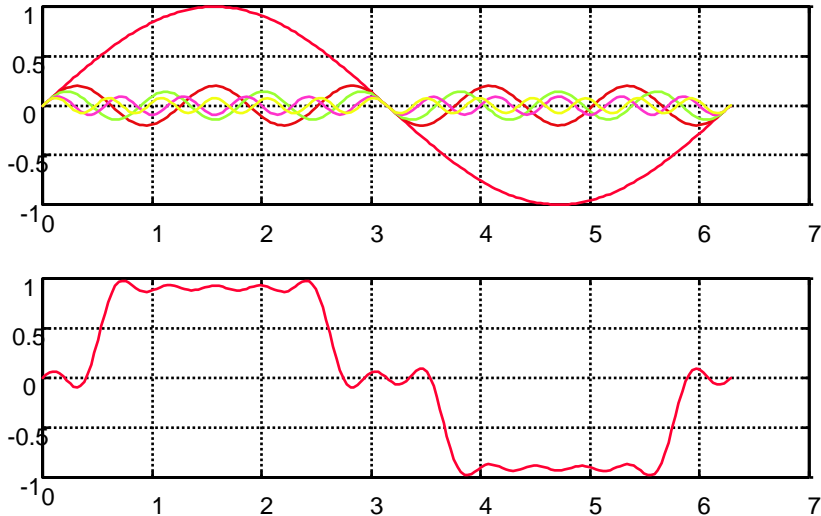
Frekvenciaváltó felépítése



Frekvenciaváltó felépítése



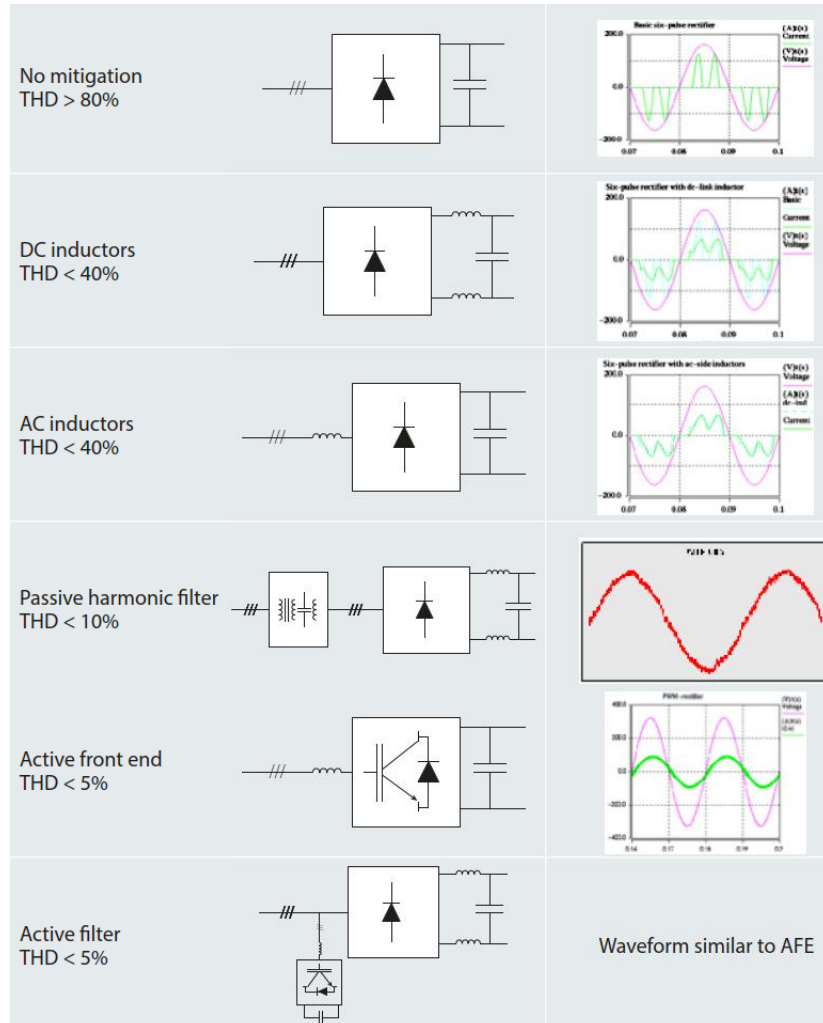
Harmonikus torzítás



A harmonikus teljesítményt figyelembe kell venni a hálózati tápellátás tervezése során EN 50160!

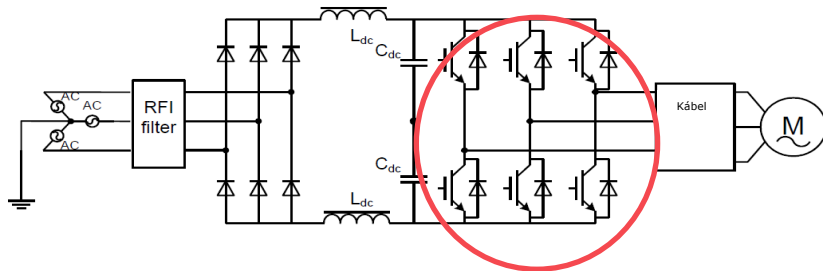
- Az áramtorzítás a megtápláló hálózat impedanciájának függvényében **torzítja a hálózati feszültséget**
 - **Növeli a veszteséget**, ezáltal korlátozza a villamos hálózat kihasználhatóságát
 - A transzformátor-, motor- és kábel melegedését okozza
 - Csökkenti a berendezések élettartamát
 - Vezérlőrendszer hibás működése
 - Pulzáló és csökkent motornyomaték
 - Hallható zaj
 - Villamos berendezések meghibásodása (fojtott fázisjavító!)

Harmonikus torzítás csökkentési módjai

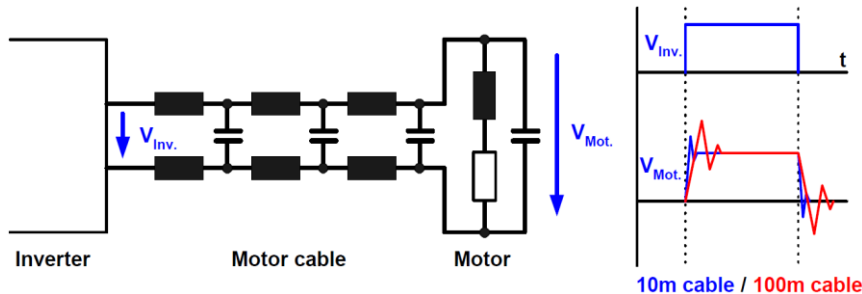
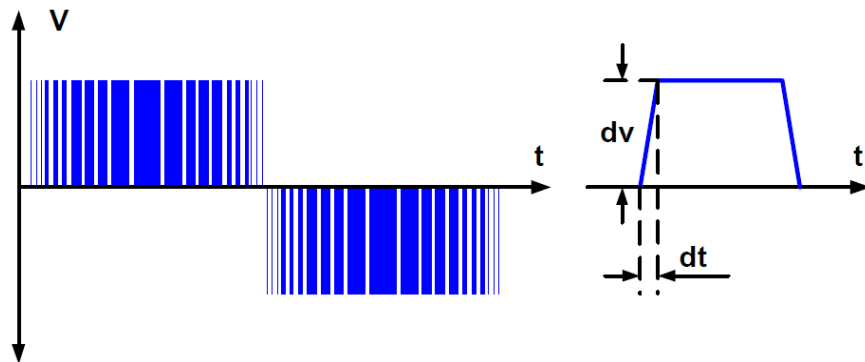


- Fojtás (DC, AC)
 - legolcsóbb
 - kellőképpen hatékony
- Passzív szűrő
 - drága
 - hatékony
- Aktív front-end
 - drágább
- Aktív szűrő
 - legdrágább
 - leghatékonyabb
 - csoportos kompenzálás

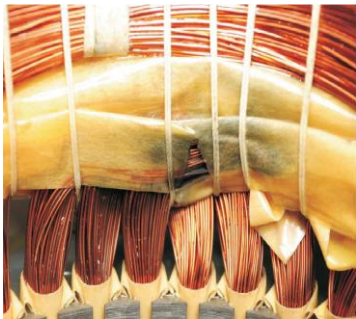
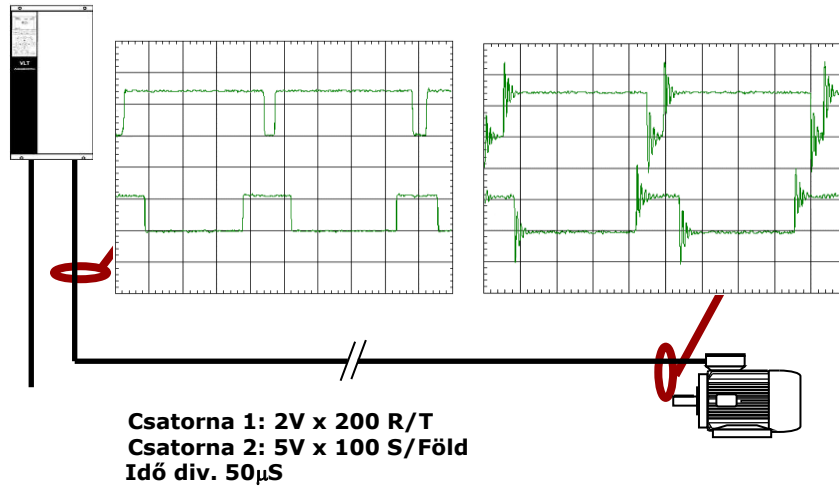
Az inverter működéséből eredő zavarok



- Nagyteljesítményű és gyors ($5 \text{ kV}/\mu\text{s} \leq \text{fsw}$) kapcsolóelemekből, IGBT tranzisztorokból épül fel
- A kimeneti feszültség, impulzus szélesség modulációval előállított, változó szélességű trapéz jelek sorozatából áll
 - nagy dU/dt érték
 - nagyfrekvenciás közös modulusú feszültség

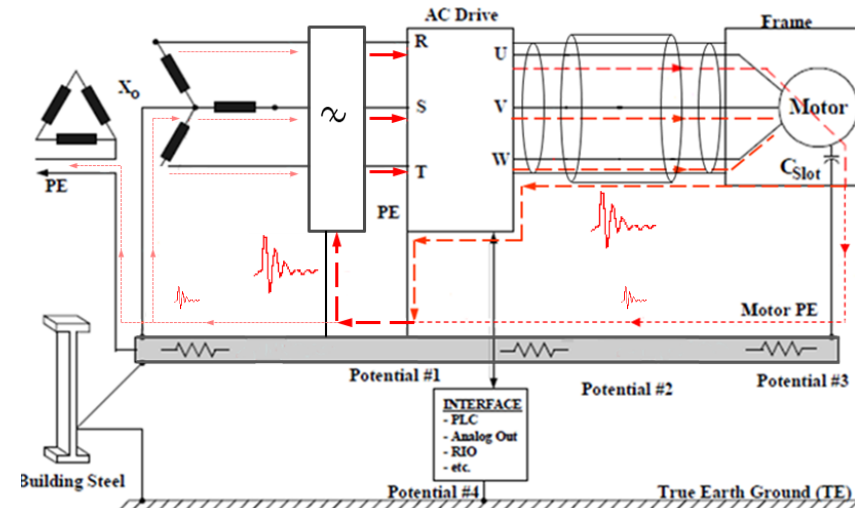
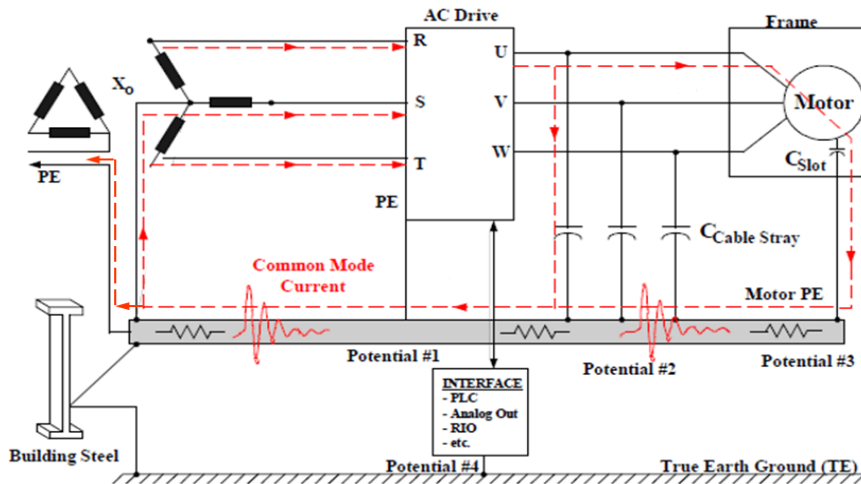


Kapcsolás nagy $\Delta U/\Delta t$ értékkel



- **Nagyobb igénybevétel éri a motor szigetelését**, mint közvetlen hálózati üzemben
 - Esetenként **kimeneti szűrő** kell
- **Elektromágneses zavarok** egyik forrása
 - **Hálózati zavaroszűrő** kell
- A **motorkábel megengedett hosszát** a fenti hatások korlátozzák
- Cirkuláló **csapágyáramok** keletkeznek a motorban
 - Szigetelt csapágy
 - **Kimeneti szűrő** szükséges

Nagyfrekvenciás közösmodusú feszültség



Elektromágneses zavarok másik forrása

- **Hálózati zavarszűrő** kell
- **Árnyékolt motorkábel**
- **EMC-nek megfelelő szerelés**

Magas szivárgóáram

- Biztonsági kockázat, életveszély
- Földzárlat- és hibaáram érzékelési problémák

■ Kapacitív **áram** folyik a legkisebb impedanciájú úton, **a csapágyakon és a tengelyen keresztül**, a föld felé.

- **Megfelelő földelés**
- **Közösmodusú szűrő**

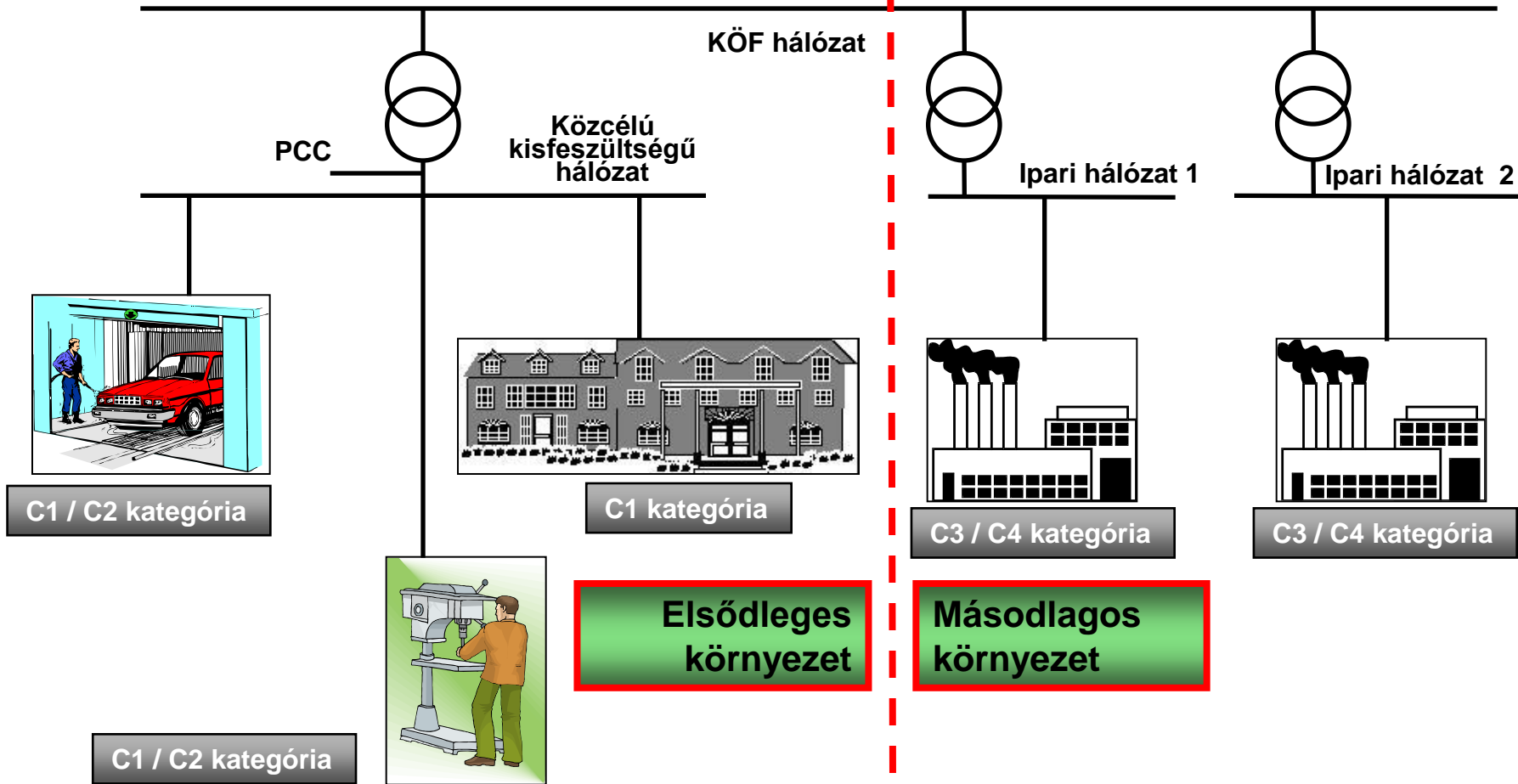
EN 61800-3 kategóriák és a környezet osztályozása

EN 55011 B osztály

Lakónegyed, kereskedelem, könnyűipar

EN 55011 A1 osztály

Ipari környezet



Frekvenciaváltókra érvényes EMC szabványok

EN55011 alapszabvány

- Általánosságban foglalkozik az EMC kérdéskörével
- A zavar kibocsátási határértékeket B, A1, A2 osztályokba sorolja

EN61000-6-3 és EN61000-6-4 általános szabványok

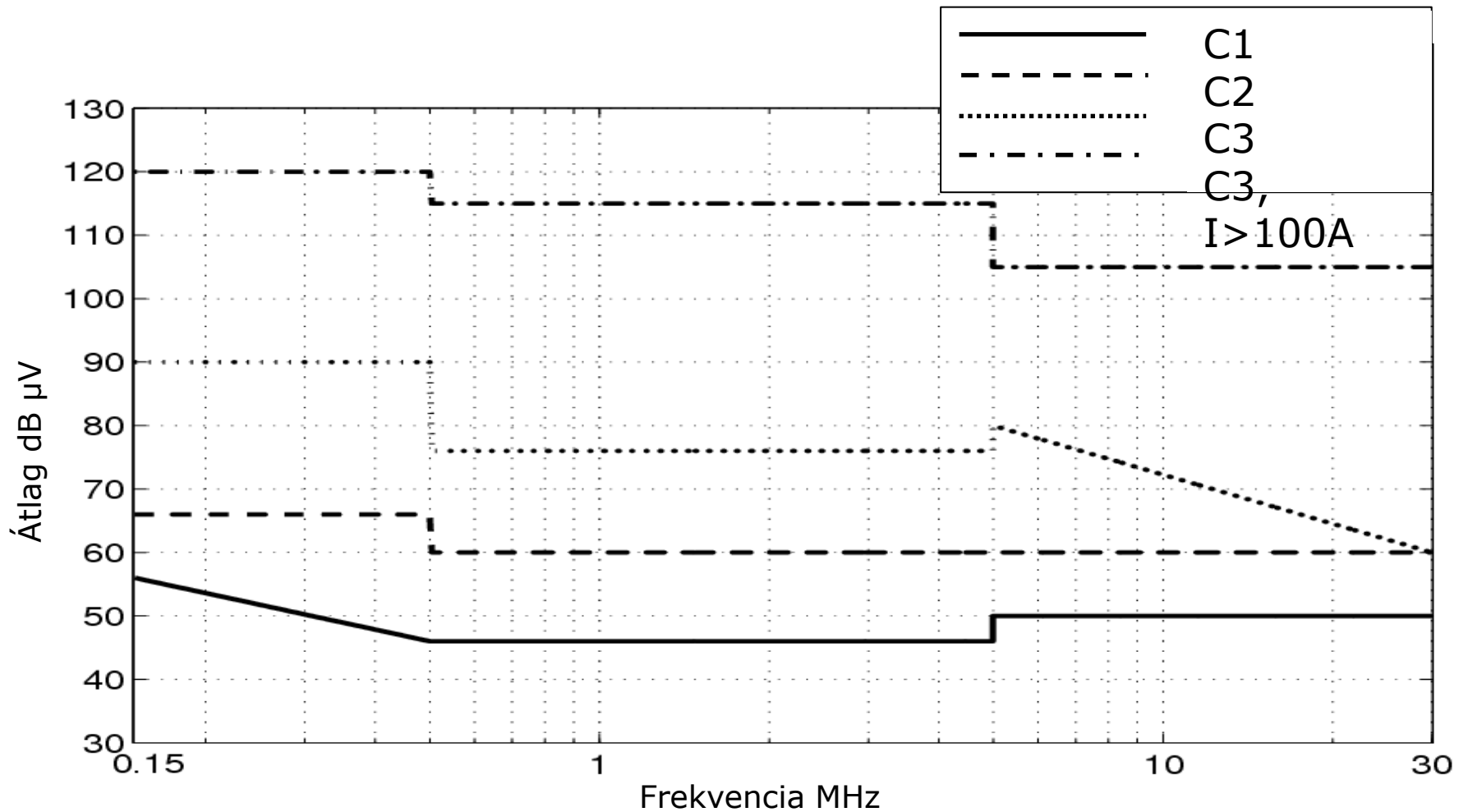
- Adott környezettel foglalkoznak, kiegészítik a termékszabványokat
- EN61000-6-3 határozza meg a zavar kibocsátási határértékeket a lakóövezetekben, kereskedelmi létesítményekben és a könnyűipari területeken (közvetlenül a közcélú kiefeszültségű hálózatra csatlakoztatott villamos berendezések)
- EN6100-6-4 határozza meg az iparterületeken megengedett zavar-kibocsátási határértékeket (transzformátor állomáson keresztül megáplált berendezések)

EN61800-3 termékszabvány

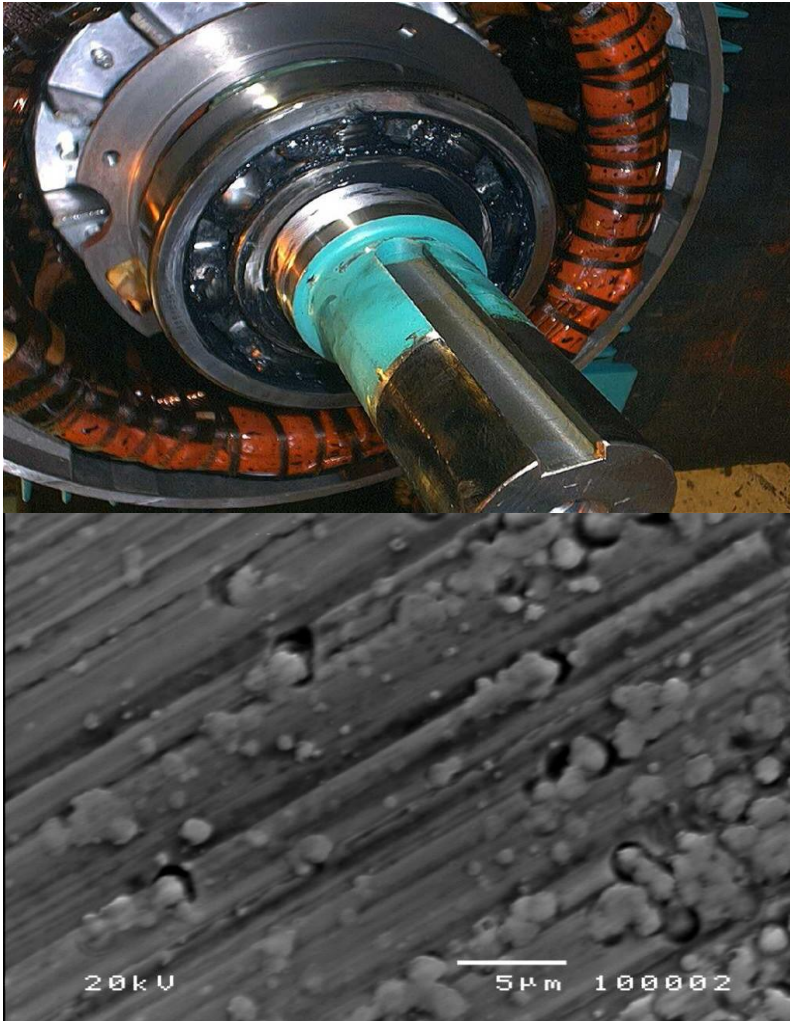
Adott termékcsaládra vonatkozó szabványok

A kibocsátási határértékeket C1-C4 osztályokba sorolja

Vezetett zavarok kibocsátási határértékei



Tengelyfeszültség és csapágyáramok

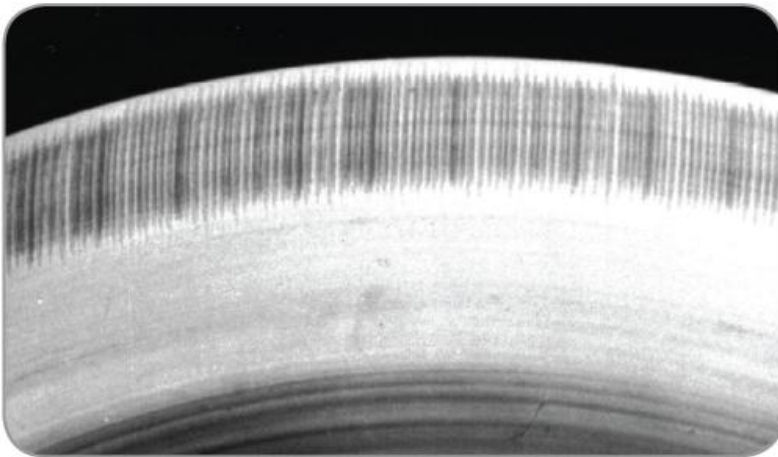


- A tengelyfeszültség az aszimmetrikus elektromágneses mező következtében emelkedik meg
- Aszimmetriát okozhat:
 - Excentrikus forgórész (max. 0,5V / IEC60034)
 - Megtápláló feszültség aszimmetriája
 - Frekvenciaváltóknál a közös módusú feszültség ($40 \text{ V} <$)

Csapágy károsodás



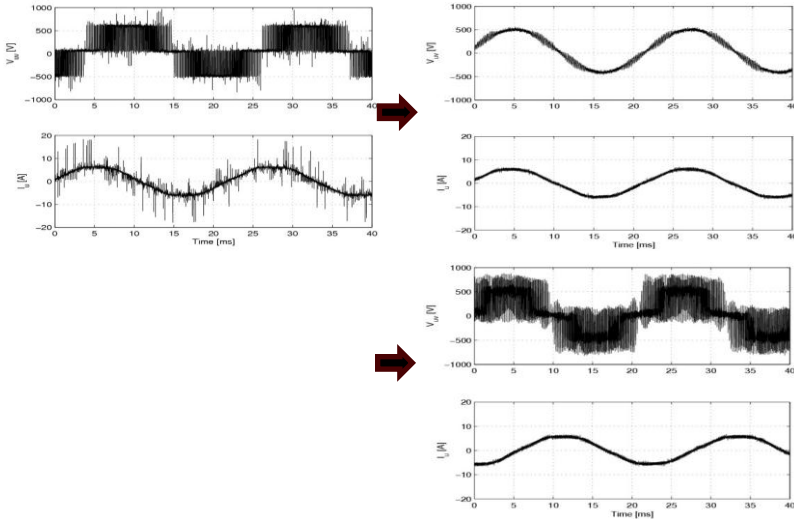
Elektromos áramkisülés következtében bomlásnak indult kenőanyag



Elektromos erózió okozta jellegzetes barázdák a csapágyban

- A motorcsapágy a tengelyfeszültség elektrosztatikus kisülései következtében károsodik
- Kockázatot erősítő tényezők:
 - Excentrikus terhelés (pl. szíjhajtás)
 - Motor- és a terhelés nem megfelelő földelése
 - Szigetelt terhelés (pl. ventilátor)
 - Száraz-, poros környezet

Kimeneti szűrők



Színusz szűrő (szinuszos vonali feszültség és áram)

- csökkenti a motor állórész tekercsek szigetelésének az igénybevételét és a hallható kapcsolási zajt

dU/dt szűrő (szinuszos vonali áram)

- csökkentik a motor állórész tekercsek szigetelésének az igénybevételét
- csökkenti a csapágyáramokat

Nagyfrekvenciás közösmodusú szűrő

- csökkenti a csapágyáramokat

Frekvenciaváltó által keltett zavarok szűrése

Káros mellékhatások	Hálózati oldal			Motor oldal			
	Harmónikus szűrő	AC fojtó	RFI-szűrő	Össz-pólusú szűrő	szinusz szűrő	dU/dt szűrő	Nagyfrekv. közös modulusú szűrő
Hálózati harmonikus torzítás	++	+					
Hálózati vezetett nagyfrekvenciás zavarok			++				
Motorkábel nagyfrekvenciás zavarkibocsátása				++	-	--	
Szivárgó áram				++			
Motor szigetelését terhelő többlet feszültség				++	++	+	
Motor csapágy fokozott igénybevétele				++	+	+	+
Hallható kapcsolási zaj				++	+		



**ENGINEERING
TOMORROW**