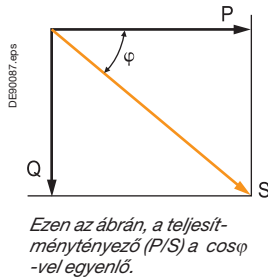


Fázisjavítás elmélet

Tartalomjegyzék

Miért van szükség meddőenergia-gazdálkodásra?	4
A szükséges kompenzálás meghatározása	6
A fojtótekercsek hangolási frekvenciájának kiválasztása	11
A felharmonikusok hatása a villamos berendezésekre	13
A kondenzátor névleges feszültsége és áramerőssége	14
A kompenzálás kiválasztása ipari környezetben	15
Kondenzátor kiválasztási útmutató	16
A rendelési számok felépítésének elve	17



A meddő energia kezelés elve.

Az összes váltóáramú villamos hálózat kétféle teljesítményt vesz fel: hatásos teljesítményt (kW) és meddő teljesítményt (kvar):

A **hatásos teljesítmény (P)** (kW) a fogyasztókhoz – motorokhoz, lámpákhoz, fűtőtestekhez, számítógépekhez stb. – eljutó valós teljesítmény. A hatásos villamos teljesítmény mechanikai teljesítménnyé, hővé vagy fénné alakítható.

A **meddő teljesítmény (Q)** (kvar) csak a gépek, motorok és transzformátorok mágneses körének a táplálására szolgál.

A **látszólagos teljesítmény (S)** (kVA) a hatásos és a meddő teljesítmény vektorkombinációja.

A meddő teljesítmény villamos hálózatban történő áramlásának fontos technikai és gazdasági következményei vannak. Ugyanahhoz a hatásos teljesítményhez (P) egy magasabb meddő teljesítmény nagyobb látszólagos teljesítményt jelent, nagyobb áramerősségre van szükség.

A hatásos teljesítmény áramlása, hatásos energiát (kWh) eredményez. A meddő teljesítmény áramlása meddő energiát (kvarh) eredményez.

A villamos áramkörben a meddő energia a hatásos energián felül biztosított.

A nagyobb szolgáltatott áramerősségnek köszönhetően a meddő energia keringése az elosztóhálózatokon a következőket eredményezi:

- > Transzformátorok túlterhelése
- > Nagyobb hőmérséklet emelkedés a kábelekben
- > További veszteségek
- > Nagyobb energia fogyasztás és költségek
- > Kisebb elosztott hatásos teljesítmény
- > Feszültségcsökkenés a hálózaton

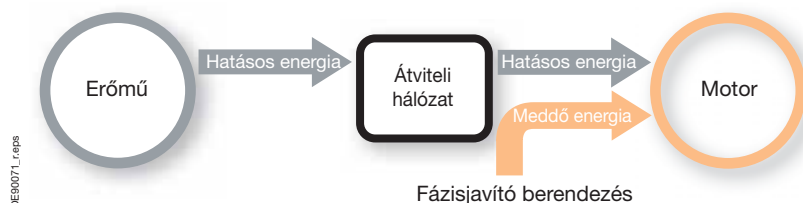
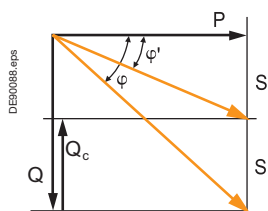


A meddő energiát az áramszolgáltató biztosítja és számlázza

Ennek megfelelően a meddő energia generálása a terhelések közelében nagy előny az áram, a hálózatban történő szükségtelen keringésének megakadályozása végett. Ezt nevezik „**fázisjavításnak**”. Ezt kondenzátorok csatlakoztatásával érjük el, amely meddő energiát generál a terhelések által felvett energiával arányosan mint például motorok esetén.

Az eredmény egy csökkentett látszólagos teljesítmény és egy javított teljesítménytényező. (P/S' , amint az a mellékelt ábrán szerepel)

Az erőművi és az átviteli hálózatok részlegesen mentesülnek, csökkennek a teljesítmény veszteségek és további átviteli kapacitás áll rendelkezésre.



A meddő energiát a kondenzátorok biztosítják. A meddő energiát az áramszolgáltató nem számlázza.



A meddőenergia- gazdálkodás előnyei:

A meddő energia optimalizálása gazdasági és technikai előnyökkel jár.

Megtakarítás a villamosenergia-számlán:

- > Meddő energia bírságok elkerülése és csökkenő kVA igény,
- > A hálózat transzformátoraiban és a vezetékeiben generált teljesítmény veszteségek csökkentése.

Példa:

Veszteség csökkentés egy 630 kVA-es transzformátorban

$PW = 6,500 \text{ W}$, ahol a kezdeti teljesítménytényező $= 0.7$.

Teljesítménytényező-korrekcióval nyert végső teljesítménytényező $= 0.98$. Az előálló veszteség: 3.316 W , azaz 49% -os a csökkenés.

Megnövekedett rendelkezésre álló teljesítmény

A magas villamos teljesítménytényező optimalizálja a villamos berendezést, ami lehetővé teszi a komponensek jobb kihasználását. A KÖF/KIF transzformátor szekunder oldalán növelni lehet a rendelkezésre álló teljesítményt a kiefeszültségű oldalra illesztett fázisjavító berendezéssel.

A táblázat a transzformátor szekunder oldalon jelentkező, a teljesítménytényező $0,7$ -ről 1 -re történő emeléséből adódó megnövelt rendelkezésre álló teljesítményt mutatja.

Teljesítménytényező	Rendelésre álló teljesítmény
0.7	0 %
0.8	+ 14 %
0.85	+ 21 %
0.90	+ 28 %
0.95	+ 36 %
1	+ 43 %

A telepítési méret csökkentése

A fázisjavító berendezés lehetővé teszi a vezetékek keresztmetszetének a csökkentését, mivel a kompenzált berendezés kevesebb áramot vesz fel ugyanolyan hatásos teljesítmény mellett.

A szemben levő táblázat mutatja a szorzótényezőt a vezető keresztmetszetre különböző teljesítménytényező értékek mellett.

Teljesítménytényező	Kábel keresztmetszet szorzó tényező
1	1
0.80	1.25
0.60	1.67
0.40	2.50

A feszültségesés csökkentése a berendezésben

Kondenzátorok telepítése lehetővé teszi a feszültségesés csökkentését azon pont előtt, ahol a fázisjavító berendezés csatlakoztatva van. Ez megelőzi a hálózat túlterhelését és csökkenti a felharmonikusokat, így nem kell felülméreteznie a berendezést és a teljes hálózatot.

A szükséges kompenzáció meghatározása

A fázisjavító berendezés kiválasztása egy 4 lépéses folyamat:

A szükséges meddő teljesítmény kiszámítása.

A kompenzációs mód kiválasztása:

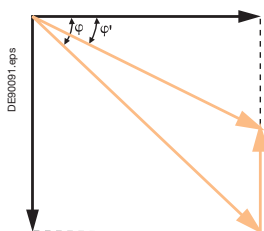
- Központi, a teljes telepítésre,
- Csoportos kompenzáció
- Egyedi kompenzáció a terhelésekhez, mint például nagy motorokhoz.

A kompenzáció típusának kiválasztása:

- Rögzített, fix értékű kondenzátortelep csatlakoztatásával,
- Automatikus, különböző számú fokozatok csatlakoztatásával, lehetővé téve a meddő energia szabályozását a szükséges értékre,
- Dinamikus, nagy mértékben ingadozó terhelések kiegyenlítése.

A működési körülmények és a felharmonikusok figyelembe vétele.

1. lépés: A szükséges meddő teljesítmény számítása.



A cél a szükséges meddő teljesítménynek a meghatározása (kvar) Q_c annak érdekében, hogy a teljesítménytényezőt ($\cos \varphi$) javítsa és csökkentse a látszólagos teljesítményt (S).

Ha $\varphi' < \varphi$, akkor: $\cos \varphi' > \cos \varphi$ és $\tan \varphi' < \tan \varphi$. Ezt a szemben levő diagram mutatja be.

Q_c a következő képletből határozható meg:

$Q_c = P \times (\tan \varphi - \tan \varphi')$, amely a diagramból származtatható.

Q_c = a kondenzátortelep teljesítménye

P = a terhelés hatásos teljesítménye

$\tan \varphi$ = a fázisszög tangense a kiegyenlítés előtt

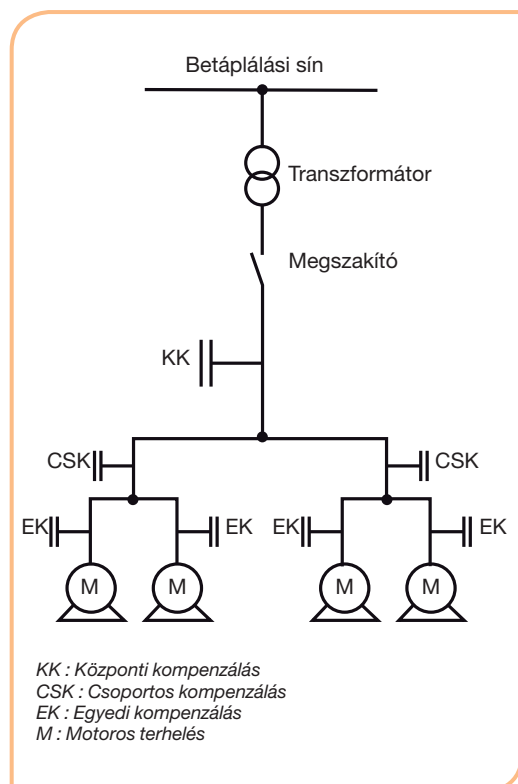
$\tan \varphi'$ = a fázisszög tangense a kiegyenlítés után

A φ és $\tan \varphi$ paramétereket a számlázási adatok tartalmazzák vagy a berendezésekben közvetlenül mérhetők.

A következő táblázat a szükséges kW-onkénti meddőteljesítmény meghatározására használható.

A kompenzáció előtt		Telepítendő meddő teljesítmény (kvar) az adott terheléshez kW-onként, annak érdekében, hogy megkapjuk a szükséges $\cos \varphi'$ vagy $\tan \varphi'$ értéket							
		$\tan \varphi'$	0.75	0.62	0.48	0.41	0.33	0.23	0.00
		$\cos \varphi'$	0.80	0.85	0.90	0.925	0.95	0.975	1.000
$\tan \varphi$	$\cos \varphi$								
1.73	0.5	0.98	1.11	1.25	1.32	1.40	1.50	1.73	
1.02	0.70	0.27	0.40	0.54	0.61	0.69	0.79	1.02	
0.96	0.72	0.21	0.34	0.48	0.55	0.64	0.74	0.96	
0.91	0.74	0.16	0.29	0.42	0.50	0.58	0.68	0.91	
0.86	0.76	0.11	0.24	0.37	0.44	0.53	0.63	0.86	
0.80	0.78	0.05	0.18	0.32	0.39	0.47	0.57	0.80	
0.75	0.80		0.13	0.27	0.34	0.42	0.52	0.75	
0.70	0.82		0.08	0.21	0.29	0.37	0.47	0.70	
0.65	0.84		0.03	0.16	0.24	0.32	0.42	0.65	
0.59	0.86			0.11	0.18	0.26	0.37	0.59	
0.54	0.88			0.06	0.13	0.21	0.31	0.54	
0.48	0.90				0.07	0.16	0.26	0.48	

Példa: Tekintsünk egy 1000 kW-os motort a következő értékekkel: $\cos \varphi = 0.8$ ($\tan \varphi = 0.75$). Ahhoz, hogy $\cos \varphi = 0.95$ értéket kapjunk, egy kondenzátor telep telepítésére van szükség a következő meddő teljesítménnyel: $k \times P$, azaz: $Q_c = 0.42 \times 1000 = 420$ kvar



2. lépés: A kompenzációs mód kiválasztása

A kisfeszültségű kondenzátorok telepítésében fontos kérdés a kompenzációs módja, ami lehet központi (egy berendezés a teljes hálózatra), vagy csoportonkénti (csoportról csoportra) vagy egyedi szinten, illetve az utóbbi kettő valamilyen kombinációja. Elvileg az ideális kompenzációs a fogyasztási ponton történik a pillanatnyi értékekhez igazodva.

A választás a gyakorlatban technikai és gazdasági szempontok alapján történik.

A kondenzátor telepek csatlakoztatási helyét a villamos hálózatban a következők határozzák meg:

- globális cél (a meddő energiával kapcsolatos bírságok elkerülése, a transzformátor vagy a kábelek mentesítése, a feszültségesések és feszültségcsökkenések elkerülése)
- üzemmód (stabil vagy ingadozó terhelés)
- a kondenzátorok hálózati jellemzőkre kifejtett előre látható hatása
- telepítési költség

Központi kompenzáció

A fázisjavító berendezés a kiegyenlítő hálózat elejére csatlakozik annak érdekében, hogy meddő energiát biztosítson az egész objektumnak. Ez a felépítés kényelmes és stabil a folyamatos terhelési tényező érdekében.

Csoportos kompenzáció

A fázisjavító berendezés egy adott kiegyenlítő csoportot tápláló hálózat elejére csatlakozik. Ez a felépítés kényelmes nagy objektum esetében, ahol a műhelyeknek különböző terhelési tényezőjük van.

Egyedi terhelés kompenzáció

A fázisjavító berendezés közvetlenül az induktív terhelés kimenetére csatlakozik (különösen nagy motoroknál). Ez a felépítés jól megfelel annak, amikor a terhelési teljesítmény jelentős az előírt teljesítményhez képest. Ez műszakilag ideális felépítés, mivel a meddő energia pontosan ott termelődik, ahol szükség van rá és az igényekhez igazodik.

A szükséges kompenzálás meghatározása (folytatás)

3. lépés: A kompenzálás típusának kiválasztása

Különböző típusú kompenzálást kell alkalmazni a teljesítmény igényektől és a szabályozás összetettségétől függően:

- Rögzített, fix értékű kondenzátortelep csatlakoztatásával
- Automatikus, különböző számú fokozatok csatlakoztatásával, lehetővé téve a meddő energia beszabályozását a beállított értékre
- Dinamikus, nagy mértékben ingadozó terhelések kiegyenlítése

Fix kompenzálás

Ez az elrendezés egy vagy több kondenzátort használ a kiegyenlítés állandó szintjének biztosítására. A szabályozás történhet:

- Kézi: megszakítóval vagy terheléskapcsolóval
- Fél automatikus: mágneskapcsolóval
- Közvetlen kapcsolat egy készülékhez és azzal együtt kapcsolva

Ezeket a kondenzátorokat az alábbiak szerint telepítik:

- Induktív terhelések kimeneténél (főleg motorok)
- Több kis motort és induktív készüléket tápláló síneknél, amelyeknél az egyedi kompenzálás túl költséges volna
- Olyan esetekben, ahol a terhelési tényező várhatóan állandó

Automatikus kompenzálás

Automatikus szabályozást biztosít és a meddő teljesítményt hozzáigazítja a hálózat változásaihoz, a beállított $\cos \varphi$ fenntartása érdekében.

A berendezés telepítése olyan ponton történik egy installáción belül, ahol a hatásos teljesítmény és/vagy a meddő teljesítmény variációk viszonylag nagyok, például:

- Főelosztó berendezés sínezésénél
- Nagy terhelésű tápkábelek kivezetéseinél.

Ahol a kondenzátorok kvar értéke kisebb vagy egyenlő, mint a betápláló transzformátor értékének 15%-a, a fix értékű kiegyenlítés a megfelelő. A 15%-os szint felett ajánlott egy automatikus fázisjavító berendezést alkalmazni.

A vezérlést rendszerint egy elektronikus eszköz (Varlogic N vezérlőegység) biztosítja, amely folyamatosan figyeli az aktuális teljesítménytényezőt és intézkedik a kondenzátorok csatlakoztatásáról, illetve leválasztásáról a teljesítménytényező célértékének elérése céljából. A meddő energia így lépésenként szabályozott. Továbbá a teljesítménytényező-szabályozó információt szolgáltat a hálózat jellemzőiről (feszültség amplitúdó és torzítás, teljesítménytényező, aktuális hatásos és meddő teljesítmény...), valamint a berendezés állapota. Riasztások hiba esetén.

A szabályozást általában mágneskapcsolók biztosítják. Nagy ingadozású terhelés kiegyenlítése érdekében gyors és sokszor ismétlődő kondenzátor kapcsolás szükséges. Ezen esetben tirisztoros kapcsolókat kell alkalmazni.



A felharmonikusok villamos installációkban betöltött bővebb szerepéről a 11. oldalán talál információt.

Dinamikus kiegyenlítés

Ilyen fajta kiegyenlítésre van szükség ingadozó terhelés esetén, ha a feszültség ingadozást meg kell akadályozni. A dinamikus kiegyenlítés elve: egy fix kondenzátortelep és egy elektronikus var kiegyenlítő társítása, és ezzel vagy siető vagy késő meddő áramok létrehozása.

Az eredmény egy folyamatosan változó és gyors kiegyenlítés, amely tökéletesen alkalmas olyan terhelésekhez, mint liftek, zúzógépek, ponthegeztők stb.

4. lépés: A működési körülmények és a felharmonikusok figyelembe vétele.

A kondenzátorokat az élettartamuk során várható üzemi körülményektől függően kell kiválasztani.

A működési körülmények figyelembe vétele.

A működési viszonyok nagy hatással vannak a kondenzátorok élettartamára. A következő paramétereket kell figyelembe venni:

Környezeti hőmérséklet (°C)

A feszültség-zavarokkal kapcsolatos várható túláram, ideértve a tartós maximális túlfeszültséget

A szükséges élettartam

A felharmonikusok figyelembe vétele

A hálózatban levő felharmonikusok nagyságrendjétől függően különböző felépítéseket kell alkalmazni.

Standard kondenzátorok: amikor nincs jelen jelentős nemlineáris terhelés.

Túlméretezett kondenzátorok: amikor jelen van néhány nemlineáris terhelés. A kondenzátorok névleges áramát növelni kell a felharmonikus áramerősség a túrése érdekében.

Kondenzátorok fojtótekercsekkel: jelentős számú nemlineáris terhelés csatlakozik a hálózatra. Fojtótekercsek szükségesek annak érdekében, hogy korlátozzák a felharmonikus áramerősséget és megakadályozzák a rezonanciát.

Felharmonikus szűrők: amikor a nemlineáris terhelések a jellemzők, melyek harmonikus csillapítást igényelnek. Egyedi tervezés szükséges általában a helyszíni mérések és a hálózat számítógépes szimulációja alapján.

A szükséges kompenzálás meghatározása (folytatás)

Kondenzátor kiválasztás

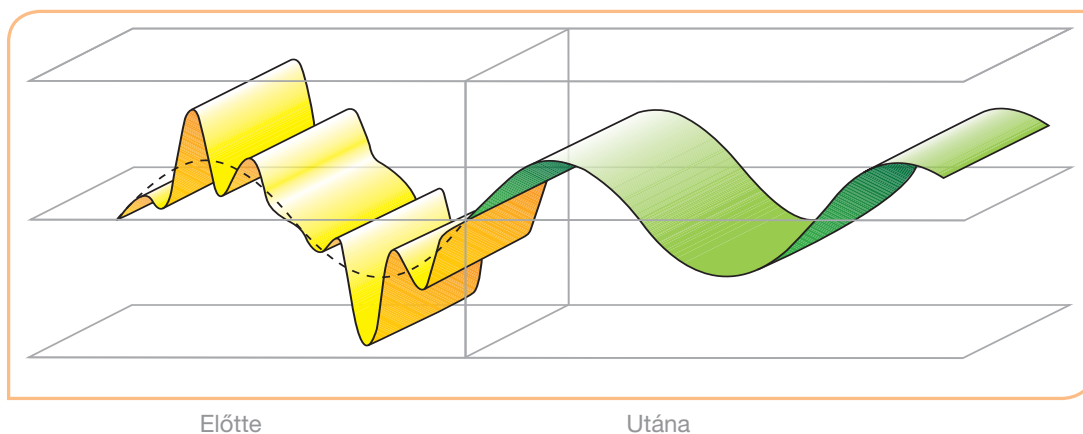
Különböző teherbírési szintű tartományok ajánlottak:

"EasyCan": Normál teljesítményű kondenzátorok normál működési viszonyokra, amikor nincs jelentős nemlineáris terhelés.

"VarPlus Can & Box": Nagy teljesítményű kondenzátor nehéz működési viszonyokra, különböző feszültség zavarok vagy nemlineáris terhelések esetére.

"VarPlus Box Energy": Különleges tervezésű (olajos) kondenzátorok nagyon nehéz működési viszonyok, különösen magas hőmérséklet esetében.

Kondenzátorok fojtótekerccsekkel: jelentős számú nemlineáris terhelés esetén alkalmazandó.



A fojtótekercek hangolási frekvenciájának kiválasztása

A magas felharmonikus szennyezettségű, jelentős nemlineáris terhelésű hálózatokban a fázisjavításra használt kondenzátor telephez fojtótekerceket kell csatlakoztatni. A kondenzátorokat és fojtótekerceket egy soros rezonancia áramkörbe kell kapcsolni, amely úgy van hangolva, hogy a hangolási frekvencia alacsonyabb, mint a rendszerben levő leg-alacsonyabb felharmonikusok frekvenciája. Ezért ezt a konfigurációt rendszerint „fojtott fázisjavító berendezésnek” hívják.

A fojtótekercek használata megelőzi a felharmonikus rezonancia problémákat, megakadályozza a kondenzátorok túlterhelésének kockázatát és hozzájárul a hálózatban, a feszültség felharmonikus torzításának csökkentéséhez.

A hangolási frekvencia kifejezhető a fojtótekercs relatív impedanciájával (százalékban), vagy a hangolási nagyságrenddel, vagy közvetlenül Hz-ben.

A legáltalánosabb relatív impedancia értékek: 5.7, 7 és 14% (a 14% a harmadrendű felharmonikus feszültségek magas szintje mellett használatos).

A fojtott fázisjavító berendezés hangolási frekvenciájának a kiválasztása több tényezőtől függ:

- Zéró szekvenciájú felharmonikusok jelenléte (3, 9, ...).

- A felharmonikus torzítás szint csökkentésének a szükségessége.

- A kondenzátor és a fojtótekercs komponensek optimalizálása.

- A hangfrekvenciás távvezérlés frekvenciája, ha van ilyen.

- A távvezérlő installáció zavarásának megelőzésére a hangoló frekvenciát úgy kell kiválasztani, hogy az a hangfrekvenciás távvezérlés frekvenciánál kisebb értékű legyen.

- A fojtótekerccses alkalmazásokban a feszültség a kondenzátorok oldalán nagyobb, mint a hálózat névleges feszültsége. Ilyen esetben a kondenzátorokat úgy kell méretezni, hogy azok nagyobb feszültséget álljanak ki folyamatosan.

- A kiválasztott hangolási frekvenciától függően a felharmonikus áram egy részét a fojtótekercs elnyeli. Ilyen esetben úgy kell ezeket megtervezni, hogy az alap és a felharmonikus áramot kombinálva kiállják a nagyobb áramerősséget.

Effektív meddő energia

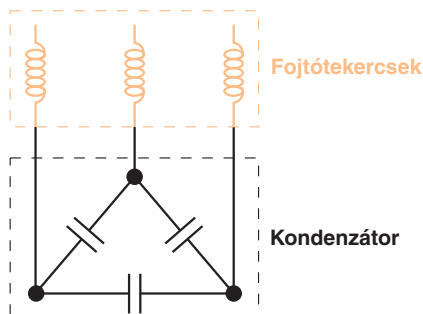
A fojtott fázisjavítóra vonatkozó oldalakon a táblázatokban szereplő meddő energia (kvar) az eredő meddő energia, amely kondenzátorok és fojtótekercek összesített eredménye.

Kondenzátor névleges feszültsége

A kondenzátorokat speciálisan fojtótekerccselésű alkalmazásban történő működtetésre tervezték. Az olyan paraméterek, mint például a névleges feszültség, a túlfeszültség vagy a túláram képességek javulnak a standard konfigurációhoz képest.

A fojtótekercek hangolási frekvenciájának kiválasztása (folytatás)

DB110651



A fojtótekercek feladata

A fojtótekercek feladata, hogy a villamos hálózatban jelen lévő felharmonikusok erősítésének megakadályozásával megvédje a kondenzátorokat. A fojtótekerceket a kondenzátorokkal sorosan kell kapcsolni.

Fontos! A fojtótekercek a kondenzátor kapcsain túlfeszültséget hoznak létre. Ezért 400 V névleges feszültségű hálózatban legalább 440 V névleges feszültségű kondenzátorokat kell alkalmazni.

Műszaki adatok

A hangolási frekvencia kiválasztása

A hangolási frekvencia (f_r) egyenlő az L-C kör rezonanciafrekvenciájával.

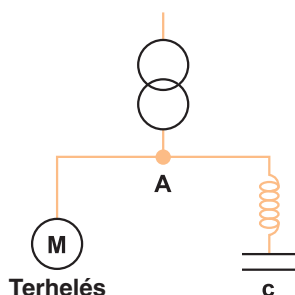
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Egy ún. hangolási tényezőt is definiálhatunk.

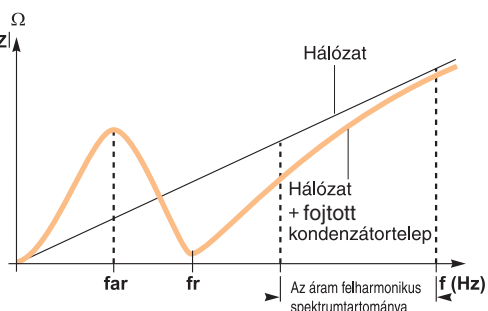
50 Hz frekvenciájú hálózat esetén:

$$n = \frac{f_r}{50 \text{ Hz}}$$

DB110652



DB110653



Jelleggörbe: Az impedancia az A ponton

■ A kiválasztott hangolási frekvenciára teljesülnie kell, hogy a rezonanciafrekvencia az áram felharmonikus spektrumtartományán kívül essen.

■ További lényeges szempont annak biztosítása, hogy a hangfrekvenciás távvezérlés üzemét ne zavarja. A leggyakrabban alkalmazott hangolási tényezők 3,8 és 4,3 (2,7, ha 3. rendszámú felharmonikus is szerepel).

Kapcsolat a hangolási frekvencia, a hangolási tényező és a relatív impedancia között (50 Hz-es hálózatokban)

Hangolási frekvencia (f_r)	Hangolási tényező ($n = f_r/f$)	Relatív impedancia ($P = 1/n^2$) %-ban
135 Hz	2,7	13,7 %
190 Hz	3,8	6,92 %
215 Hz	4,3	5,4 %

Fojtótekercek (400 V, 50 Hz) hangolási frekvenciájának kiválasztási táblázata

Felharmonikus termelő fogyasztók (Gh)	A hangfrekvenciás távvezérlés frekvenciája (Ft)			
	Távvez. nélkül	165 < Ft ≤ 250 Hz	250 < Ft ≤ 350 Hz	Ft > 350 Hz
Háromfázisú	Hangolási frekvencia			
Frekvenciaváltók, egyenirányítók, szünetmentes tápegységek, lágyindítók	135 Hz	135 Hz	190 Hz	215 Hz
	190 Hz	-	-	-
	215 Hz	-	-	-
Egyfázisú (Gh > 10 % Sn)	Hangolási frekvencia			
Gázkisülésű lámpák, elektronikus előtétrel rendelkező lámpák, fénycsövek, szünetmentes tápegységek, frekvenciaváltók, hegesztőgépek	135 Hz	135 Hz	135 Hz	135 Hz

Gh egyfázisú: az egyfázisú felharmonikus termelő fogyasztók látszólagos teljesítménye kVA-ban.



Mivel a harmonikusokat a nemlineáris terhelések okozzák, a harmonikusok nagyságrendjének mutatója a nemlineáris terhelések összteljesítménye és a transzformátor névleges értéke közötti arány.

Ennek az arálynak a jele:

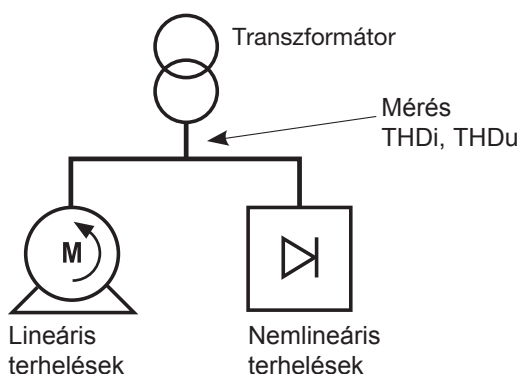
N_{LL} (nonlinear loads), ismert még a következőképpen is: G_n/S_n

N_{LL} = A nemlineáris terhelések összteljesítménye (G_n) / a transzformátor névleges teljesítménye (S_n)

Példa:

- > Transzformátor névleges paramétere: $S_n = 630$ kVA
- > Nemlineáris terhelések összteljesítménye: $G_n = 150$ kVA
- > $N_{LL} = (150 / 630) \times 100 = 24\%$.

Fontos! Tilos fojtott és nem fojtott fázisjavító berendezést ugyanazon a gyűjtősinen üzemeltetni, mert párhuzamos rezonanciák alakulnak ki, amely kritikus felharmonikus torzítást okoz!



A kondenzátor technológiát a legkedvezőtlenebb mérés alapján kell kiválasztani. Például egy mérés a következő eredményeket adja:

- THDi = 15%-os, akkor fojtótekerccsel kiegészített megoldást kell választani
- THDu = 3,5 % VarPlusCan / Energy megoldás.

Ha a THDi nagyobb, mint 10%, vagy a THDu nagyobb, mint 5% akkor fojtott megoldást kell választani.

Felharmonikusok definíciója

A felharmonikusok jelenléte a villamos rendszerben azt jelenti, hogy az áram és a feszültség torzul és eltér a szinuszos hullámformától. A felharmonikus áramok a hálózatokban keringő áramok, amelyek frekvenciája a hálózati frekvencia egész számú többszöröse. A harmonikus áramokat az elosztó rendszerhez kapcsolt nemlineáris terhelések okozzák. A terhelést akkor hívják nemlineárisnak, ha az általa gerjesztett áramnak nem ugyanolyan a hullámformája, mint a tápfeszültségnek.

A felharmonikus áramokat generáló nemlineáris terhelések leggyakrabban teljesítményelektronikát használnak, ilyenek például a frekvenciaváltók, az egyenirányítók, az inverterek stb. Az olyan terhelések, mint a hegesztő berendezések és az ívkemencék szintén generálnak felharmonikusokat.

Felharmonikusok hatása

A kondenzátorok különösen érzékenyek a felharmonikus áramokra, mivel impedanciájuk a meglévő felharmonikusok rendjével arányosan csökken. Ez a kondenzátor túlterheléséhez vezethet, ami hővesztésként jelenik meg és rövidíti az élettartamát. Bizonyos szélsőséges helyzetekben rezonancia fordulhat elő, aminek az eredménye a harmonikus áramok erősítése és nagyon magas feszültség torzítás. Továbbá a hálózati elemek túlterhelődhetnek, túlmelegedhetnek, ami lényegesen csökkenti védelmi funkcióikat.

Felharmonikusok figyelembe vétele

A nemlineáris terhelések százalékos aránya N_{LL} a felharmonikusok nagyságrendjének az első indikátora. A kondenzátorok javasolt kiválasztása függ az alábbi diagramban megadott N_{LL} értéktől.

$N_{LL} =$	10	20	25	50
EasyCan	→			
VarPlusCan	→	→		
Energy	→	→	→	
VarPlusCan / Energy Fojtótekerccsekkel	→	→	→	→

Felharmonikusok részletesebb elemzése

Fontos jellemző az áram harmonikus torzítása (THDi) és a feszültség harmonikus torzítása (THDu), amelynek a mérése a transzformátor szekunder oldalán történik kondenzátorok csatlakoztatása nélkül. A mért torzítás szerint különféle kondenzátor technológiák választhatók:

THDi (%)	5	8	10	20
EasyCan	→			
VarPlusCan	→	→		
Energy	→	→	→	
VarPlusCan / Energy Fojtótekerccsekkel	→	→	→	→

THDu (%)	3	5	8
EasyCan	→		
VarPlusCan	→	→	
Energy	→	→	
VarPlusCan / Energy Fojtótekerccsekkel	→	→	→

A kondenzátor névleges feszültsége és áramerőssége

Az **IEC 60681-1** szabvány szerint egy kondenzátor **névleges** feszültsége (U_N) alatt a folyamatosan megengedett üzemi feszültség értendő.

Egy **kondenzátor névleges árama (I_N)** az az áram, amely a kondenzátoron akkor folyik keresztül, ha sorkapcsaira a névleges feszültséget (U_N) kapcsoljuk, tisztán szinuszos feszültséget és a generált meddő teljesítmény (kvar) pontos értékét feltételezve.

A kondenzátor egységek folyamatos működésre alkalmasak az effektív áramértéknél ($1.3 \times I_N$ vagy $1.8 \times I_N$ attól függően, hogy EasyCan vagy VarPlus Can kondenzátorról beszélünk).

A hálózat feszültség-ingadozásainak túrése végett a kondenzátorokat úgy tervezték, hogy azok korlátozott ideig elviseljék a túlfeszültségeket.

A szabványnak történő megfelelés érdekében szükséges, hogy elviseljék az 1.1-szeres U_N túlfeszültséget 8 órán keresztül, 24 óránként.

Az EasyCan, VarPlus Can, VarPlus Box és VarPlus Box Energy kondenzátorokat úgy tervezték és tesztelték, hogy azok ipari hálózatokban biztonságosan működjenek. A tervezési ráhagyás lehetővé teszi a kondenzátorok működését feszültség ingadozások és egyéb általános zavarok mellett. Kondenzátorok kiválaszthatóak a hálózati feszültségnek megfelelő névleges feszültséggel.

A várható villamos zavarok különböző szintjeire különféle technológiákat javasolunk, a legszigorúbb működési körülményekre adaptált kondenzátorok (**VarPlus Can és VarPlus Box Energy**) esetén.

VarPlus Can és VarPlus Box kondenzátorokat fojtótekercsekkel együtt történő használatkor a hálózat üzemi feszültségénél (U_s) nagyobb névleges feszültségűre kell tervezni. Fojtótekercses alkalmazásokban a feszültség a kondenzátorok oldalán nagyobb, mint a hálózati névleges feszültség (U_s).

A fojtótekercses alkalmazások esetén használt kondenzátorok névleges feszültségét ajánlott a hálózat üzemi feszültségére (U_s) és a relatív impedanciára méretezni, az alábbi táblázat alapján.

Ezek az értékek biztonságos működést biztosítanak a legkedvezőtlenebb működési körülmények között is.

Minden esetben a hálózat előzetes felmérése ajánlott.

Kondenzátor névleges feszültsége U _N (V)		Hálózat üzemi feszültsége U _s (V)	
		50 Hz	
		400	690
Relatív impedancia (%)	5.7	440-480	830
	7		
	14		
		480-525	

Hálózati feszültség szint osztva, egy mínusz a fojtótekercsek relatív impedanciája plusz 10% biztonsági ráhagyás, amennyiben a hálózaton várható feszültség ingadozás napi 8 óránál hosszabb összesített időtartamban :

14%-os fojtótekercs:

Stabil hálózat esetén: $(400/(1-13,7\%)) = 463,5V$ $\Rightarrow$ 480V-os kondenzátor ajánlott
 Biztonsági ráhagyással: $(400/(1-13,7\%))*1,1 = 509,85V$ $\Rightarrow$ 525V-os kondenzátor ajánlott

A kompenzálás kiválasztása ipari környezetben

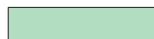
Ügyféligények

A lenti táblázatban a különféle tevékenységekben használt jellemző megoldások találhatók.

Bármely esetben erősen ajánlott helyszíni méréseket végezni a végleges megoldás indokolt kiválasztására.

Ipar		
	VarPlus Can kondenzátorok	VarPlus Can kondenzátorok főtételezőkkel
Élelmiszer és Ital		
Textil		
Fa		
Papír		
Nyomtatás		
Vegy - Gyógyszerészet		
Műanyag		
Üveg - Kerámia		
Acélfeldolgozás		
Kohászat		
Gépjármű		
Cement		
Bánya		
Finomító		
Mikroelektronika		
Tercier alkalmazások		
Bank - Biztosító		
Szupermarket		
Kórház		
Stadion		
Vidámpark		
Szálloda - Iroda		
Közművek és infrastruktúra		
Alállomás		
Vízkezelés		
Adatközpont		
Vasút		
Repülőtér		
Metró		
Híd		
Alagút		
Szélerőmű		

Rendszerint (70%)



Lehetséges (30%)



Kondenzátor kiválasztási útmutató

A kondenzátorokat az élettartamuk során várható üzemi körülményektől függően kell kiválasztani.

Megoldás	Leírás	Ajánlott felhasználás	Max. körülmény
EasyCan	Lineáris terhelés esetén alkalmazott	> Nem jelentős számú nemlineáris terhelés a hálózaton	$N_{LL} \leq 10\%$
		> Standard túláram	$1.5 I_N$
		> Általános működési hőmérséklet	40 °C (C osztály)
		> Várható élettartam	Max. 100,000h*
VarPlus Can & Box	Magas igénybevételű kondenzátor	> Néhány nemlineáris terhelés	$N_{LL} \leq 20\%$
		> Jelentős túláram	$1.8 I_N$
		> Általános működési hőmérséklet	40 °C (C osztály)
		> Várható élettartam	Max. 130,000h*
VarPlus Box Energy	Kondenzátor speciális körülmények esetére	> Jelentős számú nemlineáris terhelés (max. 25%)	$N_{LL} \leq 25\%$
		> Súlyos túláram	$2.5 I_N$
		> Szélsőséges hőmérsékleti viszonyok	55 °C
		> Hosszú várható élettartam	Max. 160,000h*

* A maximális várható élettartam megadása a standard üzemi körülményekre történik: névleges feszültség (U_N), névleges áram (I_N), 25 °C-os környezeti hőmérséklet. A várható élettartam csökken, ha a kondenzátorok felhasználása a maximális működési viszonyok mellett történik.

Mivel a felharmonikusokat a nemlineáris terhelések okozzák, a felharmonikusok nagyságrendjének az arányát, a nemlineáris terhelések összteljesítménye és a betáp transzformátor névleges értéke közötti arány mutatja.

Ennek az arálynak a jele: N_{LL} , ismert még a következőképpen is: G_n/S_n :
 $N_{LL} = A$ nemlineáris terhelések összteljesítménye (G_n) / transzformátor névleges teljesítménye (S_n).

Példa:

Betáp transzformátor besorolása: $S_n = 630$ kVA

Nemlineáris terhelések összteljesítménye: $G_n = 150$ kVA

$N_{LL} = (150/630) \times 100 = 24\%$

Ajánlott a fojtótekercek használata, felharmonikus besorolású kondenzátorokkal (a névleges feszültség itt nagyobb mint a hálózat üzemi feszültsége – lásd a felharmonikus alkalmazási táblázatokat)

$N_{LL} > 25\%$ és max. 50%.

Megjegyzés: Nagy kockázattal jár az, ha a kondenzátorok kiválasztása csak a nemlineáris terhelés (N_{LL}) aránya alapján történik, mivel a felharmonikusok a hálózatban az áram felerősödését okozhatják és a kondenzátorok más eszközökkel együtt meghibásodhatnak.

A rendelési számok felépítésének elve

Kondenzátorok

B	L	R	C	H	1	0	4	A	1	2	5	B	4	0
			Konstrukció	Megoldás	Teljesítmény				60 Hz-nél				Feszültség	
			C = CAN (Serlegkondenzátor)	S = EasyCan H = VarPlus Can E = VarPlus Energy	50 Hz-nél				12.5 kvar				24 - 240 V	
					10.4 kvar				B = 60 Hz				40 - 400 V	
			B = BOX (Kondenzátortelep)		A = 50 Hz				"000B" esetén				44 - 440 V	
									A kondenzátor				48 - 480 V	
									Csak 50 Hz-en használható				52 - 525 V	
													57 - 575 V	
													60 - 600 V	
													69 - 690 V	
													83 - 830 V	

Példa:

BLRCS200A240B44 = VarPlus Can 480 V, 17.2 kvar 50 Hz-nél és 20.6 kvar 60 Hz-nél

Fójtótekerccselés

L	V	R	0	7	1	2	5	A	40	T
		Fójtótekerccs (Detuned Reactor)	Relatív impedancia		Teljesítmény			Frekvencia	Feszültség	
			05 = 5.7%		12.5 kvar			A = 50 Hz	40 - 400 V	
			07 = 7%					B = 60 Hz	48 - 480 V	
			14 = 14%						60 - 600 V	
									69 - 690 V	

Példa:

LVR07250A40T = Fójtótekerccs, 400 V, 7%, 25 kvar, 50 Hz.