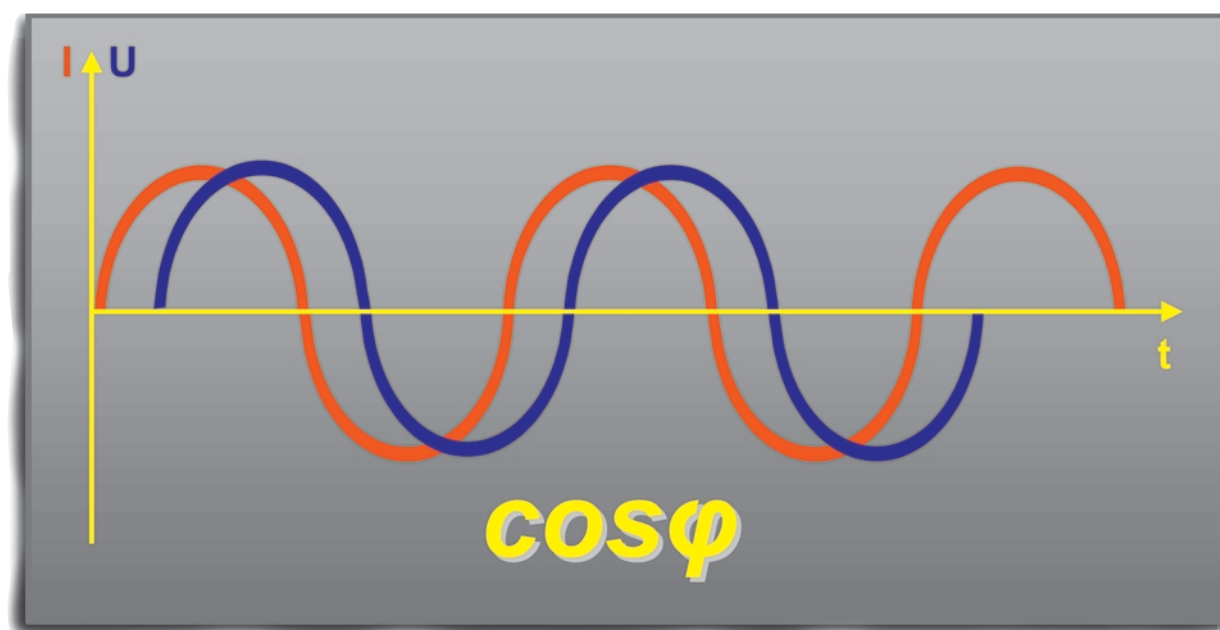




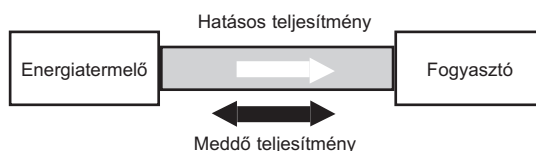
## [ MEDDŐ TELJESÍTMÉNY KOMPENZÁLÁS ]

|                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Hatásos és meddő teljesítmény, meddő teljesítmény kompenzálás</b>      | <b>2</b>  |
| <b>Meddővételezésre vonatkozó árszabás</b>                                | <b>3</b>  |
| <b>A fázisjavítás általános méretezése</b>                                | <b>4</b>  |
| <b>Átszámítási értékek (<math>\text{tg}\phi - \text{tg}\phi_1</math>)</b> | <b>7</b>  |
| <b>Tervezés a teljesítménymérleg alapján</b>                              | <b>8</b>  |
| <b>Hangfrekvenciás záruk</b>                                              | <b>9</b>  |
| <b>Kompenzálás felharmonikusokkal rendelkező hálózatban</b>               | <b>10</b> |
| <b>Elhangolt szűrőkörök, hangolt szűrőkörök (szívókörök)</b>              | <b>13</b> |
| <b>Tervezési útmutató fojtós berendezésekhez</b>                          | <b>14</b> |
| <b>Kompenzációs módok</b>                                                 | <b>15</b> |
| <b>A kompenzációs módok előnyei és hátrányai</b>                          | <b>17</b> |
| <b>MKP serlegkondenzátor mint alapelem</b>                                | <b>18</b> |
| <b>A fázisjavító berendezések túlmelegedés elleni védelme</b>             | <b>20</b> |
| <b>Fázisjavító berendezések bekötése</b>                                  | <b>21</b> |
| <b>Tirisztoros fázisjavító berendezés</b>                                 | <b>22</b> |

## [Hatásos és meddő teljesítmény, meddő teljesítmény kompenzálás]

Az elektromos energia előállítására, átvitelére és elosztására jelenleg szinte kizárólag váltakozó áramot használnak. Ennél az energiafajtánál kétféle teljesítményfajtát különböztetünk meg. A legfontosabb teljesítmény természetesen a fogyasztó által hasznosított teljesítmény, pl. a motor hajtási teljesítménye vagy az olvasztókemence hőteljesítménye. Ezt hatásos teljesítménynek nevezzük. Az elektromos gépekben, készülékekben és vezetékekben keletkező hőveszteség is ide tartozik. A hatásos teljesítmények általános értelemben olyan teljesítmények, amelyeket a fogyasztó valamiképpen kivesz a hálózathoz és semmiképpen nem ad vissza az energia-előállítónak.

Az összes elektromágneses elven működő gépnél és készüléknél, pl. transzformátorok, fojtókercsek és motorok, a működésből adódóan egy másik teljesítmény is fellép. E berendezésekben ugyanis a rákapcsolt váltakozó áram frekvenciájának ütemében mágneses mező jön létre, majd szűnik meg. Az ehhez szükséges teljesítményt is a hálózat szolgáltatja. Ez a teljesítmény a mágneses mezőben nem kerül felhasználásra, csak tárolódik, a mágneses mező megszűnésekor visszafolyik a hálózathoz. Ezt a teljesítményt ezért meddő teljesítménynek nevezzük. A 1.01 ábra vázlatosan ismerteti a folyamatokat.



1.01 ábra

A mágneses mező meddő teljesítményének az energiatermelő és -fogyasztó közötti szállítása induktív meddő áram segítségével történik, amely természetesen az energiatermelőben és a vezetékekben veszteségi hőt hoz létre. Ezért kívánatos az energiatermelőt és a vezetéket mentesíteni a meddő teljesítménytől, mert utána mindkét berendezés jobban terhelhető hatásos teljesítménnyel és ezáltal jobban kihasználható.

Az induktív meddő áramtól való mentesítés a legjobban egy hasonló fajtájú meddő árammal érhető el, amely azonban ellenkező irányban folyik és ezáltal megszünteti, ill. kompenzálja az induktív meddő áramot. Ezt a követelményt ideális módon teljesíti a kondenzátorokban az elektromos mező létrehozásához szükséges kapacitív meddő áram, mert ugyanolyan ütemben ingadozik, mint az induktív áram, azonban olyan időbeli fáziseltolódással, hogy a kondenzátor megfelelő méretezése esetén, létrejön a kívánt kompenzálás. A meddő teljesítmény ezután már csak a fogyasztó és a kompenzáló eszköz között ingázik. Ha tehát egy ilyen kompenzáló berendezést közvetlenül az induktív meddő teljesítményt igénylő fogyasztóhoz kapcsolunk, akkor a vezeték és az energiatermelő a legkedvezőbb esetben egyáltalán nem vezet meddő áramot, így optimális mértékű hatásos teljesítményt szállíthatnak (1.02 ábra).



1.02 ábra

A meddő teljesítmény kompenzálás értelme tehát elsősorban a nagyobb energiaforgalmú elektromos berendezések gazdaságosságának növelése.

## [Meddővételezésére vonatkozó árszabás]

A meddő villamos energia elszámolása a jelenleg a villamosenergia vételezésre vonatkozó (9/1999. III. 19. GM) rendelet szerint történik.

Az elszámolási időszakhoz tartozó induktív villamos energiának a hatásos villamos energia százalékában figyelembe veendő határértékei:

- nagyfeszültségen : 40 %
- középvezetési feszültségen : 30 %
- kisfeszültségen : 20 %

- A fent említett értékeket meg nem haladó induktív meddőenergia díjmentes.

- A határértéket meghaladó meddő energia esetén pótdíjat kell fizetni az összes meddő energia után, ami a Ft/kWh csúcsideji áramdíj értékének 15%-a Ft/kVArh-ban kifejezve.

3

| cosinus fi | Meddő fogyasztás díja a hatásoshoz képest (%) | A meddő energia a hatásos energia százalékában (%) |
|------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0,99       | 0,00                                          | 14,25                                              |
| 0,97       | 3,76                                          | 25,06                                              |
| 0,95       | 4,93                                          | 32,87                                              |
| 0,93       | 5,93                                          | 39,52                                              |
| 0,91       | 6,83                                          | 45,56                                              |
| 0,89       | 7,68                                          | 51,23                                              |
| 0,87       | 8,50                                          | 56,67                                              |
| 0,85       | 9,30                                          | 61,97                                              |
| 0,83       | 10,08                                         | 67,20                                              |
| 0,81       | 10,86                                         | 72,40                                              |
| 0,79       | 11,64                                         | 77,61                                              |
| 0,77       | 12,43                                         | 82,86                                              |
| 0,75       | 13,23                                         | 88,19                                              |
| 0,73       | 14,04                                         | 93,62                                              |
| 0,71       | 14,88                                         | 99,18                                              |

Tájékoztató táblázat a meddő költségek alakulásáról

A fenti táblázatból jól látszik, hogy nem túl rossz cosinus fi vételezés mellett is drágább az energia, mint kompenzált vételezés mellett. Például cosinus fi 0,93 esetén, közel 6%-kal kerül többbe a villamosenergia. Minden fogyasztónak tehát komoly gazdasági érdeke fűződik ezért a minél kisebb mértékű meddő energia vételezéshez, ami megfelelően méretezett kompenzáló berendezés beépítésével oldható meg.

## [A fázisjavítás általános méretezése]

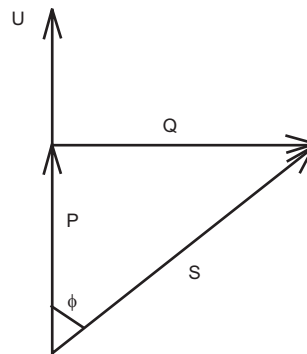
A kompenzációs méretezéshez jól használhatók az elektrotechnikai számítási eljárások és vektordiagramok. A 2.02a ábra vektordiagramjai megmutatják az induktív váltakozó áramú kör különböző teljesítményfajtái és áramai közötti számszerű összefüggéseket. Ezekből leolvasható, hogy pl.

$$\cos \phi = \frac{P}{S} = \frac{I_w}{I}$$

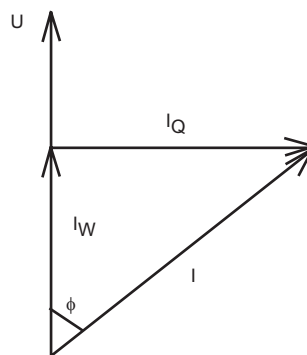
$$I_Q = I_w \cdot \tan \phi$$

$$P = S \cdot \cos \phi$$

$$Q = P \cdot \tan \phi$$



U = Feszültség  
P = Hatásos teljesítmény  
Q = Meddő teljesítmény  
S = Látszólagos teljesítmény  
 $\phi$  = Fázisszög

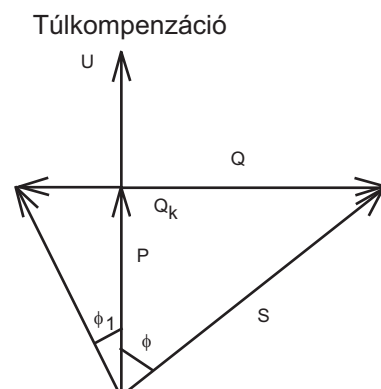
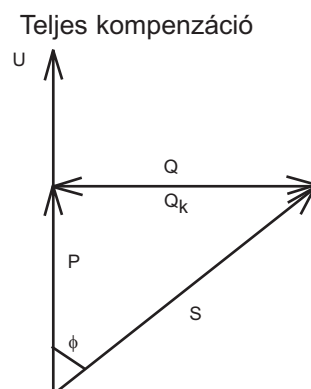
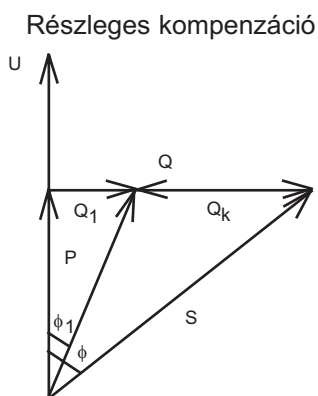


U = Feszültség  
 $I_w$  = Hatásos áram  
 $I_Q$  = Meddő áram  
I = Teljes áram  
 $\phi$  = Fázisszög

2.02a ábra

Ha a meglévő, induktív meddő teljesítményű fogyasztóval párhuzamosan kapcsolunk egy kondenzátort, akkor e kondenzátor értékétől függően részleges kompenzáció, teljes kompenzáció vagy túlkompenzáció jöhet létre.

A hozzá tartozó vektorábrákat a 2.02b ábra mutatja. A gyakorlatban legsűrűbben előforduló eset a részleges kompenzáció, a teljes kompenzációt (2.02b középső ábra) gazdasági és műszaki okokból nem célszerű választani.



2.02b ábra

A részleges kompenzáció méretezéséhez a 2.02b ábráról leolvasható, hogy az alkalmazandó kondenzátorteljesítményt

$$Q = P \cdot (\operatorname{tg} \phi - \operatorname{tg} \phi_1)$$

képletből kapjuk meg, ahol  $\phi$  az eredeti fázisszög,  $\phi_1$  az elérni kívánt részleges kompenzáció fázisszöge.

E méretezési alapelv gyakorlati alkalmazásához meg kell állapítani a kompenzálás nélküli, kiindulási értékeket.

Ezek a következők lehetnek:

- a)  $P$  hatásos teljesítmény (mérés teljesítménymérővel vagy hatásosfogyasztás-mérővel),  $I$  teljes áram (mérés árammérővel), vagy
- b)  $\cos \phi$  teljesítménytényező (mérés  $\cos \phi$ -mérővel),  $I$  teljes áram (mérés árammérővel), vagy
- c)  $W$  hatásosteljesítmény-fogyasztás (áramszámla alapján),  $P$  maximális hatásos teljesítmény (áramszámla alapján),  $W_Q$  meddőteljesítmény-fogyasztás (áramszámla alapján).

Az a) esetben az  $I$ -ből kiszámítható a látszólagos teljesítmény

$$S = U \cdot I \text{ (egyfázisú váltakozó áram esetén)}$$

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \text{ (háromfázisú váltakozó áram esetén)}$$

Így a teljesítménytényező

$$\cos \phi = \frac{P}{S}$$

E teljesítménytényezőhöz a 7. oldalon lévő táblázatban megtalálható a hozzá tartozó  $\operatorname{tg} \phi$ , ezáltal a meddő teljesítmény

$$Q = P \cdot \operatorname{tg} \phi$$

A b) esetben szintén a látszólagos teljesítményt kell meghatározni. Ezzel és a közvetlenül mérhető teljesítménytényezővel az a) pont szerint kell eljárni.

A c) esetben

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{W_Q}{W}$$

és a 7. oldalon lévő táblázat alapján megkapjuk a teljesítménytényezőt és a meddő teljesítményt az a) pontban leírtak szerint. Így már ismertek a kiindulási értékek.

Ezután a beépítendő kompenzáció értékét kell meghatározni, melynél a műszaki szempontok mellett a gazdaságiak is fontos szerepet játszanak. Ha teljes kompenzálást határozzunk el, akkor a 2.02b ábra szerint a kondenzátorteljesítmény

$$Q_K = P \cdot \operatorname{tg} \phi .$$

Ehhez egy számpélda:

Egy  $P = 60$  kW hatásos teljesítményű,  $\cos \phi = 0,6$  értékű (adattábla szerint) motort kompenzálni kell. A táblázatból kikereshető a hozzátartozó  $\tan \phi = 1,333$  érték. Így a motor által névleges terhelésnél felvett meddő teljesítmény

$$Q = 60 \cdot 1,333 \text{ kvar} = 80 \text{ kvar.}$$

A teljes kompenzációhoz ezek szerint szintén 80 kvar kondenzátorteljesítményt kellene felhasználni. Mivel azonban a motor részterhelésnél vagy üresjáratban 80 kvar-nál kevesebb meddő teljesítményt vesz fel, ilyen esetben túlkompenzálás jönne létre, amely már semmiféle gazdasági előnnyel nem jár, sőt adott esetben műszaki nehézségeket okozhat. Ezért pl. névleges terheléshez  $\cos \phi = 0,9$  kompenzációs értéket tervezünk.

A 7. oldali táblázat alapján

$$\tan \phi - \tan \phi_1 = 0,85$$

$$Q_K = P \cdot 0,85$$

azaz, így ~ 55 kvar kondenzátor teljesítmény adódik.

## [Átszámítási értékek ( $\text{tg}\phi - \text{tg}\phi_1$ )]

| Adott teljesítménytényező |             | Kívánt teljesítménytényező $\cos \phi_1$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|-------------|------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\text{tg} \phi$          | $\cos \phi$ | 0,83                                     | 0,84 | 0,85 | 0,86 | 0,87 | 0,88 | 0,89 | 0,90 | 0,91 | 0,92 | 0,93 | 0,94 | 0,95 | 0,96 | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 1,00 |
| 1,73                      | 0,50        | 1,06                                     | 1,09 | 1,11 | 1,14 | 1,17 | 1,19 | 1,22 | 1,25 | 1,28 | 1,31 | 1,34 | 1,37 | 1,40 | 1,44 | 1,48 | 1,53 | 1,59 | 1,73 |
| 1,68                      | 0,51        | 1,02                                     | 1,04 | 1,07 | 1,09 | 1,12 | 1,15 | 1,18 | 1,20 | 1,23 | 1,26 | 1,29 | 1,32 | 1,36 | 1,40 | 1,44 | 1,48 | 1,54 | 1,69 |
| 1,64                      | 0,52        | 0,97                                     | 1,00 | 1,02 | 1,05 | 1,08 | 1,10 | 1,13 | 1,16 | 1,19 | 1,22 | 1,25 | 1,28 | 1,31 | 1,35 | 1,39 | 1,44 | 1,50 | 1,64 |
| 1,60                      | 0,53        | 0,93                                     | 0,95 | 0,98 | 1,01 | 1,03 | 1,06 | 1,09 | 1,12 | 1,14 | 1,17 | 1,21 | 1,24 | 1,27 | 1,31 | 1,35 | 1,40 | 1,46 | 1,60 |
| 1,56                      | 0,54        | 0,89                                     | 0,91 | 0,94 | 0,97 | 0,99 | 1,02 | 1,05 | 1,08 | 1,10 | 1,13 | 1,16 | 1,20 | 1,23 | 1,27 | 1,31 | 1,36 | 1,42 | 1,56 |
| 1,52                      | 0,55        | 0,85                                     | 0,87 | 0,90 | 0,93 | 0,95 | 0,98 | 1,01 | 1,04 | 1,06 | 1,09 | 1,12 | 1,17 | 1,19 | 1,23 | 1,27 | 1,32 | 1,38 | 1,52 |
| 1,48                      | 0,56        | 0,81                                     | 0,83 | 0,86 | 0,89 | 0,91 | 0,94 | 0,97 | 1,00 | 1,02 | 1,05 | 1,09 | 1,12 | 1,15 | 1,19 | 1,23 | 1,28 | 1,34 | 1,48 |
| 1,44                      | 0,57        | 0,77                                     | 0,80 | 0,82 | 0,85 | 0,88 | 0,90 | 0,93 | 0,96 | 0,99 | 1,02 | 1,05 | 1,08 | 1,11 | 1,15 | 1,19 | 1,24 | 1,30 | 1,44 |
| 1,41                      | 0,58        | 0,73                                     | 0,76 | 0,79 | 0,81 | 0,84 | 0,87 | 0,89 | 0,92 | 0,95 | 0,98 | 1,01 | 1,04 | 1,08 | 1,11 | 1,15 | 1,20 | 1,26 | 1,41 |
| 1,36                      | 0,59        | 0,70                                     | 0,72 | 0,75 | 0,78 | 0,80 | 0,83 | 0,86 | 0,89 | 0,91 | 0,94 | 0,97 | 1,01 | 1,04 | 1,08 | 1,12 | 1,17 | 1,23 | 1,37 |
| 1,33                      | 0,60        | 0,66                                     | 0,69 | 0,71 | 0,74 | 0,77 | 0,79 | 0,82 | 0,85 | 0,88 | 0,91 | 0,94 | 0,97 | 1,00 | 1,04 | 1,08 | 1,13 | 1,19 | 1,33 |
| 1,30                      | 0,61        | 0,63                                     | 0,65 | 0,68 | 0,71 | 0,73 | 0,76 | 0,79 | 0,82 | 0,84 | 0,87 | 0,90 | 0,94 | 0,97 | 1,01 | 1,05 | 1,10 | 1,16 | 1,30 |
| 1,27                      | 0,62        | 0,59                                     | 0,62 | 0,65 | 0,67 | 0,70 | 0,73 | 0,75 | 0,78 | 0,81 | 0,84 | 0,87 | 0,90 | 0,94 | 0,97 | 1,02 | 1,06 | 1,12 | 1,27 |
| 1,23                      | 0,63        | 0,56                                     | 0,59 | 0,61 | 0,64 | 0,67 | 0,69 | 0,72 | 0,75 | 0,78 | 0,81 | 0,84 | 0,87 | 0,90 | 0,94 | 0,98 | 1,03 | 1,09 | 1,23 |
| 1,20                      | 0,64        | 0,53                                     | 0,56 | 0,58 | 0,61 | 0,63 | 0,66 | 0,69 | 0,72 | 0,75 | 0,78 | 0,81 | 0,84 | 0,87 | 0,91 | 0,95 | 1,00 | 1,06 | 1,20 |
| 1,17                      | 0,65        | 0,50                                     | 0,52 | 0,55 | 0,58 | 0,60 | 0,63 | 0,66 | 0,69 | 0,71 | 0,74 | 0,77 | 0,81 | 0,84 | 0,88 | 0,92 | 0,97 | 1,03 | 1,17 |
| 1,14                      | 0,66        | 0,47                                     | 0,49 | 0,52 | 0,55 | 0,57 | 0,60 | 0,63 | 0,65 | 0,68 | 0,71 | 0,74 | 0,78 | 0,81 | 0,85 | 0,89 | 0,94 | 1,00 | 1,14 |
| 1,11                      | 0,67        | 0,44                                     | 0,46 | 0,49 | 0,52 | 0,54 | 0,57 | 0,60 | 0,62 | 0,65 | 0,68 | 0,71 | 0,75 | 0,78 | 0,82 | 0,86 | 0,91 | 0,97 | 1,11 |
| 1,08                      | 0,68        | 0,41                                     | 0,43 | 0,46 | 0,49 | 0,51 | 0,54 | 0,57 | 0,59 | 0,62 | 0,65 | 0,68 | 0,72 | 0,75 | 0,79 | 0,83 | 0,88 | 0,94 | 1,08 |
| 1,05                      | 0,69        | 0,38                                     | 0,40 | 0,43 | 0,46 | 0,48 | 0,51 | 0,54 | 0,57 | 0,59 | 0,62 | 0,65 | 0,69 | 0,72 | 0,76 | 0,80 | 0,85 | 0,91 | 1,05 |
| 1,02                      | 0,70        | 0,35                                     | 0,37 | 0,40 | 0,43 | 0,45 | 0,48 | 0,51 | 0,54 | 0,56 | 0,59 | 0,63 | 0,66 | 0,69 | 0,73 | 0,77 | 0,82 | 0,88 | 1,02 |
| 0,99                      | 0,71        | 0,32                                     | 0,35 | 0,37 | 0,40 | 0,43 | 0,45 | 0,48 | 0,51 | 0,54 | 0,57 | 0,60 | 0,63 | 0,66 | 0,70 | 0,74 | 0,79 | 0,85 | 0,99 |
| 0,96                      | 0,72        | 0,29                                     | 0,32 | 0,34 | 0,37 | 0,40 | 0,42 | 0,45 | 0,48 | 0,51 | 0,54 | 0,57 | 0,60 | 0,64 | 0,67 | 0,71 | 0,76 | 0,82 | 0,96 |
| 0,94                      | 0,73        | 0,26                                     | 0,29 | 0,32 | 0,34 | 0,37 | 0,40 | 0,42 | 0,45 | 0,48 | 0,51 | 0,54 | 0,57 | 0,61 | 0,64 | 0,69 | 0,73 | 0,79 | 0,94 |
| 0,91                      | 0,74        | 0,24                                     | 0,26 | 0,29 | 0,32 | 0,34 | 0,37 | 0,40 | 0,43 | 0,45 | 0,48 | 0,51 | 0,55 | 0,58 | 0,62 | 0,66 | 0,71 | 0,77 | 0,91 |
| 0,89                      | 0,75        | 0,21                                     | 0,24 | 0,26 | 0,29 | 0,32 | 0,34 | 0,37 | 0,40 | 0,43 | 0,46 | 0,49 | 0,52 | 0,55 | 0,59 | 0,63 | 0,68 | 0,74 | 0,88 |
| 0,86                      | 0,76        | 0,18                                     | 0,21 | 0,24 | 0,26 | 0,29 | 0,32 | 0,34 | 0,37 | 0,40 | 0,43 | 0,46 | 0,49 | 0,53 | 0,56 | 0,60 | 0,65 | 0,71 | 0,86 |
| 0,83                      | 0,77        | 0,16                                     | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,26 | 0,29 | 0,32 | 0,35 | 0,37 | 0,40 | 0,43 | 0,47 | 0,50 | 0,54 | 0,58 | 0,63 | 0,69 | 0,83 |
| 0,80                      | 0,78        | 0,13                                     | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,26 | 0,29 | 0,32 | 0,35 | 0,38 | 0,41 | 0,44 | 0,47 | 0,51 | 0,55 | 0,60 | 0,66 | 0,80 |
| 0,78                      | 0,79        | 0,10                                     | 0,13 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,26 | 0,29 | 0,32 | 0,35 | 0,38 | 0,41 | 0,45 | 0,48 | 0,53 | 0,57 | 0,63 | 0,78 |
| 0,75                      | 0,80        | 0,08                                     | 0,10 | 0,13 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,27 | 0,29 | 0,32 | 0,36 | 0,39 | 0,42 | 0,46 | 0,50 | 0,55 | 0,61 | 0,75 |
| 0,72                      | 0,81        | 0,05                                     | 0,08 | 0,10 | 0,13 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,27 | 0,30 | 0,33 | 0,36 | 0,40 | 0,43 | 0,47 | 0,52 | 0,58 | 0,72 |
| 0,70                      | 0,82        | 0,03                                     | 0,05 | 0,08 | 0,11 | 0,13 | 0,16 | 0,19 | 0,21 | 0,24 | 0,27 | 0,30 | 0,34 | 0,37 | 0,41 | 0,45 | 0,50 | 0,56 | 0,70 |
| 0,67                      | 0,83        | 0,00                                     | 0,03 | 0,05 | 0,08 | 0,11 | 0,13 | 0,16 | 0,18 | 0,22 | 0,25 | 0,28 | 0,31 | 0,34 | 0,38 | 0,42 | 0,47 | 0,53 | 0,67 |
| 0,65                      | 0,84        |                                          | 0,00 | 0,03 | 0,05 | 0,08 | 0,11 | 0,13 | 0,16 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,28 | 0,32 | 0,35 | 0,40 | 0,44 | 0,50 | 0,65 |
| 0,62                      | 0,85        |                                          |      | 0,00 | 0,03 | 0,05 | 0,08 | 0,11 | 0,14 | 0,16 | 0,19 | 0,23 | 0,26 | 0,29 | 0,33 | 0,37 | 0,42 | 0,48 | 0,62 |
| 0,59                      | 0,86        |                                          |      |      | 0,00 | 0,03 | 0,05 | 0,08 | 0,11 | 0,14 | 0,17 | 0,20 | 0,23 | 0,26 | 0,30 | 0,34 | 0,39 | 0,45 | 0,59 |
| 0,57                      | 0,87        |                                          |      |      |      | 0,00 | 0,03 | 0,06 | 0,08 | 0,11 | 0,14 | 0,17 | 0,20 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | 0,36 | 0,42 | 0,57 |
| 0,54                      | 0,88        |                                          |      |      |      |      | 0,00 | 0,03 | 0,06 | 0,08 | 0,11 | 0,15 | 0,18 | 0,21 | 0,25 | 0,29 | 0,34 | 0,40 | 0,54 |
| 0,51                      | 0,89        |                                          |      |      |      |      |      | 0,00 | 0,03 | 0,06 | 0,09 | 0,12 | 0,15 | 0,18 | 0,22 | 0,26 | 0,31 | 0,37 | 0,51 |
| 0,46                      | 0,90        |                                          |      |      |      |      |      |      | 0,00 | 0,03 | 0,06 | 0,09 | 0,12 | 0,16 | 0,19 | 0,23 | 0,28 | 0,34 | 0,48 |
| 0,45                      | 0,91        |                                          |      |      |      |      |      |      |      | 0,00 | 0,03 | 0,06 | 0,09 | 0,13 | 0,16 | 0,21 | 0,25 | 0,31 | 0,46 |
| 0,42                      | 0,92        |                                          |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,00 | 0,03 | 0,06 | 0,10 | 0,13 | 0,18 | 0,22 | 0,28 | 0,43 |
| 0,39                      | 0,93        |                                          |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,00 | 0,03 | 0,07 | 0,10 | 0,14 | 0,19 | 0,25 | 0,40 |
| 0,36                      | 0,94        |                                          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,00 | 0,03 | 0,07 | 0,11 | 0,16 | 0,22 | 0,36 |
| 0,33                      | 0,95        |                                          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,00 | 0,04 | 0,08 | 0,13 | 0,19 | 0,33 |
| 0,29                      | 0,96        |                                          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,00 | 0,04 | 0,09 | 0,15 | 0,29 |
| 0,25                      | 0,97        |                                          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,00 | 0,05 | 0,11 | 0,25 |
| 0,20                      | 0,98        |                                          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,00 | 0,06 | 0,20 |
| 0,14                      | 0,99        |                                          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 0,00 | 0,14 |

A táblázat a  $\text{tg}\phi - \text{tg}\phi_1$  értékeket tartalmazza, amellyel megszorozva a hatásos teljesítmény értékét (P), megkapjuk a kompenzáláshoz szükséges meddőteljesítmény mennyiségét.



## [Tervezés a teljesítménymérleg alapján]

Ha a tervezési stádiumban nem állnak rendelkezésre pontos adatok, akkor teljesítménymérleggel legalább egy maximális teljesítmény igényt kell megállapítani.

A teljesítménymérleg alkalmazásánál először meg kell határozni a fogyasztó csoportokat, azaz az azonos rendeltetésű berendezéseket (pl. daruk, szivattyúk, stb.). Ezután meg kell állapítani a fogyasztó csoporton belüli egyidejűségi tényezőket. Ez a tapasztalatok szerint fogyasztótól függően 0,3 és 0,8 között ingadozik. Következő lépés a fogyasztó csoportok természetes teljesítménytényezőjének meghatározása, amelyhez az alábbi táblázat ad segítséget. A fenti adatok birtokában kiszámítható a hatásos és meddő teljesítmény igény, amelyből a kompenzálás mértéke már számítható az előzőekben leírt módon.

| Fogyasztó                                 | Természetes teljesítménytényező<br>(nem kompenzált) |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>Élelmiszeripar</b>                     |                                                     |
| Mészárszék                                | 0,6 ... 0,7                                         |
| Sütődék                                   | 0,6 ... 0,7                                         |
| Tejgazdaságok                             | 0,6 ... 0,8                                         |
| Malmok                                    | 0,6 ... 0,7                                         |
| Sörgyárok                                 | 0,6 ... 0,7                                         |
| Dohánygyárok                              | 0,6 ... 0,7                                         |
| Cukorgyárok                               | 0,6 ... 0,85                                        |
| Hűtőházak                                 | 0,6 ... 0,7                                         |
| <b>Faipar</b>                             |                                                     |
| Fűrészüzemek                              | 0,6 ... 0,7                                         |
| Száritóberendezések                       | 0,8 ... 0,9                                         |
| Rétegeltlemez-gyárok                      | 0,6 ... 0,7                                         |
| Bútor- és épületasztalos üzemek           | 0,6 ... 0,7                                         |
| <b>Fémfeldolgozás</b>                     |                                                     |
| Szerszámgépek kisszériás gyártáshoz       | 0,4 ... 0,5                                         |
| Szerszámgépek nagyszériás gyártáshoz      | 0,5 ... 0,6                                         |
| Hegesztőgépek                             | 0,6 ... 0,65                                        |
| Hegesztőtranszformátorok                  | 0,4 ... 0,5                                         |
| Daruberendezések                          | 0,5 ... 0,6                                         |
| Nagyobb szerszámgépek, prést is beleértve | 0,65 ... 0,7                                        |
| Vízszivattyúk                             | 0,8 ... 0,85                                        |
| Mechanikai műhelyek                       | 0,5 ... 0,6                                         |
| Ventilátorok                              | 0,7 ... 0,8                                         |
| Kompresszorok                             | 0,7 ... 0,8                                         |
| Öntödék                                   | 0,6 ... 0,7                                         |
| Gépjárműjavító műhelyek                   | 0,7 ... 0,8                                         |

A gyakorlatban kb. 0,68 közepes  $\cos \phi$  átlagérték adódik. Ebből kiindulva reális kompenzációs érték tervezhető. Tervezéskor mindig szem előtt kell tartani, hogy a megvalósult fázisjavító berendezés a legkisebb pótlólagos költségek mellett mindig bővíthető legyen.

## [Hangfrekvenciás záruk]

A fázisjavítás berendezés telepítésénél körültekintően kell eljárni, mert előfordulhat, hogy más rendszerek működésében zavart okoz. Jelátvitelre az áramszolgáltató vállalatok a kisfeszültségű hálózatokon hangfrekvenciás körvezérlő rendszereket alkalmaznak. Az alkalmazott frekvenciák a 175 - 2000 Hz tartományban lehetnek.

A hangfrekvenciás vezérlések fő alkalmazási területei:

- a) utcai világítás
- b) tárolós fűtések díjszabás átkapcsolása
- c) segélyszolgálatok személyhívása.

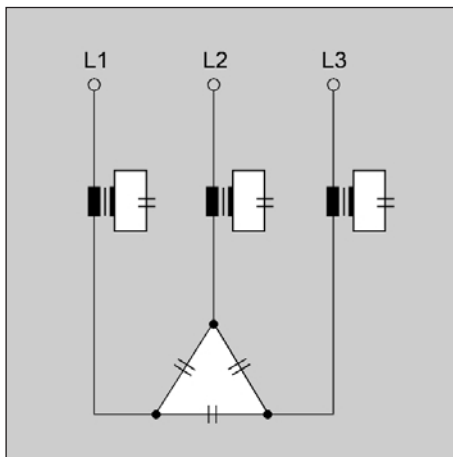
9

A fázisjavító kondenzátorok a hangfrekvenciás feszültségek jelentős részét "elszívhatják" és ezáltal zavarhatják a körvezérlő berendezéseket.

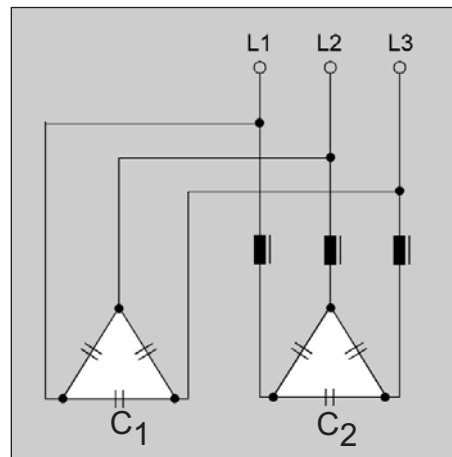
E problémák elkerülésére a körvezérlő berendezések frekvenciájára hangolt záróberendezéseket kell használni. A hangfrekvenciás zárat az alkalmazott kondenzátorteljesítmény és a körvezérlő berendezés frekvenciája alapján kell méretezni.

Az illetékes áramszolgáltató vállalatnál megtudhatók a körvezérlő frekvencia adatai, a kivitelezési mód és az, hogy a meddő áramot kompenzáló berendezés milyen nagyságrendjénél kell alkalmazni a hangfrekvenciás zárat.

A hangfrekvenciás záróköröket általában a 4.1 ábra szerint kell használni. Néhány áramszolgáltató vállalat azonban a 4.2 ábra szerinti hangfrekvenciás részfojtást ír elő. Ennek felosztása különböző lehet ( $C_1 : C_2 = 1 : 2$ ;  $C_1 : C_2 = 1 : 1$ ).



4.1 ábra



4.2 ábra

## [Kompensálás felharmonikusokkal rendelkező hálózatban]

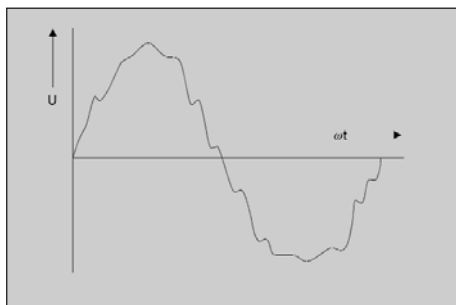
### A felharmonikusok keletkezése és hatásai

A teljesítményelektronika feltartóztathatatlan fejlődése következtében sok üzemben úgynevezett "nemlineáris fogyasztókat" alkalmaznak. A nemlineáris fogyasztók a szinuszos hálózati feszültség rákapcsoláskor nem-sinuszos áramot vesznek ki a hálózathoz (5.1 ábra). Ez a nem-sinuszos áram matematikailag (Fourier szerint) felbontható alapharmonikusra és a ráakadó felharmonikusokra.

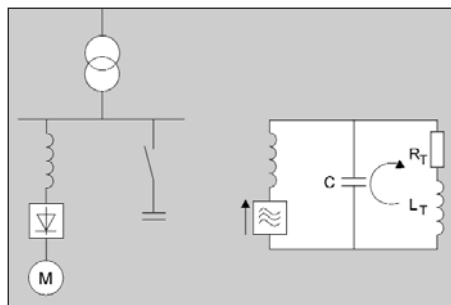
Az 5, 7, 11, 13 stb. rendszámok a felharmonikusok jellemző értékei. Megadják a felharmonikus frekvencia arányát a hálózati frekvenciához viszonyítva, vagyis  $f_1 = 50$  Hz esetén az ötödik felharmonikus  $f_5 = 250$  Hz,  $f_1 = 60$  Hz esetén az  $f_5 = 300$  Hz. A felharmonikus áramok amplitúdója növekvő rendszámmal csökken az alapharmonikushoz képest.

A felharmonikusok miatt az üzemeltető számára a következő problémák adódnak:

- A kondenzátorok (termikus) túlterhelése a meglévő "fojtó nélküli" kompenzációs berendezésekben.
- Rezonanciaképződés a hálózati reaktancia és a kondenzátor között (5.2 ábra). Emiatt bekövetkezhet az, hogy az induktív és kapacitív reaktanciák áramkorlátozó hatása megszűnik. A feszültség hatására kialakuló áramot már csak a viszonylag alacsony értékű ohmos ellenállás korlátozza, így nagy áramcsúcsok lépnek fel, amelyek kioldják a túláramvédő készülékeket és jelentős károkat okozhatnak. Kedvezőtlen esetben több rezonancia hely is kialakulhat, megsokszorozva a károsodási helyeket.



5.1 ábra



5.2 ábra

A következő oldalon néhány jellegzetes nem-lineáris fogyasztó típust foglaltunk össze, felsorolva hatásukat a hálózatra.

## Felharmonikus képzők és tipikus zavarkibocsátók

|                                                                                                                                       | Feszültség-<br>ingadozások | Feszültség<br>aszimmetriák | Felharmonikusok | Közbenső<br>harmonikusok |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------|--------------------------|
| Dimmerek (nagyobb<br>berendezések)                                                                                                    |                            |                            | •               |                          |
| Elektromedikai készülékek (pl.<br>röntgenkészülékek, mag-<br>spinotomográfok)                                                         | •                          |                            |                 |                          |
| Excenter hajtások (pl. keretes-<br>fűrészek)                                                                                          | •                          |                            |                 | •                        |
| Frekvenciaváltók (pl. közbenső<br>kör váltók, közvetlen váltók,<br>szinkron alatti váltók, áramváltó<br>kaszkádok)                    |                            |                            | •               | •                        |
| Gázkisülésű lámpák (nagyobb<br>berendezések)                                                                                          |                            |                            | •               |                          |
| Ingadozó teljesítmények (pl.<br>termosztát vezérlés, rezgéscso-<br>mag vezérlés)                                                      | •                          |                            |                 |                          |
| Egyenirányítók (pl. vasúti<br>áramellátáshoz, távközlési<br>egyenáramú hálózatokhoz)                                                  |                            |                            | •               |                          |
| Nagyobb terhelések (be- és<br>kikapcsolási műveletek)                                                                                 | •                          |                            |                 |                          |
| Konduktív melegítő-berendezések                                                                                                       |                            | •                          |                 |                          |
| Ívfénykemencék, acélolvasztó<br>kemencék                                                                                              | •                          | •                          | •               | •                        |
| Ívfényes hegesztő-berendezés                                                                                                          | •                          |                            |                 |                          |
| Fényorgonák (pl. diszkókban)                                                                                                          | •                          |                            |                 |                          |
| Közepes frekvenciájú indukciós<br>kemencék                                                                                            |                            |                            | •               | •                        |
| Nagyobb teljesítményű motorok<br>indításkor vagy üzem közben (pl.<br>felvonók, ventilátorok,<br>szivattyúk, kovácsprések,<br>kőtörők) | •                          |                            |                 |                          |
| Hálózati frekvenciás indukciós<br>kemencék                                                                                            |                            | •                          |                 |                          |
| Kovácsprések                                                                                                                          | •                          |                            |                 | •                        |
| Rezgéscsomag vezérlés az<br>egyes félrezgések vezérlésével                                                                            | •                          |                            |                 | •                        |
| Szünetmentes tápegységek                                                                                                              |                            |                            | •               |                          |
| Ellenállásos kemencék<br>elektrodagyártáshoz                                                                                          |                            | •                          |                 |                          |
| Ellenállásos olvasztókemencék                                                                                                         |                            | •                          |                 |                          |
| Ellenállásos hegesztőgépek                                                                                                            | •                          | •                          |                 | •                        |
| Frekvenciaváltós hajtások                                                                                                             |                            |                            | •               | •                        |

## Megengedett felharmonikus tartalom a hálózaton

A felharmonikus tartalomra vonatkozóan az MSZ-EN 50160 és az 1000-2-2 IEC-publikáció tartalmaz adatokat. Ezek szerint a hálózati csatlakozási ponton maximum az alábbi értékű felharmonikusok lehetnek jelen:

|                |        |       |
|----------------|--------|-------|
| 2. harmonikus  | 100 Hz | 2,0 % |
| 3. harmonikus  | 150 Hz | 5,0 % |
| 4. harmonikus  | 200 Hz | 1,0 % |
| 5. harmonikus  | 250 Hz | 6,0 % |
| 6. harmonikus  | 300 Hz | 0,5 % |
| 7. harmonikus  | 350 Hz | 5,0 % |
| 8. harmonikus  | 400 Hz | 0,5 % |
| 9. harmonikus  | 450 Hz | 1,5 % |
| 10. harmonikus | 500 Hz | 0,5 % |
| 11. harmonikus | 550 Hz | 3,5 % |
| 12. harmonikus | 600 Hz | 0,2 % |
| 13. harmonikus | 650 Hz | 3,0 % |
| 14. harmonikus | 700 Hz | 0,2 % |
| 15. harmonikus | 750 Hz | 0,3 % |
| 16. harmonikus | 800 Hz | 0,2 % |
| 17. harmonikus | 850 Hz | 2,0 % |
| 18. harmonikus | 900 Hz | 0,2 % |
| 19. harmonikus | 950 Hz | 1,5 % |

A megengedettnél magasabb felharmonikus tartalom kibocsájtása esetén intézkedni kell a megfelelő felharmonikus szűrésről. A szűrés szűrőkörök alkalmazásával valósítható meg.

## [Hangolt szűrőkörök, elhangolt szűrőkörök (szívókörök)]

### Hangolt szűrőkörök (szívókörök)

A hangolt szűrőkör egy kondenzátorból és fojtótekercsből (szűrőkör fojtó) álló soros kapcsolás, amelyek úgy vannak egymáshoz hangolva, hogy a létrejövő soros rezgőkör rezonanciafrekvenciája az egyik felharmonikus frekvenciával azonos, vagy nagyon közel áll hozzá.

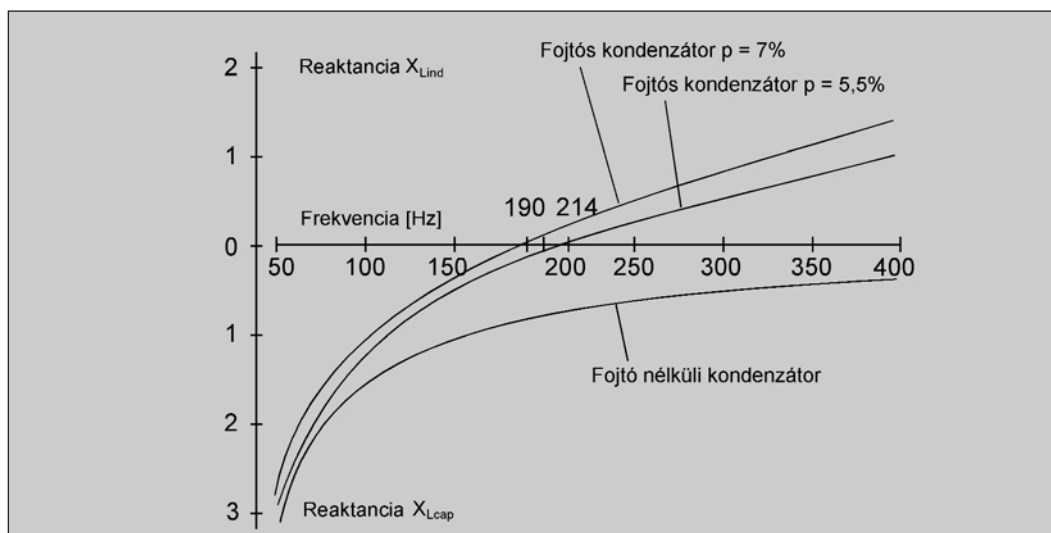
Mivel a soros rezgőkörök impedanciája rezonanciafrekvencián igen kicsi (csaknem nulla), a szűrőkör "elszívja" a mindenkor felharmonikus. A hangolt szűrőkörök az alapharmonikussal szemben kapacitív viselkedésűek.

A szívóköröket azért alkalmazzák, hogy a kompenzáció mellett főleg a felharmonikusok hálózatba jutását akadályozzák meg és célzottan szüntessék meg azokat. A szívókör általában pontosan az ötödik felharmonikusra (250 Hz) van hangolva.

A felharmonikus áramok hangolt szívókörökkel kb. 90 %-kal csökkenthetők. A szívókörös berendezések megvalósulása a gyakorlatban sokszor fix kondenzátorként alkalmazott hangolt szívókör-kondenzátor telepekkel történik (pl. vezérelt hajtások kompenzálásánál).

### Elhangolt szűrőkörök

A fojtós meddőteljesítmény-szabályozó egységeket (elhangolt szűrőköröknek is nevezik őket) központi meddőteljesítmény-kompenzálásra használják. Ezek felhasználhatók olyan nemlineáris fogyasztókat tartalmazó hálózatokban, amelyekben a nemlineáris fogyasztók aránya nagyobb a teljes terhelés 20 %-ánál.



6.1 ábra

Például: kondenzátorral sorosan kapcsolt,  $p = 7\%$ -os névleges értékű szűrőkör-fojtó alkalmazásakor 189 Hz-es rezonanciafrekvencia adódik (lásd. 6.1 ábra). Ezáltal a fojtós kondenzátor kapcsolás a 189 Hz feletti valamennyi frekvencián induktív.

## [Tervezési útmutató fojtós berendezésekhez]

A fojtós meddőteljesítmény-szabályozó egységek kiválasztása kizárólag a szükséges meddő teljesítmény szerint történik. A döntés, hogy melyik fojtófokozatot használjuk, a következőktől függ:

- a felharmonikusok keletkezésének helyétől
- a meglévő körvezérlések hangfrekvenciáitól
- a felharmonikusok kívánt elszívási tényezőjétől.

Ha a felharmonikusok túlnyomóan a fölérendelt áramszolgáltatói hálózatban jönnek létre, a 7 %-os fojtás javasolt, mivel az kizáró hatással van a hálózat felőli felharmonikusokra.

Ha viszont a felharmonikusok főleg a fogyasztó hálózatában keletkeznek, akkor azt a fojtófokozatot kell alkalmazni, amellyel a viszonylag magas felharmonikus elszívási tényező érhető el a fogyasztói hálózatban.

A fojtós berendezések kiválasztásánál különösen ügyelni kell arra, hogy **fojtós és fojtó nélküli fázisjavító egységek vegyes használata nem megengedett egy fogyasztói hálózaton belül.** A szabályzónak először mindig a legkisebb teljesítményű leágazást kell kapcsolnia.

## [Kompensációs módok]

### Egyedi kompenzálás (7.1 ábra)

Az egyedi kompenzálásnál a fázisjavító berendezés közvetlenül a fogyasztóhoz csatlakozik a tápvezeték tehermentesítése érdekében. Ebben az esetben fix kondenzátor egység csatlakozik a fogyasztóhoz. Hátránya, hogy a gyakori fogyasztói terhelésingadozás nem kívánatos túl- vagy alulkompensálást okozhat. A túlkompensálás a hálózatban feszültségnövekedést okozhat. Alulkompensálás esetében az energiaszolgáltató vállalat meddőáram-költségeket számláz ki az üzemeltetőnek. Az egyedi kompenzálás előnyei, hogy a vezetékeket a meddő áram nem terheli és általában nem szükségesek kiegészítő kapcsoló és vezérlő készülékek. Alkalmazására állandó teljesítményű fogyasztók esetén kerül sor, amelyek lehetőleg tartós üzeműek és nagyobb teljesítményűek (>20 kW). Az egyedi kompenzálást főleg aszinkron motorokhoz, transzformátorokhoz, egyenirányítós hegesztőkhöz, valamint kisülésses fényforrásokhoz használják. A következőkben néhány méretezési útmutatót adunk transzformátorokhoz és aszinkron motorokhoz.

15

### Transzformátorok fix kompenzációja

| Trafó névleges teljesítménye<br>kVA                                                           | Kondenzátorteljesítmény kvar-ban az alábbi<br>primer transzformátor-feszültségeknél                                                                                                                                                                                  |            |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
|                                                                                               | 5 - 10 kV                                                                                                                                                                                                                                                            | 15 - 20 kV | 25 - 30 kV |
| 50                                                                                            | 4                                                                                                                                                                                                                                                                    | 5          | 6          |
| 75                                                                                            | 5                                                                                                                                                                                                                                                                    | 6          | 7,5        |
| 100                                                                                           | 6                                                                                                                                                                                                                                                                    | 7,5        | 10         |
| 160                                                                                           | 10                                                                                                                                                                                                                                                                   | 12,5       | 15         |
| 250                                                                                           | 15                                                                                                                                                                                                                                                                   | 16,7       | 20         |
| 315                                                                                           | 26,7                                                                                                                                                                                                                                                                 | 20         | 25         |
| 400                                                                                           | 20                                                                                                                                                                                                                                                                   | 25         | 30         |
| 630                                                                                           | 30                                                                                                                                                                                                                                                                   | 33,3       | 40         |
| (Ezeket az értékeket szükség esetén az illetékes áramszolgáltató vállalattal egyeztetni kell) | Hegesztőtranszformátoroknál a kondenzátorteljesítmény kb. a transzformátor látszólagos teljesítményének 50 %-a legyen. Egyenirányítós hegesztőtranszformátorok kb. a transzformátor látszólagos teljesítményének 10 %-át kitevő kondenzátorteljesítményt igényelnek. |            |            |

### Motorok fix kompenzációja

| Motorteljesítmény<br>kW                                                                        | Kondenzátorteljesítmény<br>kvar                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1,0 ... 3,9                                                                                    | kb. a motorteljesítmény 55 %-a                                                             |
| 4,0 ... 4,9                                                                                    | 2                                                                                          |
| 5,0 ... 5,9                                                                                    | 2,5                                                                                        |
| 6,0 ... 7,9                                                                                    | 3                                                                                          |
| 8,0 ... 10,9                                                                                   | 4                                                                                          |
| 11,0 ... 13,9                                                                                  | 5                                                                                          |
| 14,0 ... 17,9                                                                                  | 6                                                                                          |
| 18,0 ... 21,9                                                                                  | 8                                                                                          |
| 22,0 ... 29,9                                                                                  | 10                                                                                         |
| 30-tól                                                                                         | kb. a motorteljesítmény 35 %-a                                                             |
| (A VDE 1500 ford/perc motorokra vonatkozó csatlakozási feltételei tartalmazzák ezen értékeket) | 1000 ford/perc motoroknál a fenti értékekhez 5%, 750 ford/perc motoroknál 15 % hozzáadandó |



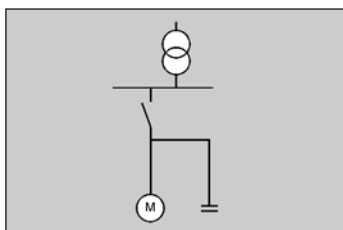
## Csoportkompenzálás (7.2 ábra)

A csoportkompenzációnál több, általában helyileg egymás mellett levő, egyidejűleg működő induktív fogyasztó van összefogva és egy fix kondenzátorral közösen van kompenzálva. A fogyasztók és a kondenzátor együttesen kapcsolhatók be egy kapcsoló készülékkel. Ha a fogyasztókat mégis egyenként kapcsolják be, akkor a kondenzátornak szintén rendelkeznie kell egy kapcsoló készülékkel, pl. védőkapcsolóval, amely csak akkor kapcsol be, ha az összes fogyasztó üzemel. Ezt a kompenzációs módot több motor vagy csoportos világítóberendezések esetén alkalmazzák.

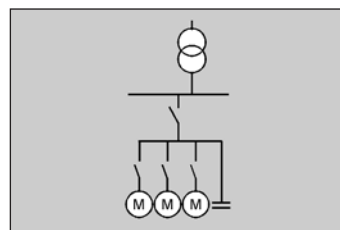
## Központi kompenzálás (7.3 ábra)

Ott, ahol a teljesítmények ingadoznak és ezáltal gazdaságtalan alulkompenzálás vagy veszélyes túlkompenzálás léphet fel, a szükséges kondenzátorteljesítményt a pillanatnyi igényekhez kell igazítani. Ez egy olyan szabályzóval történik, amely a fázisszög névleges és tényleges értékének összehasonlításának függvényében automatikusan kondenzátorcsoportokat kapcsol be, ill. ki. A központi kompenzáció előnye a mindig a csatlakoztatott fogyasztók meddő teljesítmény szükségletéhez illesztett kondenzátorteljesítmény, a viszonylag egyszerű bővítés utólagos, kiegészítő szereléseknél, valamint a központi elrendezés jobb felügyelete, vezérlése és jelzésadása.

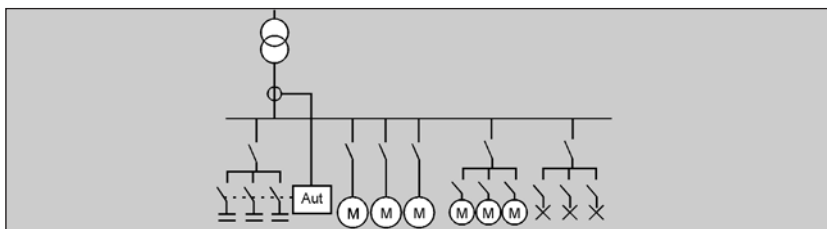
A különböző kompenzációs módok előnyeinek, hátrányainak összehasonlítása a 8.1 táblázatban található meg.



7.1 ábra



7.2 ábra



7.3 ábra

## [A kompenzációs módok előnyei és hátrányai]

| Kompenzációs mód     | Karakterisztika                                                                                                                        | Előnyök                                                                                                                                                                                          | Hátrányok                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Egyedi kompenzálás   | Konstans fogyasztású terheléseknél használatos. Minden fogyasztó egy megfelelő méretű kondenzátort kap.                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Meddő teljesítmény létrehozása a helyszínen</li> <li>- Veszteségek és feszültségesés csökkentése</li> <li>- Kapcsoló készülék megtakarítása</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Több kisebb kondenzátor drágább, mint egy megfelelő összteljesítményű nagyobb</li> <li>- Kondenzátor alacsony üzemelési időtartama olyan készülékeknél, amelyek nincsenek gyakran bekapcsolva (rossz kihasználtság)</li> </ul> |
| Csoportkompenzálás   | Több készüléket egy kondenzátor kompenzál, amelyet kapcsoló működtet. A kondenzátor bekapcsolása a fogyasztó üzemidejének megfelelő.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alacsony kondenzátorköltség</li> <li>- Veszteségek és feszültségesés lecsökkentése az elosztó vezetékben</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tápvezetékek nincsenek tehermentesítve</li> </ul>                                                                                                                                                                              |
| Központi kompenzálás | A meddő teljesítmény létrehozása egyetlen ponton. Egyszerű esetekben a berendezés a munka kezdetekor be-, a munka végén kikapcsolódik. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kondenzátor teljesítmény jobb kihasználása</li> <li>- Könnyebb felügyelet</li> <li>- Automatikus szabályozás lehetséges</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elosztó és tápvezetékek nincsenek tehermentesítve</li> </ul>                                                                                                                                                                   |
| Vegyes kompenzálás   | A fontosabb fogyasztók egyedi kompenzálása. A maradék csoportos vagy központi kompenzálása.                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utólagos szerelés vagy bővítés viszonylag egyszerű</li> <li>- A kondenzátor teljesítmény jobb illesztése a meddő teljesítmény szükségletehez</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                         |

8.1 táblázat

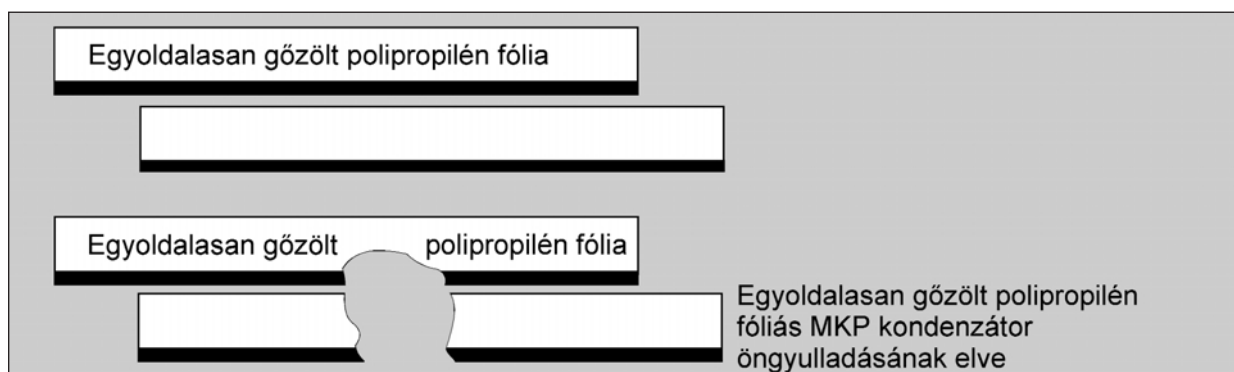
## [MKP serlegkondenzátor mint alapelem]

### Felépítés

Az MKP típusjelölés jelentése: öngyógyuló effektussal rendelkező fémes polipropilén műanyag fólia. Az MKP serlegkondenzátoroknál az áramvezető bevonat műanyag fóliára egyoldalasan felgőzölt alumínium vagy cinkoxid réteg. A fegyverzettekercseket egyfázisú vagy háromfázisú egységekké történő kapcsolás után beépítik az alumínium serlegbe, "NON-PCB" környezetbarát olajjal impregnálják és lezárják. A veszteségi teljesítmény kisebb mint 0,3 W kvar-onként. Ez a hagyományos, impregnált papír dielektrikus és alufólia elektródás kondenzátorok veszteségi teljesítményének tízedrészese. E rendkívül csekély veszteségek lehetővé teszik az elosztószekrényekbe történő közvetlen beépítést. Különleges szellőztetési intézkedések csak magasabb védelmi fokozatú kapcsolószekrényeknél vagy hangfrekvenciás záróberendezések beépítése esetén szükségesek.

### Öngyógyulás, biztonsági berendezések

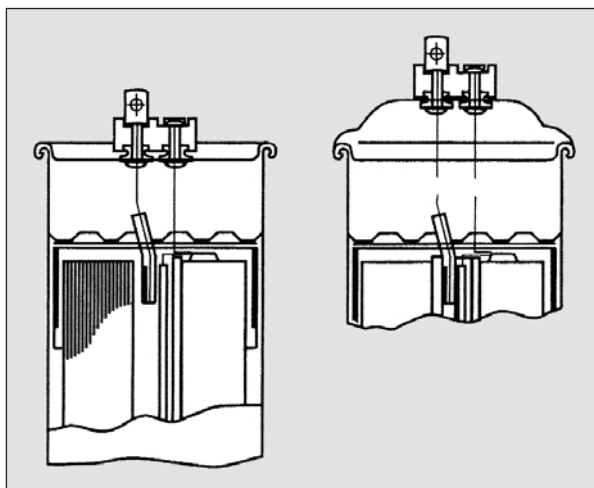
Az öngyógyulás következtében az MKP serlegkondenzátorok rendkívül hosszú életűek. Az öngyógyulás rövid idejű túlfeszültségek után lép fel. A túlfeszültség során keletkező átütés villamos ívet hoz létre, amely közvetlen környezetében elpárologtatja a fémréteget. A hibás rész körül megfelelő nagyságú szigetelő felület marad vissza. Az öngyógyulás általi kapacitáscsökkenés rendkívül csekély, 100 pF alatt mozog. Az öngyógyulási folyamat csak néhány  $\mu$ s időtartamú és a szükséges gyógyulási energia csak precíziós műszerekkel mérhető (9.1 ábra).



9.1 ábra

Különleges elektromos vagy termikus túlterhelések következtében, ill. az élettartam végén gyakoribbá válnak az öngyógyulási folyamatok. Ezáltal a kondenzátorserleg belsejében túlnyomás keletkezik. A rugalmas fedél felpúposodik és a rögzített fegyverzettekercsek és a csatlakozó kapcsok közötti összekötő huzalok egyre jobban megfeszülnek, míg végül a kritikus fedélkidomborodásnál elszakadnak. A kiszabaduló nyomás azonban olyan rövid idő alatt kitágítja a szétválás helyét, hogy nem jöhet létre káros villamos ív.

A leszakadási folyamat után a kondenzátor fegyverzettekercsének mindegyik pólusa le van kapcsolódva a hálózatról (9.2 ábra).



9.2 ábra

Az MKP serlegkondenzátorok a környezetre nézve semlegesek, mivel az alkalmazott anyagok nem jelentenek környezeti terhelést. A fémházak - a műanyag kivétellel ellentétben - az élettartam végén újrahasznosíthatók.

### [Fázisjavító berendezések túlmelegedés elleni védelme]

Az elektronikai berendezések, és főleg a kondenzátorok élettartamát a környezeti hőmérséklet igen erősen befolyásolja. A kondenzátor gyártók általános véleménye szerint a környezeti hőmérséklet kb. 7 °C-os növekedése a kondenzátor élettartamát a felére csökkenti. A gyakorlati tapasztalatok ezt teljes mértékben alátámasztják. Ezért a fázisjavító berendezések természetes vagy kényszerhűtésére a konstrukció kialakításakor igen nagy gondot kell fordítani. A fojtott fázisjavítók mindegyike, a hagyományos fázisjavítók 200 kVar felett termosztáttal szereltek, amely a beállított határérték felett a kondenzátor fokozatokat lekapcsolja a hálózatról, ha a hűtés ellenére a hőmérséklet tovább növekszik.

## [Fázisjavító berendezések bekötése]

Az automatikus fázisjavítók vezérlésének bekötéséhez csak az áramváltó (minimális teljesítménye 5VA) jelét kell külön bekötni (2 x 2,5 mm<sup>2</sup>), mert a vezérlő automatika működéséhez szükséges feszültségeket a berendezésből veszi az L2 és az L3 fázisból, így az áramváltónak az L1 fázisban kell lennie.

Az erősáramú tápvezeték amperben kifejezett áramterhelését úgy kell kiszámolni, hogy a berendezés kvar értékét kettővel szorozni kell (400V-os hálózat esetén). A vezeték keresztmetszet kiválasztásánál az MSZ 14550/1 számú szabvány szerint kell eljárni. A vezeték biztosítását az áramterhelésnek megfelelő lomha biztosítóval célszerű megoldani.

| Tápkábelek keresztmetszete |                                              |
|----------------------------|----------------------------------------------|
| Teljesítmény (kVAr)        | Kábel keresztmetszet, réz (mm <sup>2</sup> ) |
| 10                         | 4                                            |
| 15                         | 4                                            |
| 20                         | 6                                            |
| 25                         | 10                                           |
| 35                         | 16                                           |
| 50                         | 25                                           |
| 75                         | 35                                           |
| 100                        | 70                                           |
| 125                        | 95                                           |
| 150                        | 120                                          |
| 175                        | 150                                          |
| 200                        | 185                                          |
| 225                        | 240                                          |
| 250                        | 240                                          |
| 275                        | 2 x 150                                      |
| 300                        | 2 x 150                                      |
| 350                        | 2 x 150                                      |
| 400                        | 2 x 185                                      |

## [Tirisztoros fázisjavító berendezés]

A hagyományos fázisjavító berendezésekbe beépített szabályozó egység általában 4-40 másodperc közötti reagálási időt tesz lehetővé, azaz a meddőteljesítmény ennél gyorsabb változását nem képes követni. Emiatt előfordulhat, hogy kellő mértékű kondenzátor egység beépítése esetén is felárat kell fizetni.

A gyorsan változó szabályozást igénylő folyamatokhoz (pl. néhány másodperc ütemidejű hegesztő automatákhoz) különleges dinamikus meddőteljesítmény kompenzáló berendezés szükséges. Ennek két új egysége van a hagyományos berendezésekhez képest:

- speciális teljesítménykapcsoló készülékek a kondenzátor egységekhez, valamint
- ezek vezérléséhez gyors, dinamikus szabályzó egység.

A teljesítménykapcsoló egy tirisztoros egység, amely elektronikusan vezérelt, önfelügyelő, gyorsan képes a teljesítménykondenzátorok hálózatra kapcsolására tetszőleges gyakorisággal és időtartamban. Fojtózott és fajtás nélküli fázisjavító berendezésben egyaránt használható.

A dinamikus meddőteljesítmény szabályozó egység a technológiai folyamatokhoz való optimális illesztés miatt programozható kivitelű. Igény szerinti kapcsolási idők állíthatók be, általában 20ms, 80ms, 320ms, 640ms lépésekben.