

3. EGY FÁZISRÓL TÁPLÁLT ASZINKRON MOTOROK

Az aszinkron motorok működési elvét ismertnek tételezzük fel. Az egy fázisról táplált, rövidrezárt forgórészű, segédfázisos motorok működési elve megegyezik a háromfázisú aszinkron motorokéval. Egyfázisú táplálásnál a működéshez szükséges forgó mágneses teret a motorok nagy részénél kétfázisú tekercseléssel létesítjük úgy, hogy a két térben eltolt fő-, ill. segédfázis tekercselésben egymáshoz képest időben 90° -al eltolt áramokat hozunk létre.

3.1. AZ EGY FÁZISTEKERCCSEL (SEGÉDFÁZIS NÉLKÜL) MŰKÖDŐ MOTOR TULAJDONSÁGAINAK MINŐSÉGI VIZSGÁLATA

A szimmetrikus összetevők módszerének alkalmazása előtt vizsgáljuk meg az egy fázisról táplált egy fázistekercsel működő motor viselkedését és tulajdonságait a forgó mágneses tér elmélete alapján.

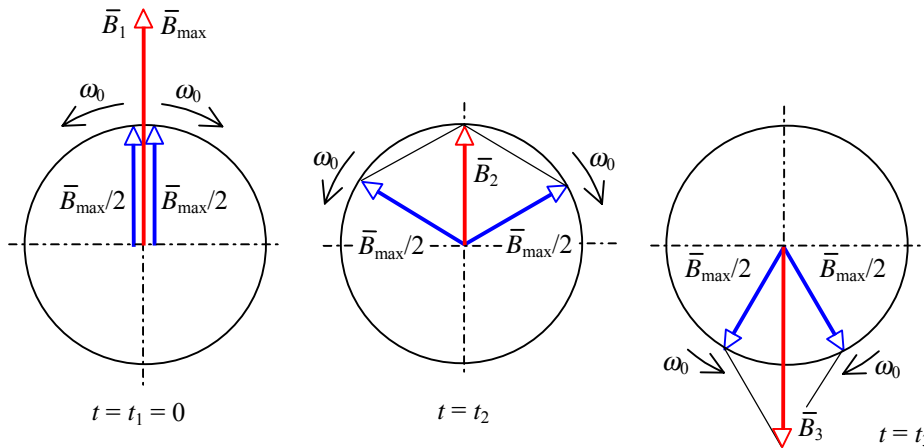
Az egyfázisú váltakozóáram a fázistekercsben lüktető gerjesztést, ill. ennek következményeként lüktető fluxust hoz létre. A valóságos indukcióeloszlás nem szinuszos, de periodikus, tehát Fourier-sorba fejthető. Mi most csak az alapharmonikust vesszük figyelembe. Feltételezzük, hogy az indukcióeloszlás szinuszos. Bármely lüktető mező két fele akkora nagyságú, azonos szögsebességgel ellentétes irányba forgó, körforgó mezőre bontható fel (Ferraris-tétele):

$$\bar{B}_{\max} \cdot \cos \omega_0 t = \frac{\bar{B}_{\max}}{2} \cdot e^{j\omega_0 t} + \frac{\bar{B}_{\max}}{2} \cdot e^{-j\omega_0 t} . \quad (3.1)$$

Az indukció egy adott t időpillanatban, a kerület x helyén:

$$\bar{B}(x, t) = \frac{\bar{B}_{\max}}{2} \cdot \left(\frac{\pi}{\tau_p} \cdot x - \omega_0 t \right) + \frac{\bar{B}_{\max}}{2} \cdot \left(\frac{\pi}{\tau_p} \cdot x + \omega_0 t \right) . \quad (3.2)$$

A 3.1. ábrán az összetevő-, és az eredő indukciókat három különböző időpontban rajzoltuk fel. Amíg a forgórész áll, a két indukcióhullám egyenlő fordulatszámmal, de ellentétes irányban forog hozzá képest. A forgórész tekercselésében a két összetevőnek megfelelően két indukált (U_{II} és U_{III}) feszültséget és két áramot (I_{I} és I_{II}) képzelhetünk el, amelyek nagysága egyenlő egymással. A mágneses tér össze-



3.1. ábra. A lüktető mező indukcióösszetevői három helyzetben

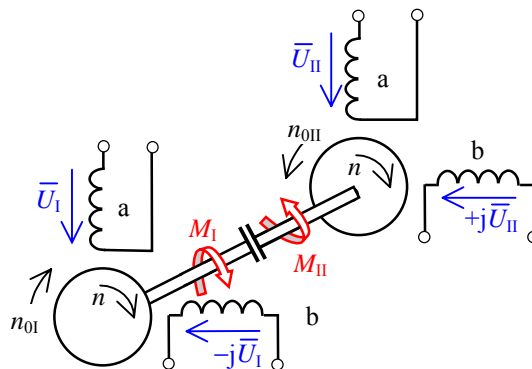
vői a saját áramukkal olyan nyomatékot hoznak létre, amelyik a forgórészt a mező forgásirányába akarja magával vinni. A teljes szimmetria miatt ezek a nyomatékok egyenlő nagyságúak, így a forgórész nem tud elindulni. Az egyfázisú motornak tehát nincs indítónyomatéka ($M_i = M_{iI} - M_{iII} = 0$).

Az előbbiekből azt mondhatjuk, hogy az egyfázisú motornak olyan a nyomaték–fordulatszám jelleggörbéje, mint két azonos teljesítményű, egymással tengelykapcsolatban lévő háromfázisú, vagy szimmetrikus kétfázisú motornak, amennyiben a két motor nyomatékiránya ellentétes (3.2. ábra). A tengelyről levehető nyomaték bármely fordulatszámon az M_I és az M_{II} nyomaték algebrai különbsége.

Ha a forgórész valamelyik irányba n fordulatszámmal forog, a mágneses tér ugyanezen irányba forgó összetevőjét **veleforgónak**, a másikat **elleneforgónak** nevezzük. A veleforgó összetevő n fordulatszámmal számított s_1 szlipet jelöljük s -sel:

$$s_1 = s = \frac{n_0 - n}{n_0} = 1 - \frac{n}{n_0} = 1 - q, \quad (3.3)$$

ahol $q = n/n_0$, a szinkron fordulatszámra vonatkoztatott relatív fordulatszám.



3.2. ábra. Az egyfázisú gép modellje

Az ellenforgó összetevő a forgórészhez képest $n + n_0$ fordulatszámmal forog, így szlipje:

$$s_{II} = \frac{n_0 + n}{n_0} = 1 + \frac{n}{n_0} = 1 + q, \quad (3.4)$$

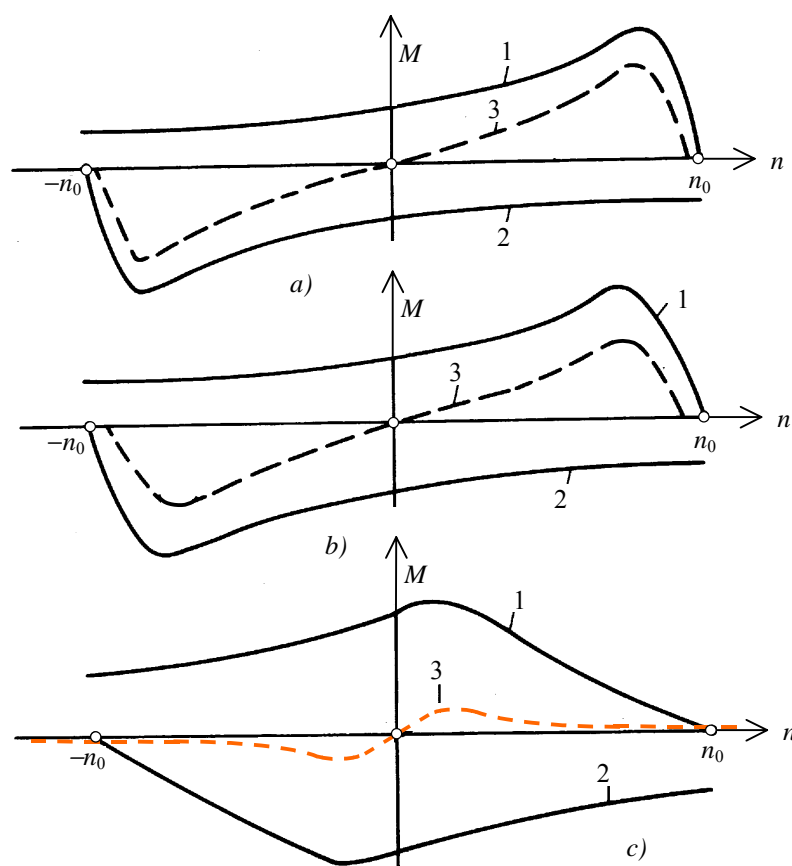
A forgórészben a veleforgó mágneses tér $s \cdot f_1$, az ellenforgó pedig $(2-s) \cdot f_1$ frekvenciájú feszültségeket és áramokat hoz létre. A forgórészt a két különböző frekvenciájú összetevő eredő árama melegíti:

$$I'_2 = \sqrt{(I'_{21})^2 + I'_{2II})^2}. \quad (3.5)$$

Névleges üzemben az $f_1 = 50$ Hz-es hálózat feltételezésével a $(2-s) \cdot f_1 \approx 100$ Hz. Ez azt jelenti, hogy az egyfázisú motorokban nem szabad mélyhornyú, vagy kétkalickás forgórészt alkalmazni, mivel a 100 periódusú forgórészáram a szkínhatás következtében megnövekedett rotoellenálláson nagy veszteségeket okozna.

3.1.1. Az egyfázisú (segédfázis nélküli) motor nyomaték–fordulatszám jelleggörbéje

Az egyfázisú aszinkron motor $M(n)$ jelleggörbéi az előbbiek alapján az 3.3. ábrán láthatók. A jelleggörbék alapján néhány ismert tényt megmagyarázhatunk:



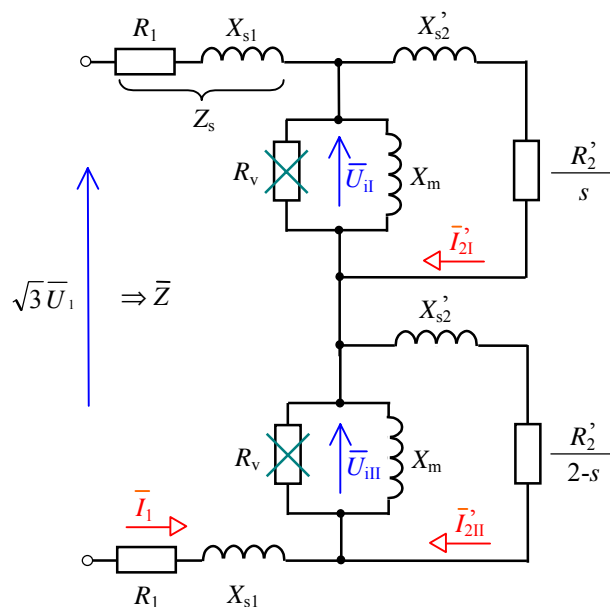
3.3. ábra. Az egyfázisú gép nyomaték–fordulatszám jelleggörbéi
a) a forgórész körüli ellenállás kicsi; b) a forgórész körüli ellenállás szokásos; c) a forgórész körüli ellenállás nagy

- az indítónyomaték nulla;
- a motor mindkét irányban elindulhat és elérheti a névleges fordulatszámot attól függően, hogy melyik irányban indítottuk el;
- a billenőnyomaték kisebb, mint a háromfázisú motoroké (az ellentétesen forgó mező nyomatéka miatt);
- az üresjárási szlip nagyobb, mint a háromfázisú motoroké;
- a nyomaték az elleneforgó mező nyomatéka miatt az n_0 szinkron fordulatszámnál kisebb fordulatszámon válik nullává;
- a billenőnyomaték a forgórész ellenállásának növekedésével csökken, és kisebb fordulatszámnál lép fel.

A 3.3a ábrán a forgórész ellenállása kis értékű. A b ábrán a forgórész ellenállása szokásos, míg a c ábrán nagy értékű. Az ábrán 1-el a veforgó-, 2-vel az elleneforgó-, 3-al pedig az eredő jelleggörbét ábrázoltuk.

3.1.2. Az egyfázisú (segédfázis nélküli) motor helyettesítő kapcsolási vázlata

Az egyfázisú gép helyettesítő kapcsolási vázlatát egy s , és egy $(2 - s)$ szlippel járó háromfázisú gép helyettesítő vázlatának sorba kapcsolásával kapjuk. A helyettesítő kapcsolási vázlatban (3.4. ábra) elhanyagoltuk a vasvesztéget képviselő R_v ellenállást, és azzal a feltételezéssel élünk, hogy a segédfázis nélküli gép egy háromfázisú, csillag kapcsolású gép egy fázisának szakadásával jött létre. Látható, hogy a helyettesítő vázlatban duplán szerepel annak a háromfázisú gépnek a primer ohmos ellenállása, primer és szekunder szórási reaktanciája, valamint főmező reaktanciája, amiből az egyfázisú, segédfázis nélküli gép keletkezett.



3.4. ábra. Egyfázisú (segédfázis nélküli) motor helyettesítő kapcsolási vázlata

3.1.3. Az egyfázisú (segédfázis nélküli) motor áram-munkadiagramja

Vizsgáljuk meg, hogy a 3.4. ábra szerinti helyettesítő kapcsolási vázlat alapján milyen görbét ír le az \bar{I}_1 áram vektorának végpontja.

Mivel $\bar{I}_1 = \sqrt{3} \cdot \bar{U}_1 / \bar{Z} = \bar{I}_1 = \sqrt{3} \cdot \bar{U}_1 \cdot \bar{Y}$, tehát a következőképpen járunk el:

- meghatározzuk a \bar{Z} impedanciát;
- az impedancia ismeretében meghatározzuk az admittanciát ($\bar{Y} = 1/\bar{Z}$);
- az admittanciát megszorozzuk az állandó $\sqrt{3} \cdot \bar{U}_1$ feszültséggel és így megkapjuk az árammunkadiagramot.

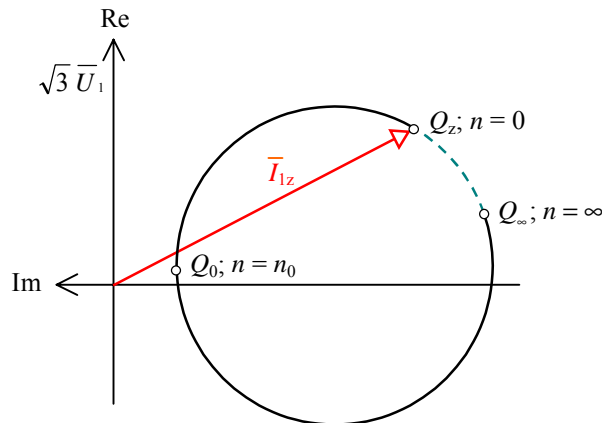
Az eredő impedancia:

$$\bar{Z} = 2 \cdot \bar{Z}_s + \frac{j \cdot X_m \cdot \left(j \cdot X'_{s2} + \frac{R'_2}{1-q} \right)}{\frac{R'_2}{1-q} + j \cdot (X_m + X'_{s2})} + \frac{j \cdot X_m \cdot \left(j \cdot X'_{s2} + \frac{R'_2}{1+q} \right)}{\frac{R'_2}{1+q} + j \cdot (X_m + X'_{s2})}. \quad (3.6)$$

Az előbbi egyenlet rendezés után:

$$\bar{Z} = 2 \cdot \bar{Z}_s + \frac{\bar{a} + \bar{b} \cdot q}{\bar{c} - \bar{d} \cdot q} + \frac{\bar{a} + \bar{b} \cdot q}{\bar{c} + \bar{d} \cdot q} = \frac{\bar{A} + \bar{B} \cdot n^2}{\bar{C} - \bar{D} \cdot n^2}. \quad (3.7)$$

alakú lesz, ahol $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}$ és $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \bar{D}$ komplex mennyiségek. Az impedancia-diagram n^2 függvényében általános helyzetű kör a komplex számsíkon. Ismeretes, hogy az ilyen alakú lineáris törtfüggvény inverze az ábrázolásnál szintén kört ad, tehát az egyfázisú, segédfázis nélküli gép árammunkadiagramja kör (3.5. ábra).



3.5. ábra. Egyfázisú (segédfázis nélküli) motor áram-munkadiagramja

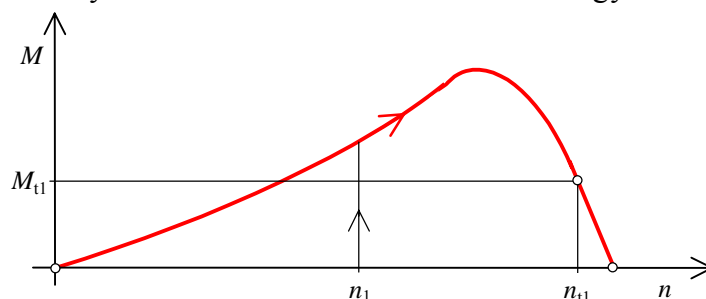
A háromfázisú géppel összehasonlítva itt a szlip helyett a fordulatszám négyzetét kell független változónak tekinteni, vagyis n^2 -skálát kell szerkeszteni. Mivel a pozitív és negatív n értékekhez egyaránt pozitív n^2 értékek tartoznak, \bar{I}_1 vektorának végpontja ugyanazt a pályát írja le, bármelyik irányban növekszik is a fordulatszám nullától a végtelenig. Az 3.5. ábrán ez a folyamatos vonallal jelölt körív, amelyből az $n = 0$ és az $n = \pm n_0$ pontok közötti ívdarab a motorüzem, az

$n = \pm n_0$ és az $n = \infty$ pontok közötti ívdarab pedig a generátorüzem tartománya. Az egyfázisú gépnek nincs ellenáramú féküzeme.

3.1.4. Az egyfázisú (segédfázis nélküli) motorok indítása

Az előzőekben megállapítottuk, hogy az egyfázisú motorok indítónyomatéka nulla, ezért a motort a szinkron fordulatszám közelébe fel kell gyorsítani.

Ez kis teljesítményű gépeknél úgy történhet, hogy a forgórészt külső erővel forgásba hozzuk. Régebben a motorokat hálózatra kapcsolás után kézi erővel a kívánt forgásirányban megforgatták, berántották, mint a benzinmotorokat. Ez történhetett a tengelyre csavart kötél meghúzásával, vagy szíjhajtás esetén a szíj megrántásával is. Ha a megrántás következtében elég nagy fordulatszámig gyorsult a motor (pl. az 3.6. ábrán n_1 -ig), akkor kis terhelőnyomaték (M_{t1}) esetén, a rendelkezésre álló gyorsítónyomaték hatására a rendszer tovább gyorsult, felfutott egészen



3.6. ábra. Egyfázisú (segédfázis nélküli) motor indítása

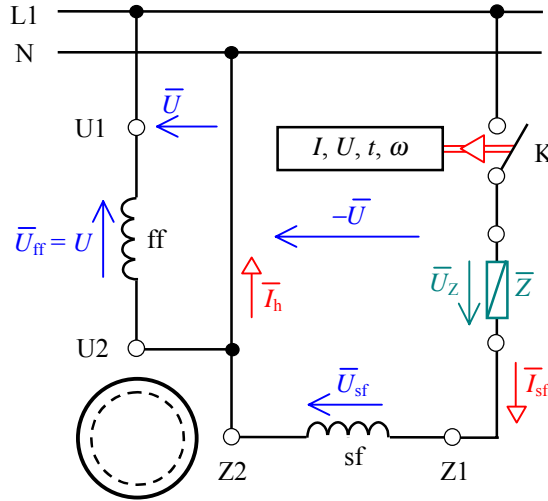
az n_{t1} üzemi fordulatszámig. Mint azt az 3.3. ábrán felrajzolt nyomatéki jelleggörbékől láttuk, a motor mindkét forgásirányban képes üzemelni, ezért ebben az esetben a forgásirányt az indítási beavatkozás iránya szabja meg.

Természetesen ezt a módszert ma már csak végszükség esetén használjuk, jelenleg szinte kizárólagosan egy újabb tekercselés, az ún. **segédfázis** segítségével indítunk. Ez a módszer előnyös, mert nem kell kézi erővel beavatkozni, ugyanakkor nagyobb terhelőnyomaték esetén is biztosítható a motor üzembiztos felfutása. A fejezet további részeiben az egy fázisról táplált **fő-, és segédfázisos motor** üzemi viszonyait vizsgáljuk részletesen.

3.2. AZ EGY FÁZISRÓL TÁPLÁLT, SEGÉDFÁZISOS MOTOROK

Végezzük el a vizsgálatokat arra az esetre, amikor a fő- és a segédfázistekercs hatásos menetszáma eltérő, a gerjesztések időbeli eltolását pedig \bar{Z} előtét impedanciával az 3.7. ábrán látható módon valósítjuk meg. A főfázis és a segédfázis közötti hatásos menetszámáttétel:

$$k = \frac{N_{sf} \cdot \xi_{sf}}{N_{ff} \cdot \xi_{ff}}. \quad (3.8)$$

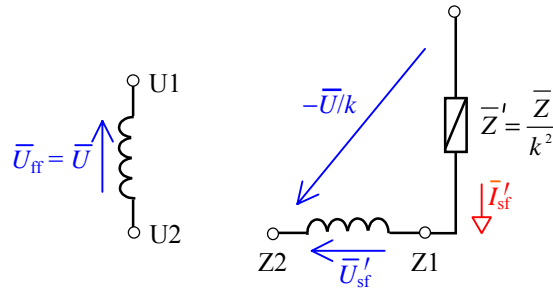


3.7. ábra. A segédfázisos motor kapcsolása és az alkalmazott jelölések

ahol ξ_{ff} , ξ_{sf} a fő-, és segédfázis tekercselési tényezője. Az 3.7. ábra alapján a segédfázisos motor feszültségei:

$$\bar{U} = \bar{U}_{ff} \quad \text{és} \quad (3.9)$$

$$-\bar{U} = \bar{U}_{sf} + \bar{I}_{sf} \cdot \bar{Z} \quad (3.10)$$



3.8. ábra. A segédfázis redukálása a főfázisra (szimmetrizálás)

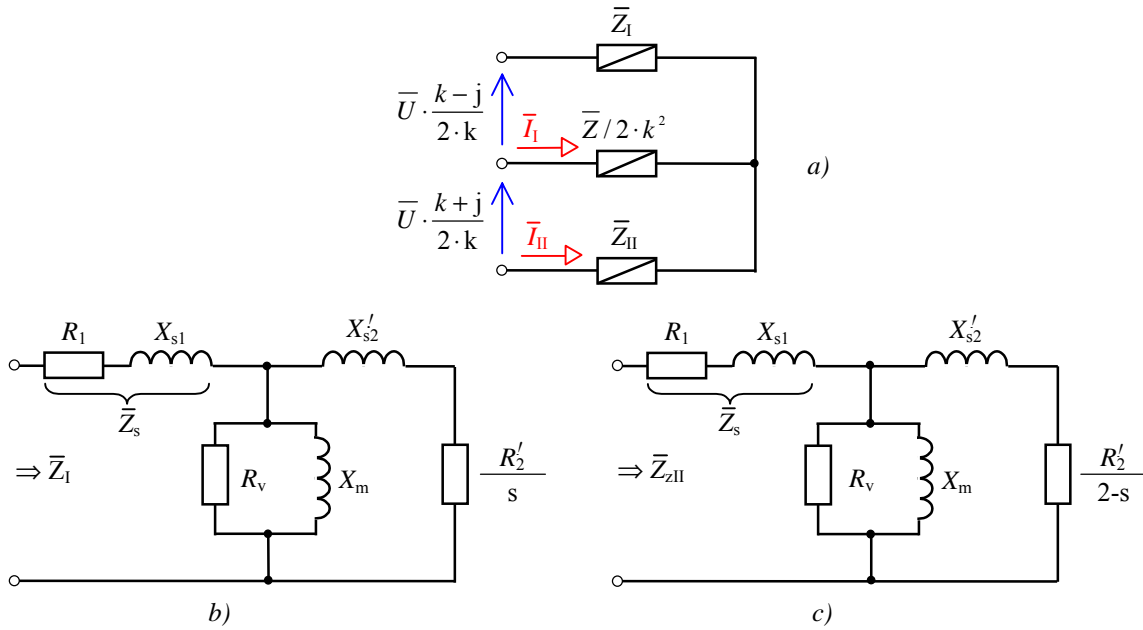
Akkor látjuk át a viszonyokat, és a szimmetrikus összetevőket is csak akkor lehet alkalmazni, ha a gép szimmetrikus. Ezért az aszimmetrikus gépet először az ismert redukálási szabályokkal a főfázisra szimmetrizáljuk ($N_{sf} \cdot \xi_{sf} \Rightarrow N_{ff} \cdot \xi_{ff}$). A redukált mennyiségek és az (3.10) összefüggés a redukálás után (3.8. ábra):

$$-\frac{\bar{U}}{k} = \bar{U}'_{sf} + \bar{I}'_{sf} \cdot \bar{Z}' = \bar{U}'_{sf} + \bar{I}'_{sf} \cdot \frac{\bar{Z}}{k^2}. \quad (3.11)$$

Szimmetrizált gép esetén az „a” és „b” fázisra jutó (3.9)-ben és (3.11)-ben megadott feszültségek és áramok a 2.2.1 pontban megismert módon szimmetrikus összetevőkre bonthatók:

$$\bar{U} = \bar{U}_{ff} = \bar{U}_I + \bar{U}_{II} = \bar{I}_I \cdot \bar{Z}_I + \bar{I}_{II} \cdot \bar{Z}_{II} \quad \text{és} \quad (3.12)$$

$$-\frac{\bar{U}}{k} = \bar{U}'_{sf} + \bar{I}'_{sf} \cdot \bar{Z}' = \bar{U}'_{sf} + \bar{I}'_{sf} \cdot \frac{\bar{Z}}{k^2} = -j \cdot (\bar{U}_I - \bar{U}_{II}) - j \cdot (\bar{I}_I - \bar{I}_{II}) \cdot \frac{\bar{Z}}{k^2} \quad (3.13)$$



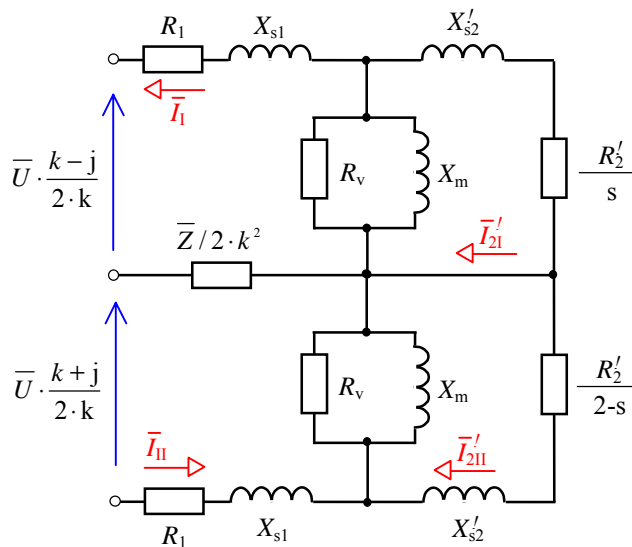
3.9. ábra. A segédfázisos motor helyettesítő vázlatai
a) a teljes; b) pozitív sorrendű; c) negatív sorrendű

Az (3.12) és (3.13) egyenletekből rendezés után (használva az $\bar{U}_I = \bar{I}_I \cdot \bar{Z}_I$ és az $\bar{U}_{II} = \bar{I}_{II} \cdot \bar{Z}_{II}$ összefüggéseket):

$$\bar{U} \cdot \frac{k-j}{2 \cdot k} = \bar{I}_I \cdot \bar{Z}_I + \frac{\bar{Z}}{2 \cdot k^2} \cdot (\bar{I}_I - \bar{I}_{II}) \quad (3.14)$$

$$\bar{U} \cdot \frac{k+j}{2 \cdot k} = \bar{I}_{II} \cdot \bar{Z}_{II} - \frac{\bar{Z}}{2 \cdot k^2} \cdot (\bar{I}_I - \bar{I}_{II}) \quad (3.15)$$

Az (3.14) és (3.15) egyenletek alapján felrajzolható a segédfázisos motor helyettesítő vázlata (3.9a ábra). A b és c ábrák a pozitív, ill. a negatív sorrendű impedanciákat mutatják.



3.10. ábra. A segédfázisos motor helyettesítő kapcsolási vázlata

Az (3.12) és (3.13) egyenletekből meghatározhatók a pozitív-, ill. negatív sorrendű áramösszetevők is:

$$\bar{I}_I = \bar{U} \cdot \frac{\bar{Z}_{II} \cdot \left(1 - j \cdot \frac{1}{k}\right) + \frac{\bar{Z}}{k^2}}{2 \cdot \bar{Z}_I \cdot \bar{Z}_{II} + \frac{\bar{Z}}{k^2} \cdot (\bar{Z}_I + \bar{Z}_{II})} \quad (3.16)$$

$$\bar{I}_{II} = \bar{U} \cdot \frac{\bar{Z}_I \cdot \left(1 + j \cdot \frac{1}{k}\right) + \frac{\bar{Z}}{k^2}}{2 \cdot \bar{Z}_I \cdot \bar{Z}_{II} + \frac{\bar{Z}}{k^2} \cdot (\bar{Z}_I + \bar{Z}_{II})} \quad (3.17)$$

Az 3.10 ábrán a motor teljes helyettesítő vázлата egy ábrában látható.

A következőkben a szimmetrizált gépre felírt (3.12)...(3.17) egyenletek felhasználásával a segédfázisos motor üzemi állapotait fogjuk tanulmányozni.

3.2.1. Segédfázisos motorok indítása

Ebben a pontban a segédfázisos, rövidrezárt forgórészű motorok indító nyomatékát a segédfáziskörbe iktatott különböző impedanciák esetén fogjuk meghatározni.

Mielőtt azonban ezt megtennénk, foglaljuk össze azokat a lépéseket, amelyek nem szimmetrikus esetben – általánosan – a nyomaték meghatározásához szükségesek:

1. Felrajzoljuk a gép kapcsolását, meghatározzuk az egyes fázisokra jutó feszültségeket (ezt az előző pontban már megtettük);
2. Ha a gép nem szimmetrikus (vagyis ha a hatásos menetszámok az egyes fázisokban nem egyenlők), a gépet szimmetrizáljuk (az ehhez szükséges redukálást elvégeztük az előző pontban);
3. Szimmetrikus gép esetén alkalmazható a szimmetrikus összetevők módszere, vagyis az egyes fázisokra jutó összetevőket felírjuk a szimmetrikus összetevőkkel (segédfázisos gép esetén ezt tartalmazzák az (3.12) és (3.13) egyenletek);
4. Kiszámítjuk a feszültségek szimmetrikus (kétfázisú esetben az U_I pozitív-, és az U_{II} negatív sorrendű) összetevőit. (Ezen feszültségek, valamint a billenőszlip ismeretében a negatív- és pozitív sorrendi nyomatékok pl. a Kloss-formula felhasználásával már közelíthetők.);
5. Felrajzoljuk az adott üzemre érvényes, pozitív- és negatív sorrendű helyettesítő vázlatokat. (Ha lehetséges, az egyszerűség érdekében különböző elhanyagolásokat teszünk.);
6. A feszültségek és a helyettesítő vázlatok felhasználásával kiszámítjuk a pozitív és negatív sorrendű redukált forgórész körű áramokat;
7. A két nyomaték-összetevő különbségéből a nyomaték az ismert:

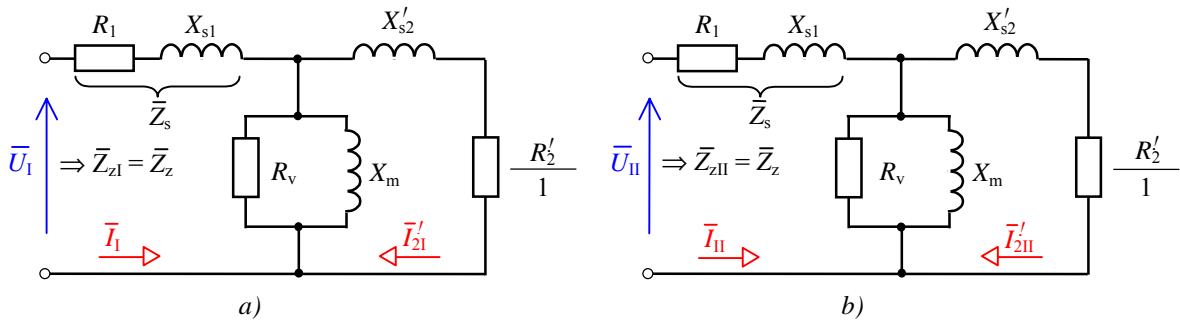
$$M = M_I - M_{II} = \frac{P_{t2I}}{s_I \cdot \omega_0} - \frac{P_{t2II}}{s_{II} \cdot \omega_0} = \frac{m}{2\pi \cdot n_0} \cdot \left[\frac{(I'_{2I})^2 \cdot R'_2}{s_I} - \frac{(I'_{2II})^2 \cdot R'_2}{s_{II}} \right] \quad (3.18)$$

összefüggés segítségével meghatározható. (3.18)-ban m a motor fázisszáma, ebben az esetben $m = 2$.

Az indítás esetén, álló állapotban érvényes pozitív- és negatív sorrendű rövidzárási helyettesítő kapcsolási vázlatokat az 3.11. ábrán rajzoltuk fel. Egyszerűsítést jelent, hogy álló állapotban $s_I = s_{II} = 1$, vagyis a pozitív és a negatív sorrendű helyettesítő kapcsolási vázlatok megegyeznek egymással. Az egyszerűbb kezelés érdekében vezessük be a

$$\bar{Z}_z = \bar{Z}_{zI} = \bar{Z}_{zII} \quad (3.19)$$

jelölést.



3.11. ábra. A segédfázisos motor helyettesítő vázlati álló, rövidzárási állapotban
a) pozitív sorrendű; b) negatív sorrendű

(3.13)-ba beírva, hogy $\bar{I}_I = \bar{U}_I / \bar{Z}_z$ és $\bar{I}_{II} = \bar{U}_{II} / \bar{Z}_z$ a két kiindulási egyenlet:

$$\begin{aligned} \bar{U} &= \bar{U}_{ff} = \bar{U}_I + \bar{U}_{II} \quad \text{és} \\ -\frac{\bar{U}}{k} &= \bar{U}'_{sf} + \bar{I}'_{sf} \cdot \bar{Z}' = -j \cdot (\bar{U}_I - \bar{U}_{II}) - j \cdot \left(\frac{\bar{U}_I}{\bar{Z}_z} - \frac{\bar{U}_{II}}{\bar{Z}_z} \right) \cdot \frac{\bar{Z}}{k^2} \end{aligned} \quad (3.20)$$

Két egyenletünk van két ismeretlennel, amelyekből \bar{U}_I és \bar{U}_{II} meghatározható:

$$\bar{U}_I = \frac{\bar{U}}{2} \cdot \left[1 - j \cdot \frac{\bar{Z}_z}{k \cdot (\bar{Z}_z + \bar{Z}')} \right] \quad \text{és} \quad (3.21)$$

$$\bar{U}_{II} = \frac{\bar{U}}{2} \cdot \left[1 + j \cdot \frac{\bar{Z}_z}{k \cdot (\bar{Z}_z + \bar{Z}')} \right] \quad (3.22)$$

Vezessük be továbbá a segédfázissal sorba kötött impedancia abszolút értékeinek hányadosára, valamint fázisszögeinek különbségére a

$$p = \frac{|\bar{Z}'|}{|\bar{Z}_z|} = \frac{Z'}{Z_z} \quad \text{és} \quad \alpha = \varphi_e - \varphi_z \quad (3.23)$$

jelöléseket, ahol φ_e a segédfázissal sorbakötött impedancia, φ_z a rövidzárási impedancia fázisszöge. Ezekkel az (3.21) és az (3.22) egyenletek a következő, viszonylag egyszerű alakúra hozhatók:

$$\bar{U}_I = \frac{\bar{U}}{2} \cdot \left[1 - j \cdot \frac{1}{k \cdot (1 + p \cdot e^{j\alpha})} \right] \quad \text{és} \quad (3.24)$$

$$\bar{U}_{II} = \frac{\bar{U}}{2} \cdot \left[1 + j \cdot \frac{1}{k \cdot (1 + p \cdot e^{j\alpha})} \right]. \quad (3.25)$$

Határozzuk meg ezek után az indító nyomatékot! Mint ismeretes, az aszinkron motor nyomatékának közelítő értéke a Kloss-formula alapján:

$$\frac{M}{M_b} = \frac{2}{\frac{s}{s_b} + \frac{s_b}{s}}, \quad (3.26)$$

ahol az M_b értékű billenő nyomatékot U nagyságú feszültség hozta létre szimmetrikus üzemben. Mivel az aszinkron gép nyomatéka a feszültséggel négyzetesen arányos, az U_I feszültséghez tartozó pozitív sorrendű nyomaték:

$$M = M_b \cdot \left(\frac{U_I}{U} \right)^2 \cdot \frac{2}{\frac{s}{s_b} + \frac{s_b}{s}}. \quad (3.27)$$

A negatív sorrendű:

$$M = M_b \cdot \left(\frac{U_{II}}{U} \right)^2 \cdot \frac{2}{\frac{2-s}{s_b} + \frac{s_b}{2-s}}. \quad (3.28)$$

Az indítónyomaték a két nyomaték különbsége (továbbá mivel a forgórész áll, mindkét mező szlipje $s = s_I = s_{II} = 1$):

$$M = \frac{U_I^2 - U_{II}^2}{U^2} \cdot M_b \cdot \frac{2 \cdot s_b}{1 + s_b^2} = \frac{U_I^2 - U_{II}^2}{U^2} \cdot M_{isz}. \quad (3.29)$$

ahol M_{isz} a szimmetrikus üzemhez tartozó indítónyomaték. Mint (3.29)-ből látható, az indítónyomaték nagysága a feszültség-összetevők négyzetének különbségétől (lásd $U_I^2 - U_{II}^2$) függ. A pozitív- és negatív sorrendű összetevők négyzetei (a * kitevő a komplex konjugáltat jelenti):

$$U_I^2 = U_I \cdot U_I^* = \frac{U^2}{4} \cdot \frac{1 + \frac{1}{k^2} + p^2 + 2 \cdot p \cdot \left(\cos \alpha + \frac{\sin \alpha}{k} \right)}{1 + p^2 + 2 \cdot p \cdot \cos \alpha} \quad \text{és} \quad (3.30)$$

$$U_{\text{II}}^2 = U_{\text{II}} \cdot U_{\text{II}}^* = \frac{U^2}{4} \cdot \frac{1 + \frac{1}{k^2} + p^2 + 2 \cdot p \cdot \left(\cos \alpha - \frac{\sin \alpha}{k} \right)}{1 + p^2 + 2 \cdot p \cdot \cos \alpha}. \quad (3.31)$$

A kapott eredményeket (3.29)-be helyettesítve:

$$M = M_b \cdot \frac{2 \cdot s_b}{1 + s_b^2} \cdot \frac{1}{k} \cdot \frac{p \cdot \sin \alpha}{1 + p^2 + 2 \cdot p \cdot \cos \alpha} = M_{\text{isz}} \cdot \frac{1}{k} \cdot \frac{p \cdot \sin \alpha}{1 + p^2 + 2 \cdot p \cdot \cos \alpha}. \quad (3.32)$$

Vizsgáljuk meg, hogy mikor kapjuk a legkedvezőbb indítónyomatékot, ha \bar{Z}' előtét impedancia nagyságát változtatjuk, de a fázisszögét (φ_e) állandónak tételezzük fel és $\alpha = \varphi_e - \varphi_z \neq 0$.

- Ha $\bar{Z}' = \bar{Z} = 0$, akkor $p = 0$, vagyis a segédfázis tekercs közvetlenül rá van kapcsolva a hálózatra. Ilyenkor a szimmetria miatt nincs fázistolás a tekercsek áramai között, ezért csak lüktető mező alakul ki, forgómező nem. Az egyenletekből is látszik, hogy a feszültség-összetevők abszolút értéke egyenlő egymással: $|\bar{U}_I| = |\bar{U}_{\text{II}}|$, és így az indítónyomaték nulla.
- Ha $\bar{Z}' = \bar{Z} = \infty$, akkor $p = \infty$, vagyis a segédfázis meg van szakítva. A gép egyfázisú motorként van a hálózatra kapcsolva, amelynek (mint azt az 3.1. pontban láttuk) az indítónyomatéka nulla.
- A maximális indítónyomaték megkereséséhez az $U_I^2 - U_{\text{II}}^2$ függvénynek kell a szélső értékét p függvényében meghatározni:

$$\frac{d(U_I^2 - U_{\text{II}}^2)}{dp} = \frac{d}{dp} \left(\frac{p \cdot \sin \alpha}{1 + p^2 + 2 \cdot p \cdot \cos \alpha} \right) = 0. \quad (3.33)$$

Elvégezve a deriválást azt kapjuk, hogy:

$$\sin \alpha \cdot (1 - p^2) = 0, \quad (3.34)$$

vagyis a keresett indítónyomaték-maximumot akkor kapjuk, ha

$$p = \pm 1. \quad (3.35)$$

Tehát bármely segédfázisos gép esetében akkor kapunk maximális indítónyomatékot, ha a segédfázissal sorba kapcsolt impedancia főfázisra redukált abszolút értéke egyenlő az indítandó gép főfázis rövidzárási impedanciájának abszolút értékével: $Z' = Z_z$. Az indítónyomaték maximális értéke ekkor:

$$M_{\text{imax}} = \frac{M_{\text{isz}}}{2} \cdot \frac{1}{k} \cdot \frac{\sin \alpha}{1 + \cos \alpha}. \quad (3.36)$$

Trigonometrikus átalakítások után (3.36) a következő alakra hozható:

$$M_{\text{imax}} = \frac{M_{\text{isz}}}{2} \cdot \frac{1}{k} \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (3.37)$$

A kapott eredmény összhangban van az a) pontban elmondottakkal, mert

$$M_i = 0, \text{ ha } \alpha = \varphi_e - \varphi_z = 0, \text{ vagyis } \varphi_e = \varphi_z.$$

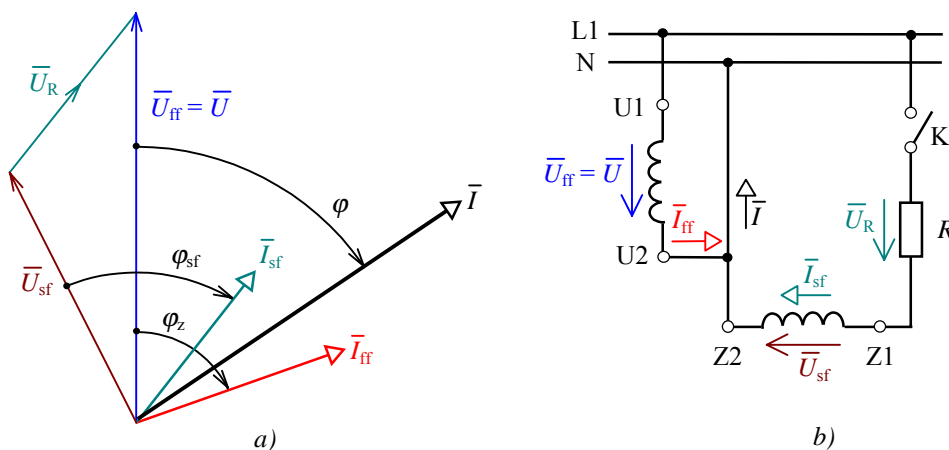
A segédfázissal sorbakötött impedancia tekercs, ohmos ellenállás, vagy kapacitás lehet. Mint (3.37) mutatja, akkor kapunk nagy nyomatékot, ha a segédfázis körbe beiktatott impedancia φ_e fázistolási szöge nagy.

Kezdetben a beiktatott impedancia egy tekercs volt, de mivel az ugyanúgy ohmos-induktív jellegű, mint a fázistekercs, nem biztosított túl nagy fázistolást. Ma már a tekercset egyáltalán nem használjuk ilyen célokra, ezért itt nem is tárgyaljuk. Valamivel jobb eredményt ad, ezért néhol még megtalálható módszer az ohmos ellenállás beiktatása. A legjobb módszer a segédfázis körbe iktatott kapacitás, ezért jelenleg szinte kizárólagosan ezt használják. A továbbiakban összehasonlítás érdekében a beiktatott ellenállást és a kapacitást vizsgáljuk meg részletesebben.

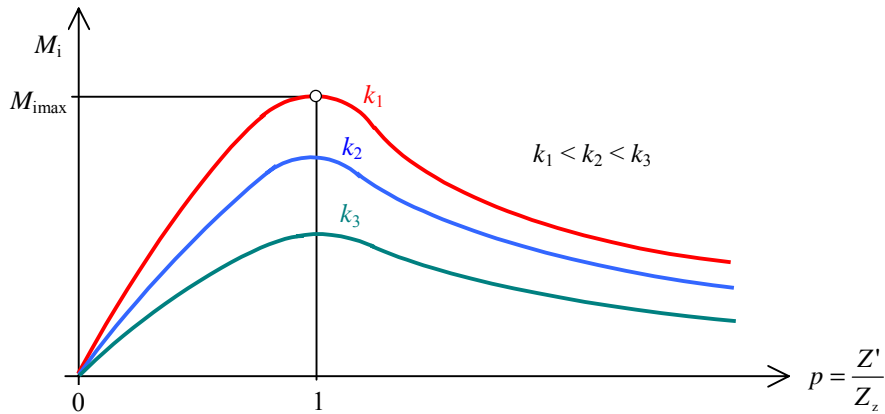
3.2.1.1. Indítás a segédfázis körbe iktatott ohmos ellenállással

Vizsgáljunk meg indítónyomaték szempontjából egy olyan motort, amelynek adatai: $k=1$; $s_b=0,15$ és $\cos \varphi_z = 0,4$.

Ohmos ellenállás esetén a beiktatott impedancia fázisszöge $\varphi_e = 0$, a rövidzárási impedancia fázisszöge pedig $\varphi_z = 67^\circ$ ($\cos \varphi_z = 0,4$). Ezekkel az adatokkal a fázistolás szöge: $\alpha = \varphi_e - \varphi_z = 0 - 67^\circ = -67^\circ$, amiből $\text{tg } \alpha / 2 = \text{tg } -33,5^\circ = -0,65$. Ezzel az indítónyomaték: $M_i = M_{isz} \cdot (-0,65) / 2 = -0,33 \cdot M_{isz}$, vagyis a szimmetrikus üzemhez tartozó nyomatéknak kb. harmada. A nyomaték negatív előjelű, vagyis a negatív sorrendű nyomaték a nagyobb. Így a forgórész a negatív sorrendű összetevő forgási irányának megfelelő irányba forog. Az ellenállásos indítás esetére felrajzolt vektorábrát 3.12. ábrán láthatjuk. Azt, hogy a negatív sorrendű összetevő a nagyobb, magából a vektorábrából is látható, mert az \bar{I}_{sf} segédfázis áramvektor siet az \bar{I}_{ff} főfázis áramvektorhoz képest (lásd ezzel kapcsolatban a 2.2.1. pontot).



3.12. ábra. A segédfázisú motor vektorábrája kapcsolása a segédfázis körbe ellenállást iktatva
a) vektorábra; b) kapcsolás



3.13. ábra. A segédfázisos motor indítónyomatéka a beiktatott ellenállás nagyságának függvényében (paraméter a k hatásos menetszám áttétel)

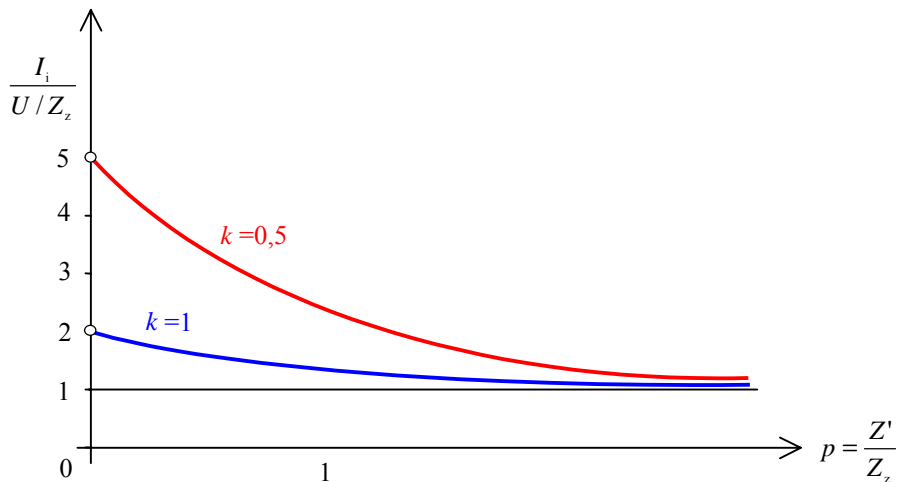
Ohmos ellenállás esetén (ha a hatásos menetszámáttétel $k = 1$) az elméletileg elképzelhető legnagyobb indítónyomatékot $\varphi_z = 90^\circ$ -nál érnénk el (ekkor az indított gép fázistekercsének ohmos ellenállását elhanyagoltuk). A nyomaték ekkor:

$$M_{imax} = \frac{M_{isz}}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2 = M_{isz} \cdot \operatorname{tg} (-45^\circ) = -0,5 \cdot M_{isz}, \quad (3.38)$$

azaz a szimmetrikus kétfázisú motor indítónyomatékának a fele. Természetesen ezt az értéket igen kis ohmos ellenállású gépeknél is csak megközelíthetjük.

Az (3.37) egyenletből látható, hogy az indítónyomaték k értékével fordítottan arányos. Adott főfázis esetén a segédfázis hatásos menetszámának csökkentésével az indítónyomaték nő, ha az $R' = R/k^2$ érték változatlan marad. Az indítónyomaték változását a $p = R'/Z$ függvényében, $k = \text{áll.}$ esetén az 3.13. ábrán ábrázoltuk.

A hatásos menetszámának csökkentésének az az ára, hogy nő a motor hálózatról felvett \bar{I}_i indítási árama.



3.14. ábra. A segédfázisos motor indítónyomatéka a beiktatott ellenállás nagyságának függvényében (paraméter a k hatásos menetszám áttétel)

Az indítási áram:

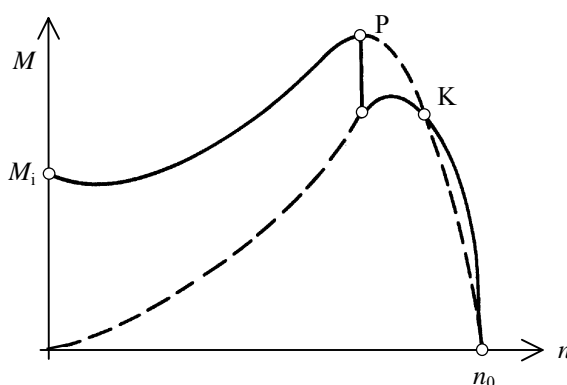
$$\bar{I}_i = \bar{I}_{\text{iff}} + \bar{I}_{\text{isf}} = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}_z} + \frac{\bar{U}}{\bar{Z}_{\text{zsf}} + R} = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}_z} + \frac{\bar{U}}{k^2 \cdot (\bar{Z}'_{\text{zsf}} + R')} = \frac{\bar{U}}{\bar{Z}_z} \cdot \left(1 + \frac{1}{k^2 \cdot \left(1 + \frac{R'}{\bar{Z}_z}\right)} \right) \quad (3.39)$$

Az indítónyomaték változását a $p = R'/Z_z$ függvényében, $k = \text{áll.}$ esetén az 3.14. ábrán rajzoltuk fel.

Az ohmos előtét ellenállást az egyszerűbb kivitel érdekében sokszor úgy állítják elő, hogy a segédfázis tekercselését nagyobb fajlagos ellenállású anyagból (pl. sárgaréz) készítik el, vagy a segédfázis vezető keresztmetszetének lecsökkentésével biztosítják a kívánt segédfázis ellenállást. Az utóbbi megoldásnak hátránya, hogy a segédfázis hőkapacitása lecsökken.

Az ellenállásos segédfázist a motor felfutása után minden esetben lekapcsolják, így a motor a továbbiakban mint segédfázis nélküli egyfázisú gép üzemel.

Az 3.15. ábrán az ellenállásos segédfázis lekapcsolása a P pontban történt. Ahogy a fordulatszám eléri a szinkronfordulatszám 80%-át, a motor főfázisa csaknem ugyanakkora nyomatékot hoz létre, mint a főfázis és segédfázis együttesen. A szinkronfordulatszám 85%-a felett a segédfázis hatására a nyomaték már csökken. A nyomaték szempontjából előnyös, ha a segédfázis áramkörét pontosan a fordulatszám–nyomaték jelleggörbék K keresztvezési pontjánál szakítjuk meg. Azért, hogy az egyes motorokra és kapcsolókra meghatározott szórást lehessen megengedni, általában az a gyakorlat terjedt el, hogy a kapcsolót a keresztvezési pont előtt működtetjük. Rendszerint a kapcsoló a szinkron fordulatszám 75%-ánál már kikapcsolja a segédfázist.

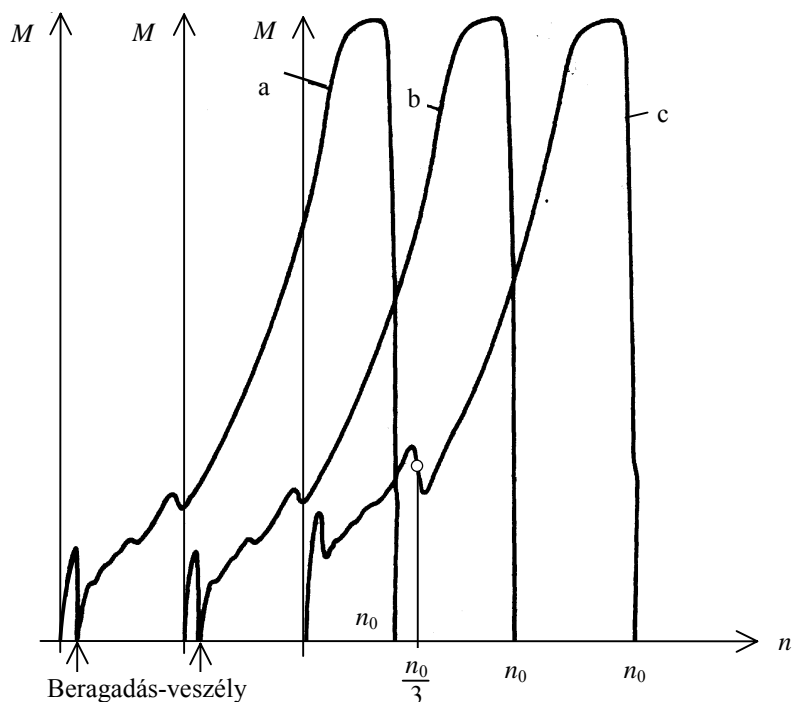


3.15. ábra. Ellenállásos segédfázisú motor indítása

A gyártók az ellenállásos indítású segédfázisos motorjaikat olyan berendezésekhez ajánlják, ahol az indítónyomaték és a névleges nyomaték viszonyozása kétpólusú gépnél 0,7, négyfázisú gép esetén 1,1 körüli értéken szükséges. A segédfázis tekercse nagyobb fajlagos ellenállású huzalból készül. Az indítást a segédfázis tekercse biztosítja, amit felfutása után áramrelé kapcsol ki. Az ellenállásos segédfá-

zisú aszinkrongépeket ma már ritkán használják, ilyenek voltak az első mosógépek motorjai, alkalmazzák még mozdonyokban a segédüzem ellátására szolgáló (fázisváltós) gépek indítására.

Vizsgáljuk meg most a 3.16. ábra alapján egy ilyen motor nyomaték–fordulatszám jelleggörbéit! Az üresen felfutó motor $M(n)$ jelleggörbéjét egy velodyn kimenő jelének felhasználásával rajzoltattuk fel úgy, hogy a velodyn fordulatszám arányos jelét differenciáltuk. A differenciált, nyomatékkal arányos (arányossági tényező a J tehetetlenségi nyomaték) szöggyorsulás-jel került a függőleges-, míg a fordulatszám-jel a vízszintes tengelyre.



3.16. ábra. Ellenállásos segédfázisú motor indítása

Az ábrából megállapíthatók a következők:

- az indítónyomaték nagysága erősen függ az ellenállás helyes értékétől. Az **a** és **b** jelleggörbe esetén az előtétellenállás értéke nem megfelelő, a gép majdnem beragadt az álló helyzethez közeli fordulatszámra;
- a megfelelően nagy forgórész-rúdszám, és rosszul megválasztott tekercselési tényező esetén a harmadik felharmónikus is kialakulhat, amelynek a negatív nyerge esetén a motor beragadását okozhatja szinkron fordulatszám harmadrésze környékén.

3.2.1.2. Indítás a segédfázis körbe iktatott kapacitással

Ugyanazokat a motor-adatokat ($k = 1$; $s_b = 0,15$; $\cos \varphi_z = 0,4$) felhasználva vizsgáljuk meg most a kondenzátoros indítást! Mivel most $\varphi_e = -90^\circ$, a fáziseltérés

szöge: $\alpha = \varphi_e - \varphi_z = -90 - 67 = 157^\circ$, amit felhasználva az indítónyomaték maximális értéke:

$$M_{\text{imax}} = \frac{M_{\text{isz}}}{2} \cdot \text{tg } \alpha / 2 = \frac{M_{\text{isz}}}{2} \cdot \text{tg } (-157/2)^\circ = \frac{M_{\text{isz}}}{2} \cdot (-4,92) \approx -2,5 \cdot M_{\text{isz}}. \quad (3.40)$$

Azt a meglepő eredményt kaptuk, hogy a segédfázisba kapcsolt $X_C = Z_z$ reaktanciájú kondenzátor hatására a tárgyalt példában a motor indítónyomatéka a névleges indítónyomatéknak közel két és félszerese.

Egynél kisebb áttétel ($k < 1$) és kisebb $\cos \varphi_z$ esetén (bár a kis teljesítményű, 1...2 kW-os aszinkronmotorok rövidzárási fázisszöge nem kisebb 60° -nál) az indítónyomaték a névleges indítónyomaték többszöröse is lehet. Milyen módon jöhetett létre ez a nagy nyomaték? A kérdésre akkor tudunk válaszolni, ha meghatározzuk a segédfázison megjelenő feszültség nagyságát. Az (3.17), az (3.24) és a (3.25) egyenletek alapján:

$$\bar{U}'_{\text{sf}} = -j \cdot (\bar{U}_I - \bar{U}_{II}) = -\frac{U}{k \cdot (1 + p \cdot e^{j\alpha})}, \quad (3.41)$$

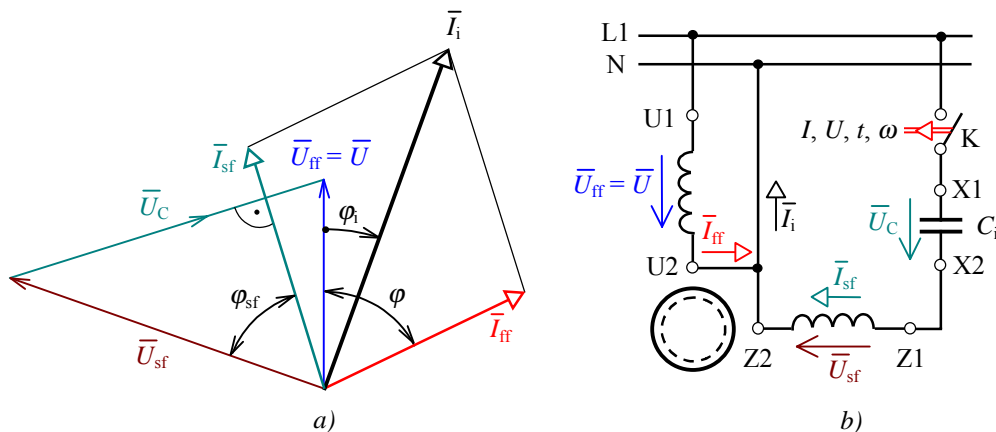
amelynek abszolút értéke az $U'_{\text{sf}} = \sqrt{\bar{U}'_{\text{sf}} \cdot \bar{U}'_{\text{sf}*}}$ összefüggéssel kiszámítva:

$$U'_{\text{sf}} = \frac{U}{k \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot p \cdot \cos \alpha + p^2}}. \quad (3.42)$$

(3.38)-ba az előbbi adatokat behelyettesítve ($k = 1$; $p = 1$; $\alpha = 157^\circ$):

$$U'_{\text{sf}} = \frac{U}{1 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot \cos 157^\circ + 1}} = 2,51 \cdot U. \quad (3.43)$$

Kondenzátorral tehát nagy indítónyomatékokat tudunk létesíteni, de a segédfázisra lényegesen nagyobb feszültség jut, mint a névleges feszültség.

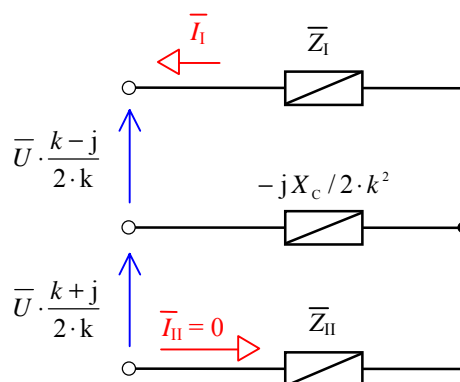


3.17. ábra. A segédfázisos motor vektorábrája és kapcsolása a segédfázis körbe kondenzátort iktatva
 a) vektorábra; b) kapcsolás

A motor indítási árama kondenzátoros segédfázis esetén lényegesen nagyobb indítónyomaték ellenére kisebb lesz, mint az ellenállásos indítás esetén. Ez egyértel-

műen következnek a 3.17a ábrán felrajzolt vektorábrából, ui. a főfázis \bar{I}_{ff} , és a segédfázis \bar{I}_{sf} árama jóval nagyobb φ szöveget zár be egymással mint az ellenállásos gép esetén.

Szimmetrikus üzemi létrehozása a segédfáziskörbe iktatott kapacitással. A gyakorlatban sokszor nem maximális indítónyomatékot, hanem körforgó mezőt akarunk megvalósítani. Vizsgáljuk meg először általánosan, hogy milyen feltételek mellett tudunk a kondenzátoros segédfázisú gép esetén körforgó mezőt létesíteni.



3.18. ábra. A segédfázisú motor helyettesítő kapcsolási vázlata

Kondenzátort iktatva a segédfázis körbe a segédfázisú gép már megismert helyettesítő vázlatát az 3.18. ábrán rajzoltuk fel. Szimmetrikus mező esetén $\bar{I}_{\text{II}} = 0$ (csak veleforgó mező van jelen). Ebben az esetben az 3.18. ábra alapján írhatjuk:

$$\bar{U} \cdot \frac{k+j}{2 \cdot k} = j \cdot \bar{I}_1 \cdot \frac{X_c}{2 \cdot k^2} \quad \text{és} \quad \bar{U} = \bar{I}_1 \cdot \bar{Z}_1 = \bar{I}_1 \cdot (R_1 + j \cdot X_1), \quad (3.44)$$

Egyszerűsítések után:

$$j \cdot X_c = k^2 \cdot R_1 - k \cdot X_1 + j \cdot (k \cdot R_1 + k^2 \cdot X_1) \quad (3.45)$$

A valós részekre fennálló egyenlőségből:

$$k = \frac{X_1}{R_1} = \text{tg } \varphi_1 \quad (3.46)$$

A képzetes részekre fennálló egyenlőségből:

$$X_c = k \cdot R_1 + k^2 \cdot X_1 \quad (3.47)$$

Felhasználva még az(3.46) összefüggést:

$$X_c = (1 + k^2) \cdot X_1 \quad (3.48)$$

Szavakban megfogalmazva: a szimmetrikus mező létrehozásához az szükséges, hogy:

- a) az (3.46) egyenlet szerint: a forgómezőt létrehozó szimmetrikus összetevő helyettesítő vázlat impedanciája fázisszögének tangense egyezzen meg a hatásos menetszám-áttétellel;
- b) ebben az esetben a kondenzátort az (3.48) egyenlet szerint kell megválasztani.

Megállapíthatjuk tehát, hogy adott főfázis impedancia mellett csak egyetlen hatásos segédfázis menetszámmal és – mivel a helyettesítő vázlat impedanciái szlipfüggők – csak egy adott fordulatszámom lehet körforgó mezőt létesíteni.

3.2.1.3. Szimmetrikus üzem létrehozása a segédfáziskörbe iktatott kondenzátorral indításkor

Alkalmazzuk az előző pontban kapott, és az (3.46) és (3.48) egyenletekben megfogalmazott eredményeket az indításra!

Az indítás (mint már korábban megfogalmaztuk) egy speciális, egyszerűbb eset, mert ilyenkor a pozitív és a negatív sorrendi impedanciák megegyeznek egymással:

$$\overline{Z}_I = \overline{Z}_{II} = \overline{Z}_z \quad \text{és} \quad \overline{Z}_z = R_z + j \cdot X_z \quad (3.49)$$

A körforgó mező létrejöttének feltétele indításkor:

$$k = \frac{X_z}{R_z} = \operatorname{tg} \varphi_z, \quad (3.50)$$

Vagyis a rövidzárási impedancia fázisszöge egyezzen meg a hatásos menetszámáttétellel. Ebben az esetben a körforgó mező létesítéséhez szükséges kapacitív reaktancia, ill. a kapacitás:

$$X_C = (1 + k^2) \cdot X_z, \quad \text{ill.} \quad C = \frac{1}{\omega \cdot (1 + k^2) \cdot X_z}. \quad (3.51)$$

Kondenzátorral történő indítás esetén az indító kondenzátor helytelen megválasztása olyan áramokat és feszültségeket hozhat létre a gépben, amelyek tönkretethetik. Ezért célszerű az egyfázisú kondenzátoros motornál abból a feltételezésből kiindulni, hogy az indító nyomaték legyen egyenlő a szimmetrikus kétfázisú táplálásnál elérhető indító nyomatékkal, vagyis feleljen meg az (3.50) és (3.51) egyenleteknek.

Az így megválasztott indító kondenzátoros segédfázist a motor felfutása után le kell kapcsolni, mivel az elmondottak miatt az indító kondenzátor a névleges fordulatszám környékén nem ideális. A motor felgyorsulása közben a segédfázisban rezonancia jelenség léphet fel és a kondenzátorra jutó feszültség a gyorsulással nő. Az indító kondenzátorok általában bipoláris elektrolit kondenzátorok, a $\operatorname{tg} \delta \approx 0,15$, ezért nagy veszteségek lépnek fel bennük, ami miatt az óránkénti indítások száma csak kb. 20 lehet.

Az indító kondenzátoros motorokat a gyártók olyan berendezésekhez ajánlják, ahol az indító nyomaték-igény és a névleges nyomaték viszonya 1...2 között van.

3.2.2. Körforgó mező létrehozása a segédfáziskörbe iktatott kapacitással a névleges fordulatszám környékén

A legkedvezőbb üzemi jellemzők a névleges fordulatszámú pont környékén is körforgó mező esetén lesznek. Ennek feltételeit álló állapotra az (3.50) és a (3.51) összefüggések szolgáltatják. Üzemi kondenzátoros motor esetén a körforgó mező kialakulásának feltételei:

$$k = \frac{X_1}{R_1} = \operatorname{tg} \varphi_1 \quad \text{és} \quad (3.52)$$

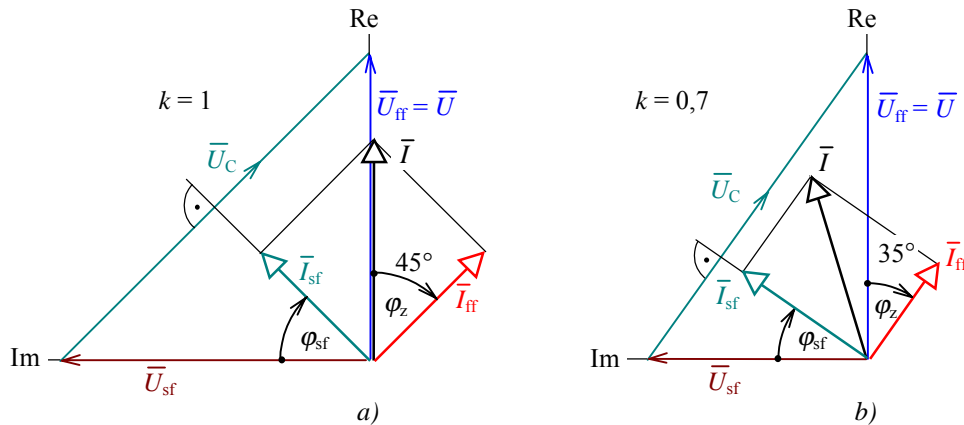
$$X_{C_{\bar{u}}} = (1+k^2) \cdot X_1, \quad \text{ill.} \quad C_{\bar{u}} = \frac{1}{\omega \cdot (1+k^2) \cdot X_1}, \quad (3.53)$$

ahol R_1 a pozitív sorrendű impedancia valós, X_1 pedig a pozitív sorrendű impedancia képzetes része az adott, legtöbbször névleges s_n szlipnél.

Ezek a feltételek alakilag megegyeznek az álló állapot feltételeivel, de tartalmuk más. A (3.52) és a (3.53) feltételeknek egyszerre kell teljesülniük, ez csak abban az esetben lenne lehetséges, ha bármely fordulatszámon a fordulatszám-változással együtt változtatnánk a k áttételi számot, és az üzemi kondenzátor $C_{\bar{u}}$ értékét. Ezt természetesen nem lehet megvalósítani.

Adott kondenzátor, és egy adott áttétel esetén tehát csak egy meghatározott fordulatszámon alakulhat ki körforgó mező.

A 3.19a és b ábrát két: $k = 1$, és $k = 0,9$ hatásos menetszám-áttételű motor esetében rajzoltuk meg akkor, amikor a gépek az üzemi kondenzátor hatására – egy adott terhelésnél – mint szimmetrikus kétfázisú motorok működnek.



3.19. ábra. A segédfázisú motor vektorábrái körforgó mező esetén a segédfázis körbe kondenzátort iktatva
a) $k = 1$; b) $k = 0,7$

Az indító kondenzátor soha nem használható üzemi kondenzátorként, ez a kondenzátor tönkremenetelét okozná, mert rövid üzemre van méretezve. Az üzemi kondenzátor névleges feszültsége 231 V-os motoroknál lehetőleg ne legyen 400 V-nál kisebb.

A (3.52) és a (3.53) egyenletek alapján körforgó mező létrehozása a névleges pontban a következő tervezési lépésekkel lehetséges:

1. A beállítandó s_n meghatározza a helyettesítő vázlat ohmos részét: $s_n \Rightarrow R_I$;
2. A k hatásos menetszám áttétel és s_n definiálja a helyettesítő vázlat induktív részét: $k, s_n \Rightarrow X_I = k \cdot R_I$;
3. X_I és k meghatározza a kondenzátort: $C_{\bar{u}} = \frac{1}{\omega \cdot (1+k^2) \cdot X_I}$.

$$s \Longrightarrow R_I \xrightarrow{k} X_{II} = k \cdot R_{II} \Longrightarrow X_C = X_I \cdot (1+k^2)$$

Megfordítva: A gép pozitív sorrendű helyettesítő vázlatának X_I -e és a k hatásos menetszám áttétel meghatározza a kondenzátor reaktanciáját és a szlipet:

$$\begin{array}{l} X_I \xrightarrow{k} X_C = X_I \cdot (1+k^2) \\ X_I \xrightarrow{\quad} R_I = \frac{X_I}{k} \Longrightarrow s \end{array}$$

3.2.2.1. Az üzemi kondenzátor és a hálózati teljesítménytényező gyakorlati meghatározása

A számításhoz egy szimmetrikusan táplált, kétfázisú gép vektorábráját használjuk fel (3.20. ábra). A szimmetrikus körforgó üzem feltételei:

$$k = \frac{X_I}{R_I} = \operatorname{tg} \varphi_1, \quad X_C = (1+k^2) \cdot X_I, \quad \text{és} \quad \varphi_{\text{ff}} = \varphi_{\text{sf}} = \varphi$$

A kondenzátor kapacitív reaktanciája (a vektorábrából: $U_C = U / \cos \varphi$):

$$X_C = \frac{U_C}{I_{\text{sf}}} = \frac{U}{I_{\text{sf}} \cdot \cos \varphi} = \frac{1}{\omega \cdot C_{\bar{u}}}, \quad (3.54)$$

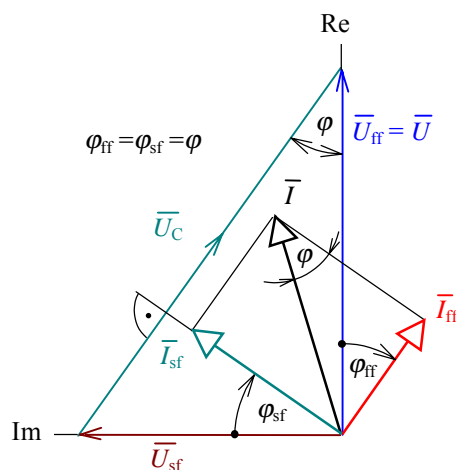
Ebből a kondenzátor kapacitása (felhasználva, hogy nem szimmetrikus gépnél $I_{\text{sf}} = I_{\text{ff}} / k$):

$$C_{\bar{u}} = \frac{I_{\text{sf}} \cdot \cos \varphi}{\omega \cdot U} = \frac{I_{\text{ff}} \cdot \cos \varphi}{k \cdot \omega \cdot U}, \quad (3.55)$$

A szimmetrizált kétfázisú gép leadott teljesítménye (η a gép hatásfoka):

$$P_2 = m(=2) \cdot U \cdot I_{\text{ff}} (= I'_{\text{sf}}) \cdot \cos \varphi \cdot \eta, \quad \text{amiből:} \quad I_{\text{ff}} = \frac{P_2}{2 \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta} \quad (3.56)$$

A főfázis áramot behelyettesítve (3.55)-be:



3.20. ábra. Kondenzátoros, segédfázisos motor vektorábrája körforgó mező esetén

$$C_{\bar{u}} = \frac{P_2}{2 \cdot \omega \cdot U^2 \cdot \eta \cdot k} \quad (3.57)$$

Ha $U = 231 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$, $k = 1$ és $\eta = 66 \%$, akkor:

$$C_{\bar{u}} = 0,0497 \cdot P_2 [\mu\text{F}] \approx 5 \frac{\mu\text{F}}{100 \text{ W}}. \quad (3.58)$$

Tehát mondhatjuk azt, hogy az $U = 231 \text{ V}$ -os, $f = 50 \text{ Hz}$ -es hálózatonál 100 W -onként $5 \mu\text{F}$ kapacitású üzemi kondenzátor szükséges. A kondenzátor névleges feszültsége pedig a már közölt gyári ajánlás szerint 231 V -os motor esetén 400 V -nál ne legyen kisebb.

Tájékoztatásul közöljük, hogy a következő motorkondenzátorok vannak szabványosítva: $0,5$; $1,0$; $1,2$; $1,5$; $2,0$; $3,0$; $4,0$; $5,0$; $6,0$; $8,0$; 10 ; 12 ; 16 ; 20 ; 25 ; 40 ; 60 ; 100 nF . A kapacitások tűrése általában 10% . Névleges feszültségek: 220 V ; 260 V ; 300 V ; 350 V ; 400 V ; 450 V ; 500 V .

A körforgó mezőnél a főfázis áramvektora (\bar{I}_{ff}) merőleges a segédfázis áramvektorára (\bar{I}_{sf}). A hálózathoz felvett áram:

$$\bar{I} = \bar{I}_{\text{ff}} + \bar{I}_{\text{sf}} = \bar{I}_{\text{ff}} \cdot \left(1 + j \cdot \frac{1}{k}\right). \quad (3.59)$$

Az áram abszolút értéke:

$$I = I_{\text{ff}} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{k^2}} = I_{\text{ff}} \cdot \sqrt{1 + \text{ctg}^2 \varphi} = \frac{I_{\text{ff}}}{\sin \varphi}. \quad (3.60)$$

A kondenzátoros motor hálózati teljesítménytényezője, a kondenzátort is beszámítva:

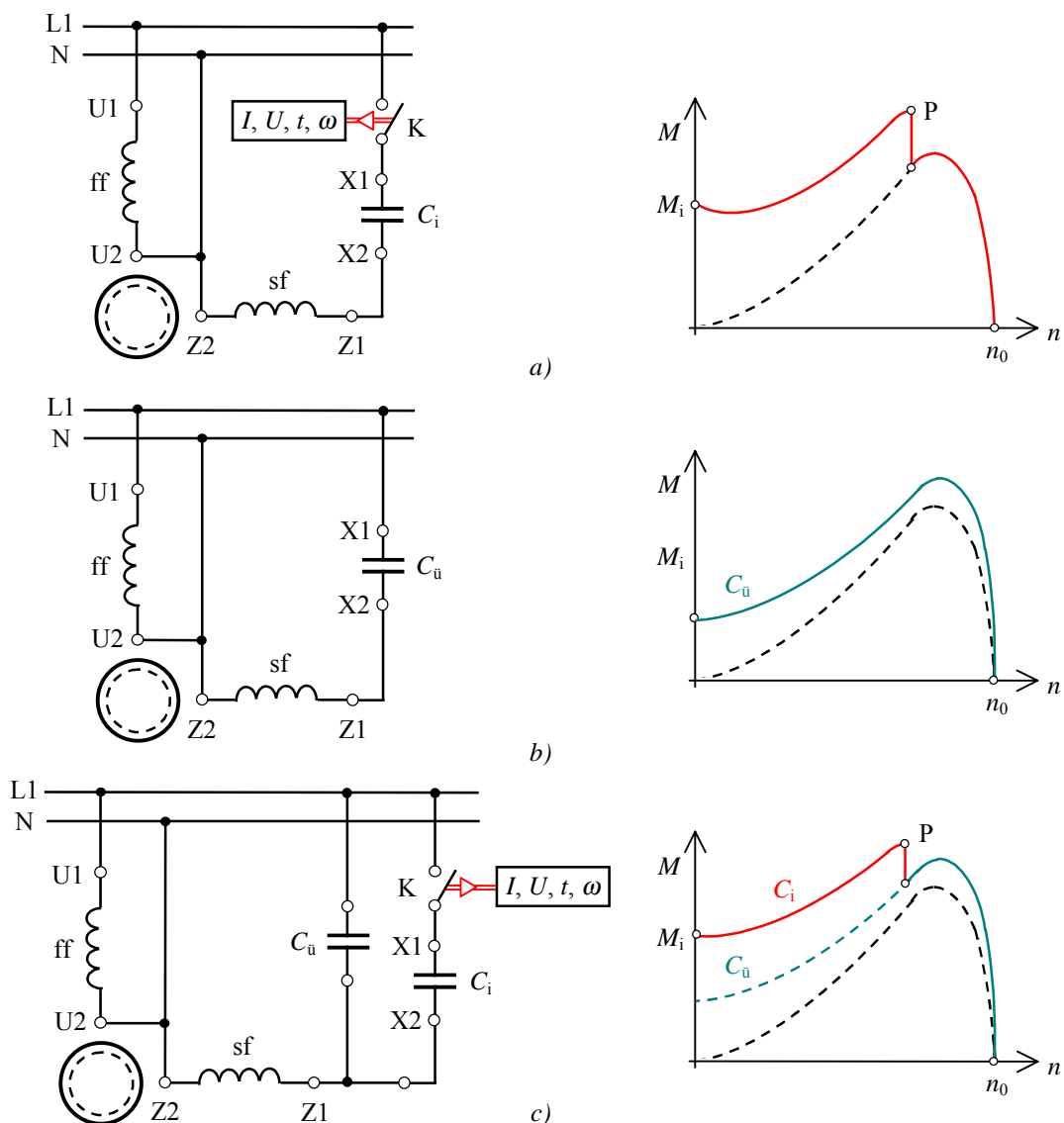
$$\cos \varphi_h = \frac{I_{\text{ff}} \cdot \cos \varphi + I_{\text{sf}} \cdot \sin \varphi}{I} = \frac{I_{\text{ff}} \cdot (\cos \varphi + \text{ctg} \varphi \cdot \sin \varphi)}{I} = \sin 2\varphi. \quad (3.61)$$

3.2.3. Az egy fázisról táplált, segédfázisos aszinkron motorok kapcsolási módjai és forgásirányváltása

3.2.3.1. A segédfázisos aszinkron motorok kapcsolási módjai

Az eddig elmondottakból adódóan a gyakorlatban háromféle kondenzátoros motor terjedt el (3.21. ábra):

- Egyfázisú, indítókondenzátoros motor. A gép nagy indítónyomatékkal való indítását a segédfázissal sorba kötött bipoláris elektrolit kondenzátor biztosítja (a ábra). A segédfázist és a kondenzátort a motor felfutása után segédfázis-kapcsoló kapcsolja ki.
- Egyfázisú, üzemi kondenzátoros motor. A motor aránylag kis nyomatékkal indul. A segédfázissal sorba kötött és állandóan bekapcsolt üzemi kondenzátor



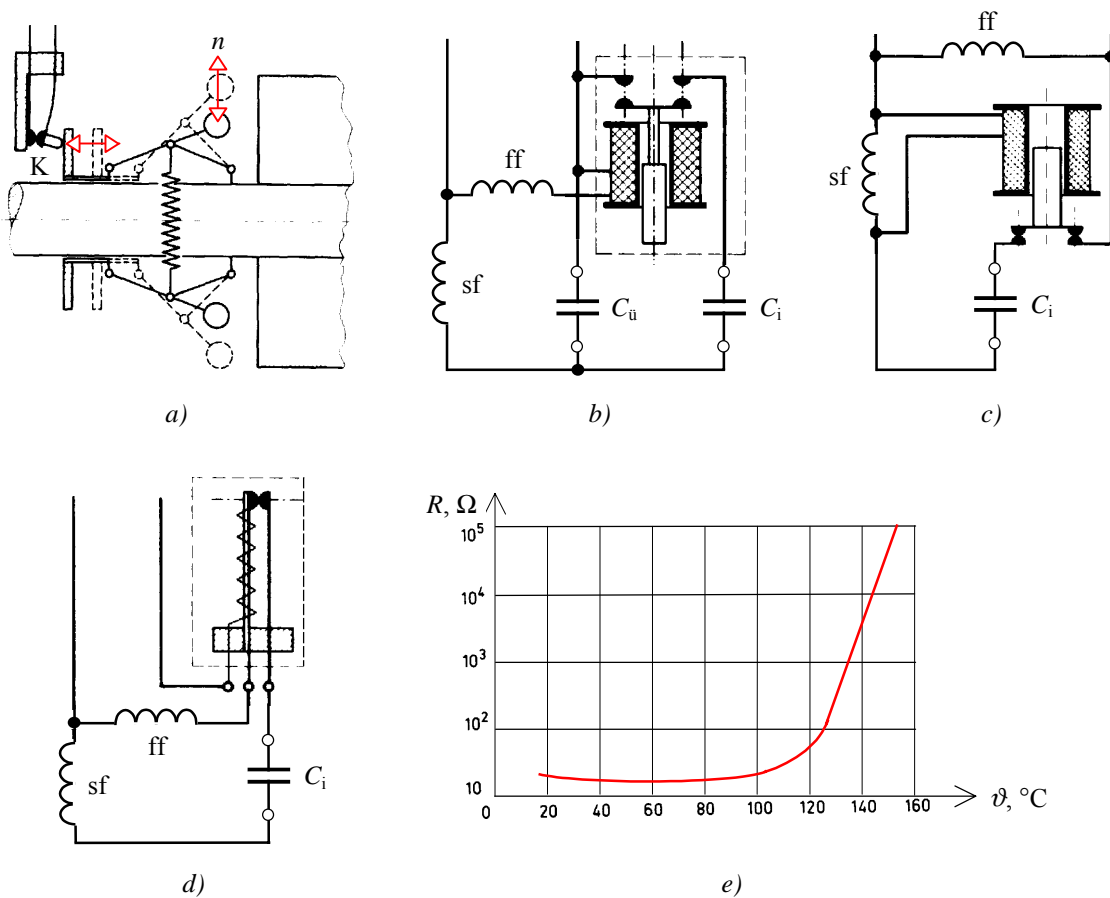
3.21. ábra. Kondenzátoros, segédfázisos motor kapcsolásai
 a) indítókondenzátoros; a) üzemi kondenzátoros; a) indító- és üzemi kondenzátoros

nagy forgatónyomatékokat biztosít (*b* ábra). Kedvező üzemi tulajdonságai miatt ez a legelterjedtebb egyfázisú aszinkron törpemotor. Az üzemi kondenzátoros motorok meghibásodási lehetősége a legkisebb, mivel a motorokhoz nem tartozik az előző pontban részletezett segédfázis kapcsoló.

- c) Egyfázisú, indító- és üzemi kondenzátoros motorok. Alkalmazásuk elsősorban nehéz indítási feltétellel rendelkező berendezések meghajtására javasolható. Egyesíti az indító-kondenzátoros és az üzemi kondenzátoros motorok előnyeit. A kettős kondenzátoros motor kapcsolási vázlata a *c* ábrán látható. Ha a motor fordulatszáma eléri a szinkronfordulatszám 75...80%-át, az indító-kondenzátort egy indítókapcsoló segítségével lekapcsoljuk.

Az indító-kondenzátoros motoroknál az indítás-, üzemi kondenzátoros motoroknál a néveleges pont, és végül az indító- és üzemi kondenzátoros motoroknál az indítás és a néveleges pont környékén tudunk közel szimmetrikus üzemet létrehozni.

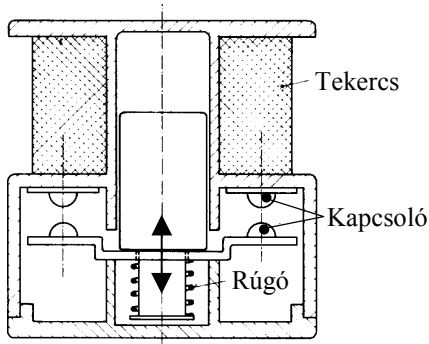
Mint látjuk, az indító kondenzátorokat egy kapcsoló segítségével csak az indítás idejére kapcsoljuk be, és a segédfázis tekercsét is úgy méretezik melegedés szempontjából, hogy a viszonylag rövid időtartamot kibírják. Ha a tekercs hosszabb ideig marad bekapcsolva, azt rendszerint nem bírja ki, és rendszerint leég. Ezért nagyon fontosak azok az indító kapcsolók, amelyek a segédfázis-kört kapcsolják.



3.22. ábra. A segédfázist (indító-kondenzátort) kapcsoló megoldások
a) centrifugál kapcsolós; *b)* áramrelé; *c)* feszültségrelé; *d)* termikus relé; *e)* PTC kapcsoló

A kapcsolók a működtetés elve szerint lehetnek (3.22. ábra) [EGYF2]:

- a) a motor fordulatszámát érzékelő centrifugális kapcsolók (*a* ábra);
- b) a főfázis áramát érzékelő relék (*b* ábra);
- c) a segédfázis feszültségét érzékelő relék (*c* ábra);
- d) termikus relék (*d* ábra);
- e) PTC jellegű kapcsolók (*e* ábra)
- f) kézi működtetés.



3.23. ábra. Áramrelé felépítése

Az *a* ábrán látható kapcsolásban a centrifugális kapcsoló mechanizmus a motor fordulatszámát érzékeli, és akkor kapcsolja ki a segédfázist, amikor az eléri a szinkron fordulatszám 75...80%-át.

A *b* ábrán az áramrelé az üzemi- és indítókon-
denzátoros motor főfázis áramát érzékeli, és akkor kapcsolja ki az indító kondenzátort, amikor az áram egy adott érték alá csökken. Ez az eset a gyakorlatban annyira fontos, hogy a 3.23. ábrán megmutatjuk egy ilyen áramrelé felépítését.

A *c* ábra szerinti kapcsolásban egy feszültségrelé a segédfázis feszültségét érzékeli. Indításkor nagyobb a feszültség az indítókon-
denzátoron, ezért a relé nem húz be, így zárva tartja a segédfázis kört. A fordulatszám növekedésekor egyre nagyobb feszültség jut a segédfázis tekercsre, a relé behúz, és megszakítja a segédfázis-kört.

A *d* ábrán a segédfázis kapcsolását egy termikus relé végzi. A főfázison átfolyó nagy áram a kettősfémet (bimetall-t) felmelegíti, ezzel nyitva a segédfázis-kört. Az indítás végén a főfázis árama lecsökken és a termikus relé kikapcsol.

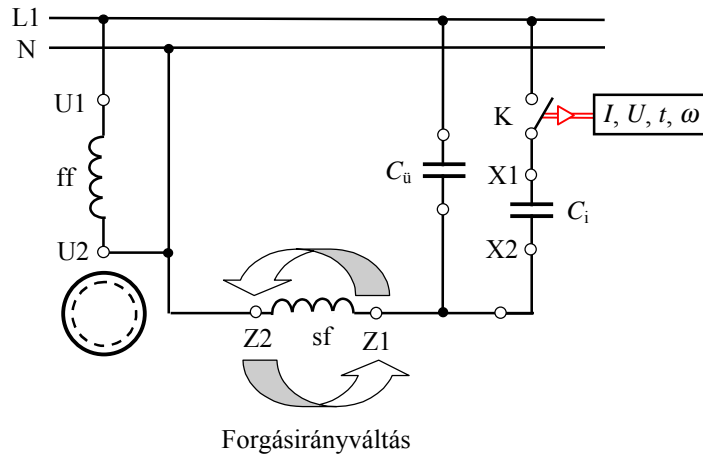
Az indító nyomatek növelése lehetséges pozitív hőfoktényezőjű, termisztor jellegű kapcsolókkal (pozisztorokkal) is. A kapcsolóelem jelleggörbéje látható az *e* ábrán, amelyből látható, hogy ellenállása 120 °C fölött több nagyságrendet növekszik. Az elemet párhuzamosan kapcsolják az üzemi kondenzátorral, így azt az indítás idejére lesöntöli. Felmelegedése után gyakorlatilag megszünteti az üzemi kondenzátor söntölését.

3.2.3.2. Fordulatszám-változtatás és forgásirányváltás

Azok a mechanizmusok, amelyeket egyfázisú aszinkron motorokkal hajtunk meg, legtöbbször nem igényelnek változó fordulatszámot, ill. működés közbeni forgásirányváltást.

**A segédfázisos motor forgásirányát – feszültségre kapcsolás előtt – a segéd-
vagy a főfáziskapcsok egymáshoz képesti felcserélésével tudjuk megváltoztatni (3.24. ábra).**

A forgásirányváltáshoz a kapocstáblát úgy alakítják ki, hogy a forgásirányváltás csavarral rögzített vezető lemezek áthelyezésével egyszerűen legyen megoldható.



3.24. ábra. Segédfázisos motor forgásirányának megváltoztatása

Az egyfázisú motorgyártók – a szabvány-előírásnak megfelelően – rendszerint a kapocsházfedélben megadják a forgásirány változtatásához tartozó elkötési rajzot.

3.2.4. Az egy fázisról táplált, segédfázisos motorok felharmónikusai és tekercselése

A segédfázisos motorokban a fő- és a segédfázis tekercselése általában nem azonos. A főfázis tekercseléséhez nagyobb keresztmetszetű vezetőt használva csökken a tekercsveszteség és a melegedés, nő a hatásfok, az indító- és a billenőnyomaték is. Ennek megfelelően a segédfázisos motorok főfázisának tekercsei általában vastagabb vezetőből készülnek, és több horonyban vannak elosztva, mint a segédfázis tekercsei. A főfázis tekercselés általában a kerület kétharmadát, a segédfázis tekercselés a kerület egyharmadát foglalja el.

A kondenzátoros motorok tekercselésének többsége kétréteges, a legkritikusabb felharmónikusok megszüntetése érdekében lépésrövidített, koszorú tekercselés.

Vizsgáljuk meg, milyen rendszámú felharmónikusok alakulhatnak ki a 90° -os térbeli eltolással készített fő-, és segédfázis tekercseléseknél.

Mint ismeretes, a többfázisú villamos gépekben csak olyan rendszámú harmónikusok képesek körforgó mezőt létrehozni, amelyeknél a tekercsek villamos szögben mért térbeli eltolása, és a tekercsekre kapcsolt feszültségek időbeli eltolása megegyezik egymással. Ebben az esetben:

$$\underbrace{\nu \cdot 90^\circ}_{\text{Időbeli eltolás}} \pm \underbrace{k \cdot 360^\circ}_{\text{Térbeli eltolás}} = 90^\circ \quad (3.62)$$

Ebből:

$$\nu = 4 \cdot k + 1, \quad (3.63)$$

ahol k pozitív értékeinél a forgórész forgásirányában forgó-, negatív értékeinél pedig elleneforgó összetevőt kapunk. A legfontosabb (legalacsonyabb rendszámú) harmónikusokat foglaljuk össze a következő, 3.1. táblázatban:

3.1. táblázat. A kétfázisú gép legfontosabb harmónikusai

| k | 0 | +1 | -1 | +2 | -2 | +3 | -3 |
|------------------|---|----|----|----|----|----|-----|
| ν (rendszám) | 1 | +5 | -3 | 9 | -7 | 13 | -11 |

A veszélyesség szempontjából mindig a legalacsonyabb rendszámú felharmónikusok a legveszélyesebbek, mert Fourier-sorfejtéssel be lehet bizonyítani, hogy:

$$\frac{B_\nu}{B_1} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{\xi_\nu}{\nu}, \quad (3.64)$$

ahol B_ν a ν -edik, B_1 az alapharmónikus által létrehozott indukcióhullám amplitúdója. (3.64) azt mutatja meg, hogy minél nagyobb a rendszám, annál kisebb az indukció, és ezzel a nyomaték is. (A rendszám és az indukció amplitúdója fordítottan arányos egymással.)

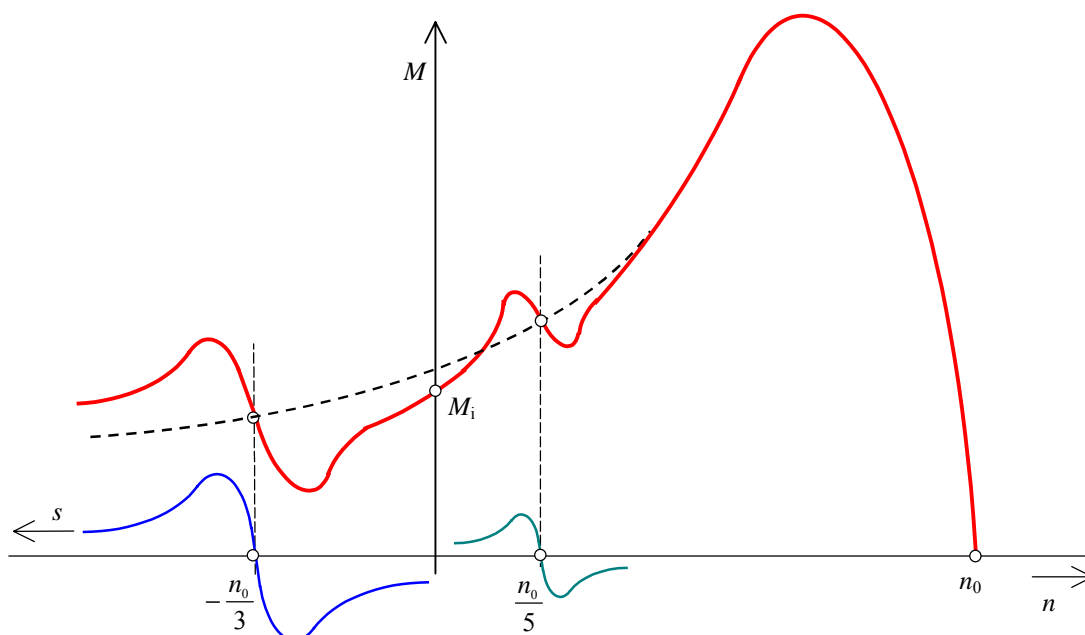
Más oldalról az is kiolvasható (3.64)-ből, hogy amennyiben a ν -edik harmónikusra vonatkoztatott tekercselési tényező $\xi_\nu = 0$, akkor az adott harmónikus nem jelenik meg az indukált feszültségben, és nincs nyomatéka sem.

Mint ismeretes, a ν -edik harmónikusra vonatkozó eredő tekercselési tényező több tekercselési tényező szorzata, amelyek közül a legfontosabbak: a sáv-, vagy eloszlási- és a lépésrövidítési-, vagy húr tényező:

$$\xi_\nu = \xi_{ev} \cdot \xi_{hv}, \quad (3.65)$$

Az (3.64) és (3.65) egyenletek megadják a lehetőséget a legveszélyesebb harmónikusok kiküszöbölésére, vagy hatásuk jelentős csökkentésére. Ezt úgy érik el, hogy a tekercselés tervezése során figyelnek arra, hogy az alapharmónikusra vonatkozó tekercselési tényező lehetőleg ne csökkenjen, miközben úgy választják meg a tekercselés S/τ_p lépésrövidítését (vagyis a ξ_{hv} lépésrövidítési tekercselési tényezőt), hogy az az adott harmónikusra a lehető legkisebb legyen. (Nagy horony számmal, ésszerű lépésrövidítéssel és horonyferdítéssel ezek a kérdések kezelhetők.) Mielőtt a lehetséges variációkat megvizsgálánk, nézzük meg, hogy melyek a gerjesztési felharmónikusok káros hatásai:

- a) Fordulatszám–nyomaték jelleggörbe Minden forgó gerjesztéssel rendelkező felharmónikus nyerget hoz létre a jelleggörbén, és ez a hatás a szinkron fordulatszám $1/\nu$ -szöröse környékén a legerőteljesebb (3.25. ábra).
 - az indítónyomaték csökkenését az elleneforgó harmonikusok okozzák. Abban az esetben, ha az illető felharmónikus elleneforgó, nem a motoros jelleggörbén jelenik meg a csúcs, hanem csak a fékezési szakaszon.



3.25. ábra. Felharmónikusok hatása a nyomaték–fordulatszám jelleggörbére

- nyergek a motoros karakterisztikán, a veleforgó (az alapharmonikussal megegyező irányban forgó) harmónikusok okozzák.

Megjegyezzük, hogy az aszinkron nyomatéknyergek mellett a jelleggörbén meghatározott fordulatszámokon szinkron jellegű nyomatékok is megjelenhetnek, amelyeket a legtöbbször a horonyharmónikusok következményei.

- Teljesítménytényező** A felharmónikus szórási reaktancia következtében a nagyobb amplitúdójú harmonikusok a teljesítménytényezőt csökkentik. Ugyanakkor a szórási reaktancia az indító áramot is csökkenti.
- Hatásfok** A felharmónikus forgómezők áramokat indukálnak a forgórészben és ezek nagy hővé alakuló veszteséget okoznak;
- A felharmónikus fluxusok miatt nagy a forgórész átmágnesezési frekvenciája, és így nagy lesz a vasvesztés. Ezek a veszteségek csökkentik a motor hatásfokát és növelik a forgórész hőmérsékletét.
- Rezgés és zaj** A felharmónikusok rezgést és többletvesztést okoznak a gép különböző szerkezeti elemeiben, ami zajt és járulékos melegedést okoz.

Az 3.1. táblázatból látszik, hogy a legveszélyesebb harmónikusok rendszáma segédfázisos gépeknél a $v = -3$ és a $v = 5$. (Emlékeztetőül: a segédfázisos gép rosszabb a felharmónikusok szempontjából, mint a háromfázisú gép, mert ott a legalacsonyabb rendszámú kialakuló harmónikus a rendszáma a $v = 5$ volt.)

Vizsgáljuk meg ezek után, hogy az egész horonyszámú, kétréteges, kétfázisú tekercseléseknél milyen lehetőségeink vannak a 3. és az 5. harmónikus csökkentésére. Az eloszlási tényező:

$$\xi_{ev} = \frac{\sin\left(v \cdot \frac{\pi}{2 \cdot m}\right)}{q \cdot \sin\left(v \cdot \frac{\pi}{2 \cdot q \cdot m}\right)} = \frac{\sin\left(v \cdot \frac{\pi}{4}\right)}{q \cdot \sin\left(v \cdot \frac{\pi}{4 \cdot q}\right)}. \quad (3.66)$$

3.2. táblázat. A v -edik rendszámú felharmónikusok ξ_{ev} eloszlási tényezője a legjelentősebb felharmónikusokra $q = \infty$ esetén

| v | 1 | 3 | 5 |
|------------|-----|-----|------|
| ξ_{ev} | 0,9 | 0,3 | 0,18 |

Ha q igen nagy – határesetben végtelen – az összetevő feszültségvektorok sokszöge körívbe megy át. Ebben az esetben a kétfázisú tekercselés egy-egy fázisa a pólusosztás felét foglalja el és ekkor az eloszlási tényező a következő alakra módosul:

$$\xi_{ev} = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{1}{v} \cdot \sin\left(v \cdot \frac{\pi}{4}\right). \quad (3.67)$$

Az eloszlási tényezők $q = \infty$ feltételezésével a gyakorlatban még fontos felharmónikusokra, az 3.2. táblázatban találhatók.

A hűrtényező veszi figyelembe a lépésrövidítés hatását, vagyis azt, hogy az egyes tekercsek tekercsoldalaiban indukált feszültségek nincsenek ellenfázisban és így sorbakapcsoláskor az eredőjük kisebb, mint az algebrai összegük. Az egész hórónyszámú, kétréteges tekercselés v -edik felharmónikusra vonatkozó hűrtényezője:

$$\xi_{hv} = \sin\left(v \cdot \frac{S}{\tau_p} \cdot \frac{\pi}{2}\right). \quad (3.68)$$

Átrendezve:

$$\xi_{hv} = 0, \quad \text{ha} \quad v \cdot \frac{S}{\tau_p} \cdot \frac{\pi}{2} = k \cdot \pi, \quad \text{vagyis ha} \quad \frac{S}{\tau_p} = \frac{2 \cdot k}{v}. \quad (3.69)$$

Ha tehát a tekercsszélességet úgy választjuk meg, hogy $S/\tau_p = 2 \cdot k/v$ teljesüljön, akkor az illető v -edik felharmónikus értéke az indukált feszültségben nulla lesz.

3.3. táblázat. A legjelentősebb felharmónikusok ξ_{hv} hűrtényezői különböző lépésrövidítések esetén

| v | S/τ_p | | | |
|-----|------------|-------|-------|------|
| | 2/3 | 13/18 | 14/18 | 5/6 |
| 1 | 0,87 | 0,91 | 0,94 | 0,97 |
| 3 | 0 | 0,26 | 0,5 | 0,71 |
| 5 | 0,87 | 0,57 | 0,17 | 0,26 |

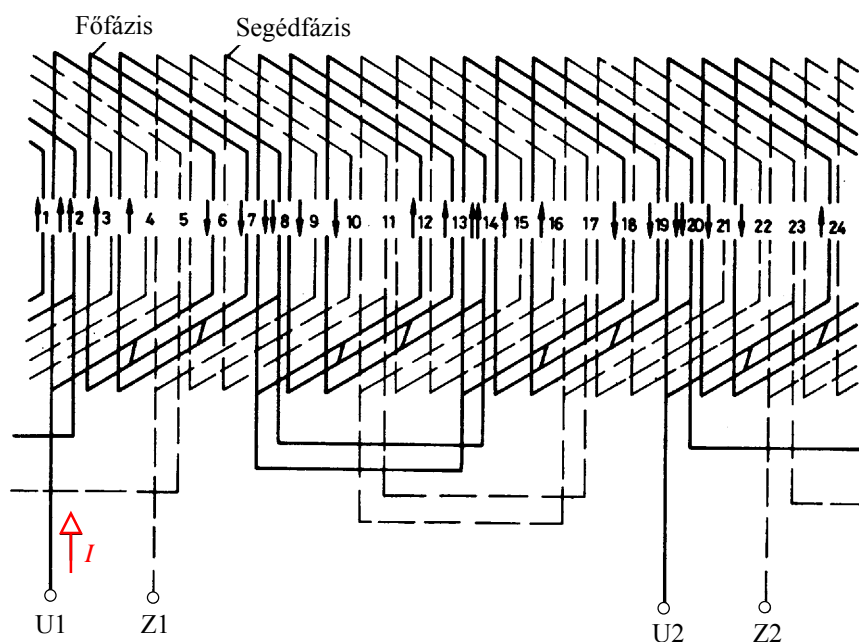
A hűrtényező értékeit néhány lépésrövidítés esetére a 3.3. táblázatban adtuk meg. A táblázatból látható, hogy a veszélyes harmadik és ötödik felharmonikus egyidejű minimalizálása maradéktalanul nem teljesülhet. Az $S/\tau_p = 2/3$ arányú lépésrövidítésnél a harmadik felharmonikus feszültség nulla ugyan, de az ötödik felharmonikus feszültség igen jelentős, amit gyakorlati mérések is igazoltak. Hasonló megfontolások alapján veszélyes lehet az $S/\tau_p = 14/18$ arányú lépésrövidítés is a harmadik harmónikus kifejlődése miatt. Ugyancsak veszélyes a harmadik harmónikus jelenléte miatt az $S/\tau_p = 5/6$ tekercselés is. Legjobbnek látszik tehát a $S/\tau_p = 13/18$ arányú lépésrövidítés, az egyes konstrukcióknál ezt az arányt célszerű megközelíteni.

3.4. táblázat. Tekercselési tényezők a segédfázisos motorok szokásos horonyszámainál

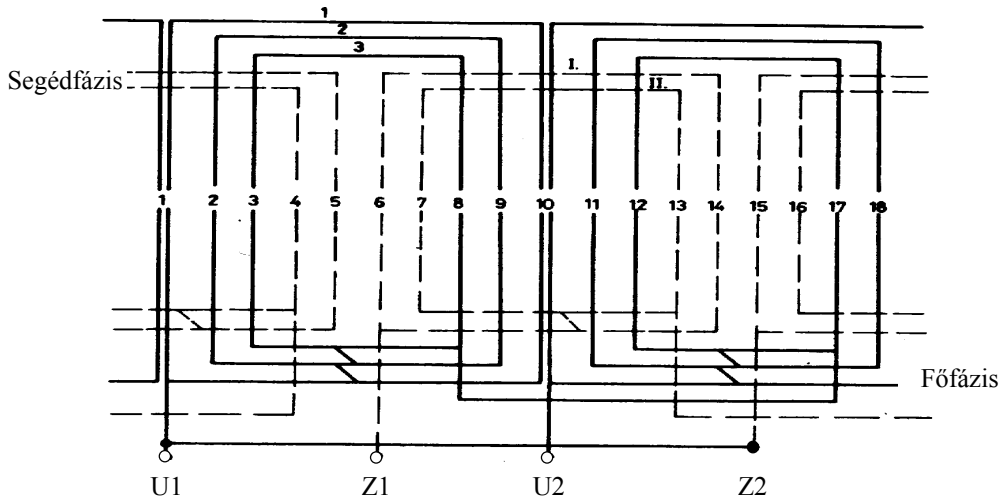
| Z_1 | $2p = 2$ | | | | $2p = 4$ | | | |
|-------|------------|---------|---------|---------|------------|---------|---------|---------|
| | S/τ_p | ξ_1 | ξ_3 | ξ_5 | S/τ_p | ξ_1 | ξ_3 | ξ_5 |
| 24 | 9/12 | 0,83 | 0,117 | 0,073 | 4/6 | 0,78 | 0 | 0,156 |
| 36 | 13/18 | 0,815 | 0,078 | 0,103 | 7/9 | 0,845 | 0,15 | 0,031 |

Az 3.4. táblázat a segédfázisos motoroknál szokásos horonyszámoknál (a horonyszámok kiválasztásánál figyelembe kell venni még az említett szinkron harmónikusokat és a zajképződést is) adja meg az előző elvek alapján kiválasztott ($S/\tau_p = 13/18$ -hoz legközelebb álló) eredő tekercselési tényezőket.

Végül, a pont végén néhány megvalósított tekercselést ismertettünk.

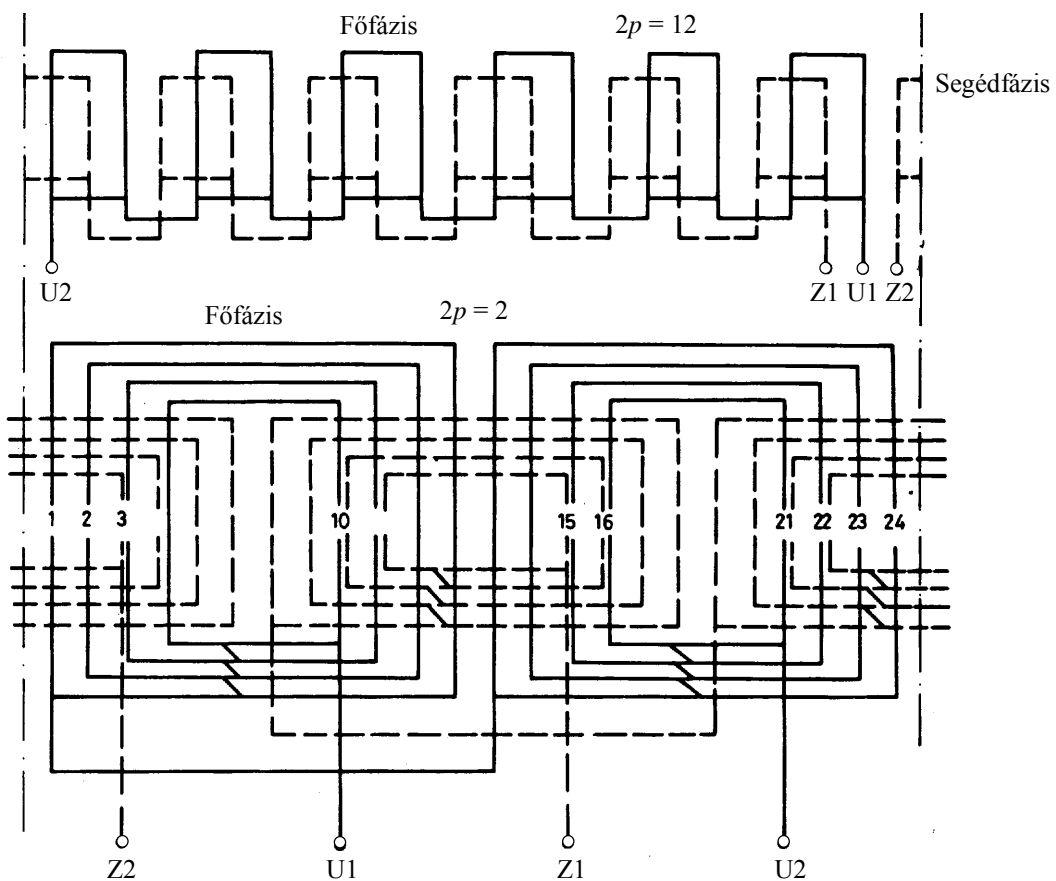


3.26. ábra. Segédfázisos aszinkron motor kétréteges, lépésrövidített tekercselése
 $Z = 24; S/\tau_p = 5/6$



3.27. ábra. Segédfázisos aszinkron motor egyréteges tekercselése
 $Z = 18; q = 4,5$

Az 3.26. ábrán egy $Z = 24$ hornyú, négy pólusú, kétréteges, $S/\tau_p = 5/6$ lépésvitével készült kétfázisú koszorú tekercselés vázlata látható (UIU2-vel a főfázis kapcsokat, Z1Z2-vel a segédfázis kivezetéseit jelöltük).



3.28. ábra. Segédfázisos, két fő-, és segédfázis tekercseléssel rendelkező (kétfordulatú) mosógépmotor (típus: OCK 3-2/12, gyártó IMI)

Készülnek egyréteges tekercseléssel is egyfázisú, segédfázisos motorok. Az 3.27. ábrán üzemi kondenzátoros ($C = 12 \mu\text{F}$, 400 V) kétpólusú fűnyíró gép hajtómotorjának tekercselési sémája látható. A $q = 4,5$ nem egész horonyszám. A tekercselési séma alapján megállapíthatjuk, hogy a két tekercselés mágneses tengelye közötti szög eltér a 90° -tól (szögaszimmetria). A szög-aszimmetrikus gép lényeges tulajdonsága, amit egyes alkalmazások esetén hasznosítani lehet, hogy különböző forgásirányokban másképpen viselkedik, más lesz az indítónyomaték nagysága. Kilencven foknál kisebb szög esetén indításkor a szögaszimmetrikus esethez képest mind a fő-, mind a segédfázis árama lecsökken. Csökken továbbá a kondenzátorra jutó feszültség nagysága és a légrésteljesítmény is [EGYF3]. A térbeli szöget 90° -nál nagyobb értékre növelve az előbbieken elmondottakkal ellentétes hatás érhető el.

A két fordulatszámú segédfázisos motorokat automata mosógépekben alkalmazták). A pólusváltoztatást négy tekercseléssel lehet a legegyszerűbben elérni (két főfázis-, és két segédfázis tekercselés). Az 3.28. ábrán az OKC 3-2/12 típusú motor tekercselési sémáit láthatjuk, $2p = 12$ és $2p = 2$ pólusszámra.

3.2.5. Egy adott vastestből kivehető teljesítmény összehasonlítása segédfázisos-, ill. háromfázisú motor készítése esetén

Induljunk ki abból a feltételből, hogy a segédfázisos motor készítésére a normál háromfázisú motorsorozat tagjainak álló- és forgórész lemezteteit akarjuk felhasználni [EGYF4].

Tudjuk, hogy adott főméretekkel rendelkező villamos motor látszólagos teljesítménye szimmetrikus üzemben a villamos és a mágneses igénybevételekkel, a szinkron fordulatszámmal és a tekercselési tényezővel arányos:

$$S = C \cdot B_{\delta k} \cdot A \cdot n_0 \cdot \xi, \quad (3.70)$$

ahol S a látszólagos teljesítmény; C egy állandó; $B_{\delta k}$ a közepes légrésindukció; A kerületi áram; n_0 a szinkron fordulatszám; ξ az alapharmonikusra vonatkozó tekercselési tényező.

A (3.70) képletből látható, hogy a látszólagos teljesítmény független a fáziszámtól. Tehát ha első közelítésben feltételezzük, hogy a három- és a kétfázisú motoroknál azonos villamos és mágneses igénybevételeket engedünk meg, úgy a látszólagos teljesítmények viszonya azonos fordulatszámon egyenlő lesz a tekercselési tényezők viszonyával:

$$\frac{S_{2f}}{S_{3f}} = \frac{\xi_{2f}}{\xi_{3f}}. \quad (3.71)$$

Tengelyteljesítményekre vonatkoztatva a viszonzszám a hatásfok és $\cos \varphi$ kis csökkenése miatt kb. 10%-kal romlik. Ennek megfelelően:

$$P_{2(2f)} = P_{2(3f)} \cdot \frac{\xi_{2f}}{\xi_{3f}} \cdot 0,9; \quad (3.72)$$

ahol $P_{2(2f)}$ a kétfázisú motor, $P_{2(3f)}$ a háromfázisú motor tengelyteljesítménye.

Ha a tekercselési tényezőket a szokásos lépésrövidítések figyelembevételével

$$\xi_{2f} \cong 0,82 \quad \text{és} \quad \xi_{3f} \cong 0,93 \quad (3.73)$$

átlagértéküre becsüljük, akkor általános becslésként mondhatjuk azt, hogy

$$P_{2(2f)} = P_{2(3f)} \cdot \frac{\xi_{2f}}{\xi_{3f}} \cdot 0,9 = P_{2(3f)} \cdot \frac{0,82}{0,93} \cdot 0,9 \cong 0,8 \cdot P_{2(3f)}, \quad (3.74)$$

azaz az üzemi kondenzátoros motorsorozat tagjainak teljesítménye kb. 80%-a lehet a megfelelő háromfázisú teljesítményeknek. A 20%-os csökkenést indokolja az is, hogy az ideális szimmetrikus üzem csakis egyetlen terhelési pontban áll elő, és mivel a gyakorlatban az igénybevételek eltérnek a névlegestől, így a negatív sorrendű feszültségek is fellépnek. A negatív sorrendű feszültségek hatására pedig már néhány százalékos aszimmetriánál is jelentősen megnövekszik a motor melege.

3.2.6. Kondenzátoros gépek jellemző adatai

Tájékozódási célokból két (volt IMI gyártmányú) kondenzátoros motor műszaki adatait ismertetjük. Az első motor egy automata mosógép hajtómotorja; a motor üzemi kondenzátoros, típusa: OKC 3-2/12.

| | | |
|-------------------------|--------|---------|
| Pólusok száma | 2p = 2 | 2p = 12 |
| Névleges feszültség, V | 220 | 220 |
| Frekvencia, Hz | 50 | 50 |
| Felvett teljesítmény, W | 680 | 300 |
| Tengelyteljesítmény, W | 230 | 37 |
| Fordulatszám, 1/min | 2800 | 420 |
| Névleges áram, A | 3,7 | 1,7 |
| Teljesítmény-tényező | 0,9 | 0,86 |

Csapágyazás: mindkét oldalon mélyhornyú golyós csapágy

A csapágy típusa: 6202 Z

Üzemi kondenzátor 25 μ F/400 V 12,5 μ F/360 V

Hővédelem: KLIXON 9700 L 06-11 hőmásvédő relé

Forgásirány Tengelyvég felől nézve bal Átkapcsolható

Csatlakozás: a motorra szerelt speciális kapocslapon keresztül.

A második motor egy CR 867 típusú változtatható fordulatszámú szellőző, DU 644 T7e típusú üzemi kondenzátoros hajtómotorja. A fordulatszám-változtatás tirisztoros szabályozóval történik.

A mechanikai jellemzők:

| | |
|------------------|----------------------|
| Forgásirány: | bal. |
| Hűtés: | természetes. |
| Az üzem jellege: | állandó. |
| Üzemi helyzet: | tetszőleges. |
| Golyóscsapágy: | Ho: 6202, HEO: 6202. |
| Tömeg: | 7,0 kg. |

Villamos jellemzők:

Névleges értékek

| | |
|-------------------------|------------|
| Kapocsfeszültség, V | 220 |
| Frekvencia, Hz | 50 |
| Felvett teljesítmény, W | 250 |
| Áram, A | 1,2 |
| Fordulatszám, 1/min | 400...1400 |

Üresjárási értékek:

| | |
|-------------------------------|------|
| Mérőfeszültség, V | 220 |
| Frekvencia, Hz | 50 |
| Felvett teljesítmény (max), W | 135 |
| Áramfelvétel (max), A | 0,65 |

Egyéb jellemzők:

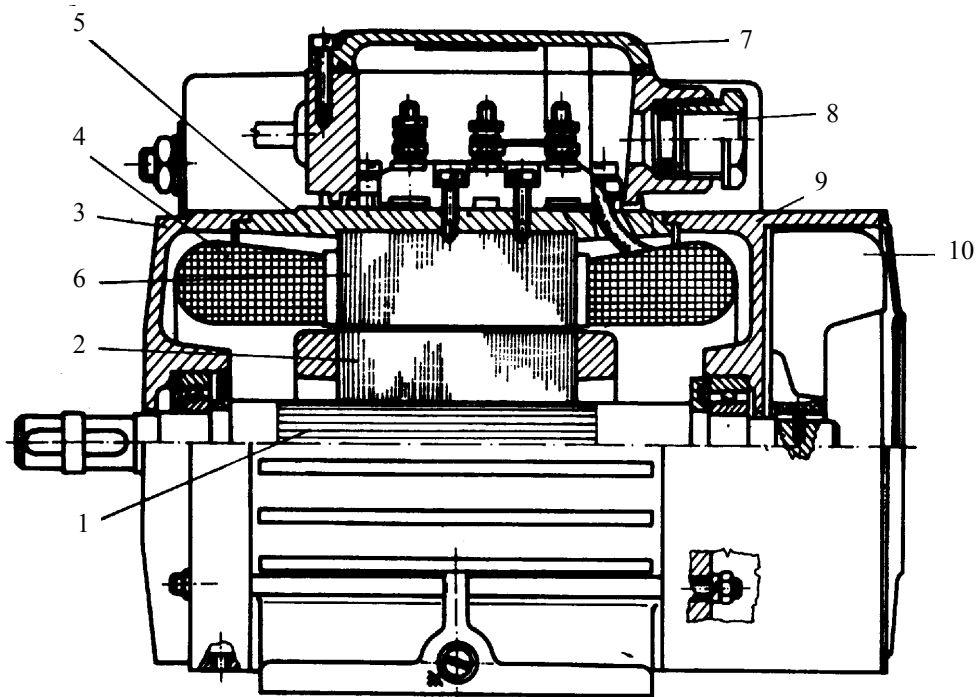
| | |
|------------------------------------|------------------------------|
| Kondenzátor: | üzemi, 12 μ F, 400 V, 5% |
| Szigetelési ellenállás, M Ω | 2 |
| Szigetelési osztály: | E |
| Érintésvédelmi osztály: | I |
| Védettség: | IP44 |
| Vonatkozó szabvány: | MSZ 1520 |
| Hőmásvédő relé: | KLIXON 9700 L-16-11 |
| Súrlódó nyomaték, Nm | max. 0,2 |

Tekercselési adatok:

| | |
|--------------------------------------|----------------------|
| Horonyszám: | 24 |
| A főfázis tekercselési rendszere: | kétréteges, koszorú. |
| A kapcsolás jele: | soros. |
| A segédfázis tekercselési rendszere: | kétréteges, koszorú. |
| A kapcsolás jele: | soros. |

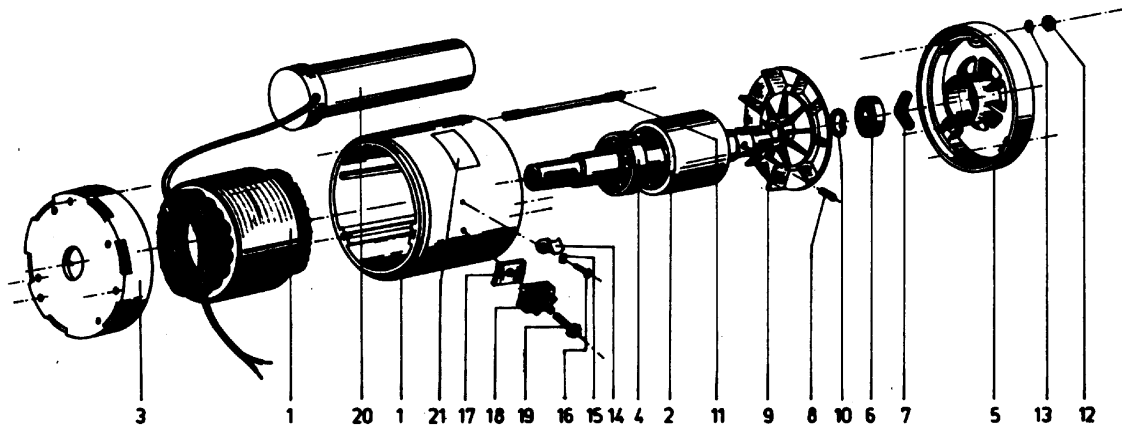
3.2.7. Egyfázisú, segédfázisos aszinkron gépek szerkezeti kialakítása

A 3.29. ábrán látható metszeti kép egy golyóscsapágyas egyfázisú, segédfázisos motor főbb szerkezeti részeit mutatja:



- | | | | |
|---|-----------------|----|---------------------|
| 1 | Tengely; | 2 | Forgórész vastest; |
| 3 | Pajzs; | 4 | Állórész tekercsek; |
| 5 | Állórész ház; | 6 | Állórész vastest; |
| 7 | Kapocsszekrény; | 8 | Kábelbevezetés; |
| 9 | Pajzs; | 10 | Szellőző. |

3.29. ábra. Segédfázisos, golyóscsapágyas motor felépítése



- | | | | |
|----|--------------------------|----|--------------------------------|
| 1 | Szerelt állórész; | 2 | Kész forgórész; |
| 3 | HO pajzs; | 4 | Golyóscsapágy; |
| 5 | HEO pajzs; | 6 | Golyóscsapágy; |
| 7 | Hullámos rúgó; | 8 | Szegecsszeg; |
| 9 | Ventillátor; | 10 | Rögzítő gyűrű tengelyhez; |
| 11 | Összefogó csavar (3 db); | 12 | Hatlapfejű anya (3 db); |
| 13 | Rugósalátét (3 db); | 14 | Bilincs; |
| 15 | Rugósalátét; | 16 | Hengeres fejű csavar; |
| 17 | Szigetelő alátét; | 18 | Sorozatkapocs; |
| 19 | Hengeres fejű csavar; | 20 | Kondenzátor (12 μ F/400 V) |
| 21 | Adattábla. | | |

3.30. ábra. Üzemi kondenzátoros motor (Típus: DU 644 T7e, Gyártó: IMI) szerelési ábrája

A 3.30. ábrán LU 532 B7e típusú (gyártó:IMI) fűnyírógép-hajtómotor szerelési (vagy más néven robbantott) ábráját rajzoltuk fel. A motor üzemi kondenzátoros, 280 W tengelyteljesítményű, és kétpólusú.

3.3. EGY FÁZISRÓL TÁPLÁLT ASZINKRON MOTOROK HÁROMFÁZISÚ TEKERCSELÉSSSEL

3.3.1. A csillag alapkapscsolású motor

A gyakorlatban sok esetben a kétfázisú (vagyis a 90° -al eltolt fő- és segédfázis) tekercselés helyett háromfázisú tekercselést készítenek segédfázisos üzemű motorokhoz is. A motor kapcsolási vázlatát a 3.31a ábrán láthatjuk. Ha a motor helyettesítő kapcsolási vázlatát akarjuk meghatározni, akkor ebben az esetben a háromfázisú szimmetrikus összetevők módszerét kell alkalmaznunk. A szimmetrikus összetevőkre bontás egyenletei ebben az esetben ($\bar{a} = e^{j120^\circ}$ és $\bar{a}^{-2} = e^{j240^\circ}$ a 120° -ot, ill. 240° -ot forgató komplex egységvektorok):

$$\bar{U}_a = \bar{U}_I + \bar{U}_{II}, \quad \text{és} \quad \bar{I}_a = \bar{I}_I + \bar{I}_{II}; \quad (3.75)$$

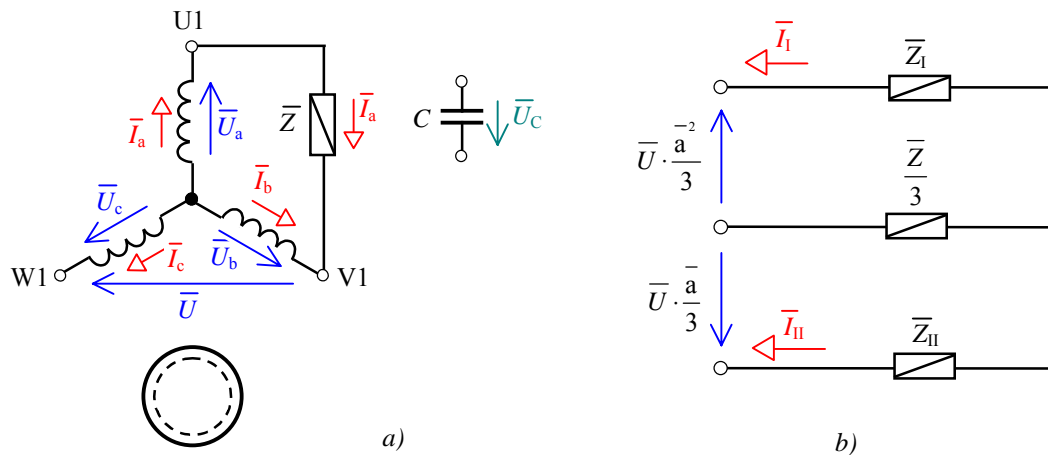
$$\bar{U}_b = \bar{a}^{-2} \cdot \bar{U}_I + \bar{a} \cdot \bar{U}_{II}, \quad \text{és} \quad \bar{I}_b = \bar{a}^{-2} \cdot \bar{I}_I + \bar{a} \cdot \bar{I}_{II}; \quad (3.76)$$

$$\bar{U}_c = \bar{a} \cdot \bar{U}_I + \bar{a}^{-2} \cdot \bar{U}_{II}, \quad \text{és} \quad \bar{I}_c = \bar{a} \cdot \bar{I}_I + \bar{a}^{-2} \cdot \bar{I}_{II}. \quad (3.77)$$

Természetesen érvényes a csomóponti tétel is:

$$\bar{I}_a + \bar{I}_b + \bar{I}_c = 0 \quad (3.78)$$

Felhasználva még a korábban megismert $\bar{U}_I = \bar{I}_I \cdot \bar{Z}_I$ és $\bar{U}_{II} = \bar{I}_{II} \cdot \bar{Z}_{II}$ összefüggéseket az a ábrán felrajzolt kapcsolásra írjuk fel két hurokegyenletet:



3.31. ábra. Csillag kapcsolású, egyfázisú aszinkron motor

a) a kapcsolás; b) helyettesítő kapcsolási vázlat pozitív és negatív sorrendű szimmetrikus összetevőkkel

$$-\bar{U} = \bar{U}_b - \bar{U}_c = \bar{I}_1 \cdot \bar{Z}_1 \cdot (\bar{a}^2 - \bar{a}) + \bar{I}_{II} \cdot \bar{Z}_{II} \cdot (\bar{a} - \bar{a}^2) \quad \text{és} \quad (3.79)$$

$$0 = \bar{U}_b - \bar{U}_a - \bar{I}_a \cdot \bar{Z} = \bar{I}_1 \cdot \bar{Z}_1 \cdot (\bar{a}^2 - 1) + \bar{I}_{II} \cdot \bar{Z}_{II} \cdot (\bar{a} - 1) - (\bar{I}_1 + \bar{I}_{II}) \cdot \bar{Z} \quad (3.80)$$

(3.79)-ből és (3.80)-ból rendezés után az

$$\frac{\bar{U}}{3} \cdot \bar{a}^2 = \bar{I}_1 \cdot \bar{Z}_1 + (\bar{I}_1 + \bar{I}_{II}) \cdot \frac{\bar{Z}}{3}, \quad \text{és} \quad (3.81)$$

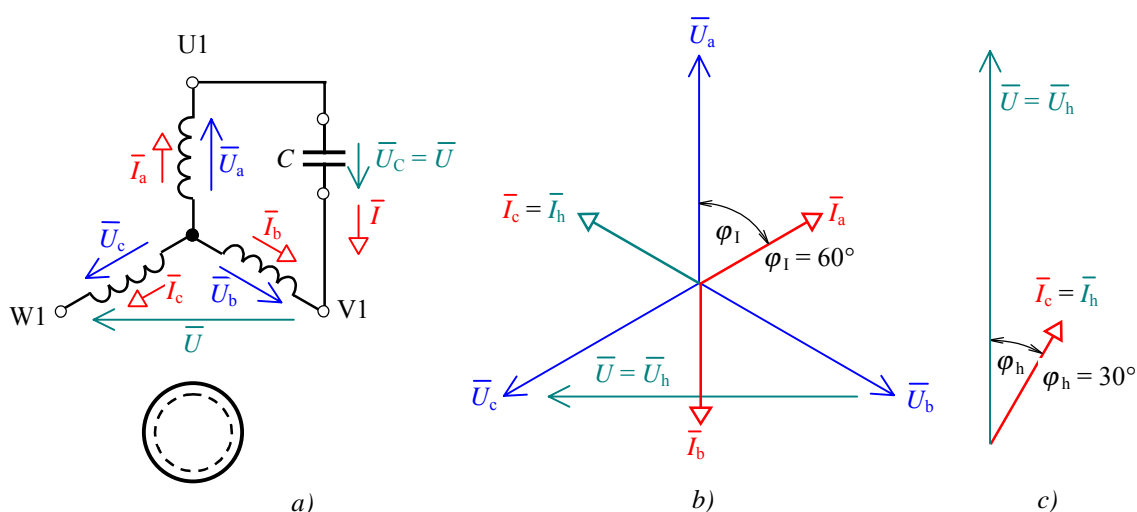
$$\frac{\bar{U}}{3} \cdot \bar{a} = \bar{I}_{II} \cdot \bar{Z}_{II} + (\bar{I}_1 + \bar{I}_{II}) \cdot \frac{\bar{Z}}{3} \quad (3.82)$$

eredményeket kapjuk, amelyek alapján a *b* ábrán felrajzoltuk a motor helyettesítő kapcsolási vázlatát.

A segédfázis körbe kondenzátort iktatva határozzuk meg ezután a szimmetrikus körforgó mező kialakulásának feltételeit. (3.81)-be, (3.82)-be a $\bar{Z} = -j \cdot X_C$, a $\bar{Z}_1 = R_1 + j \cdot X_1$, és az $\bar{I}_{II} = 0$ feltételeket helyettesítve, a részletes matematikai számítás mellőzésével a körforgó mező esetére meghatározható feltételek:

$$X_C = 2 \cdot X_1 \quad \text{és} \quad \text{tg } \varphi = \frac{X_1}{R_1} = \sqrt{3}, \quad \text{ill. } \cos \varphi_1 = 0,5 \Rightarrow \varphi_1 = 60^\circ. \quad (3.83)$$

Gyakorlatilag tehát egy fázis tekercselését úgy kell készíteni, hogy az X/R arány $\sqrt{3}$ legyen. A körforgó mező esetére érvényes vektorábra a 3.32*b* ábrán látható. Körforgó mező esetén az egyes fázisok feszültsége: $U_a = U_b = U_c = U / \sqrt{3}$, a kondenzátor, ill. az egyes fázisok árama: $I_c = I_a = I_b = I$. A vektorábra alapján láthatjuk, hogy a gép \bar{U} kapcsolófeszültsége és $I_h = I_c$ hálózathoz felvett árama közötti



3.32. ábra. Csillag kapcsolású, egyfázisú aszinkron motor kapcsolása és vektorábrái körforgó mező esetén

a) a kapcsolás; b) vektorábra körforgó mező esetén;
 c) vektorábra a hálózati feszültség és áramvektorokat kiemelve, és 90° -al hátrafordítva

szög $\varphi_h = 30^\circ$ (lásd a *c* ábrán a 90° -al hátrafordított vektorábrát), vagyis a motor teljesítménytényezője $\cos\varphi_h = \sqrt{3}/2 = 0,866$. A fázisáramok, ill. a kondenzátor árama a gép névleges teljesítményéből kiszámítható:

$$I = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{2 \cdot P_n}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \eta}. \quad (3.84)$$

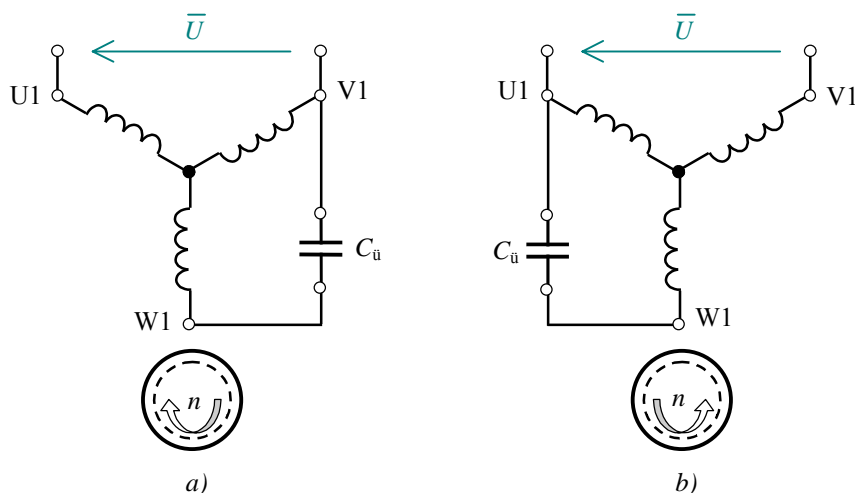
Ezzel a kondenzátor kapacitása (szimmetrikus üzemben a *C* kapacitásra jutó feszültség szintén $U_C = U$):

$$C = \frac{1}{\omega \cdot X_C} = \frac{I}{\omega \cdot U} = \frac{2 \cdot P_n}{\sqrt{3} \cdot U^2 \cdot \omega \cdot \eta}. \quad (3.85)$$

Az $U = 231$ V; $\omega = 314$ 1/s, és $\eta = 60\%$ hatásfok helyettesítésével:

$$C_{\bar{u}} = 0,1 \cdot P_2 [\mu\text{F}] \approx 10 \frac{\mu\text{F}}{100 \text{ W}}. \quad (3.86)$$

Ha összehasonlítjuk ezt a kondenzátor értéket a kétfázisú tekercseléssel rendelkező egyfázisú motorra (3.58)-ban kapott, $10 \mu\text{F}/100 \text{ W}$ értékkel, akkor azt mondhatjuk, hogy a csillagkapcsolású gépnél durván kétszer akkora üzemi kondenzátorra van szükség (100 W leadott teljesítményre kb. $10 \mu\text{F}$). A vektorábrából az is látható, hogy ebben az esetben a kondenzátorra kisebb feszültség jut.

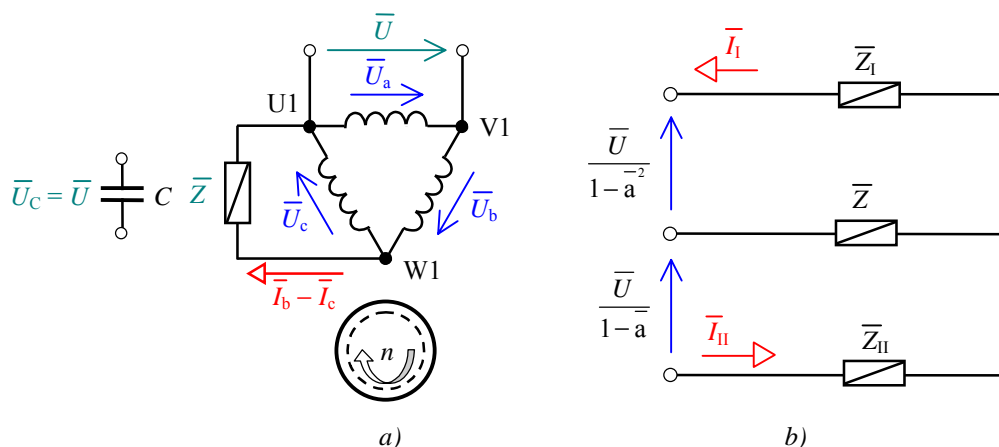


3.33. ábra. Csillag kapcsolású, egy fázisról táplált aszinkron motor forgásirány-váltása
 a) óramutató járásával megegyező; b) óramutató járásával ellentétes

A csillag alapkapsolású motor forgásirányát a kondenzátor átkötésével változtathatjuk meg álló állapotban úgy, ahogy azt az 3.33. ábrán szemléltettük.

3.3.2. A delta alapkapsolású motor

A motor kapcsolási vázlatát a 3.34a ábrán láthatjuk. A szimmetrikus összetevőkre bontásnál most is fel kell használnunk (3.75)...(3.78) egyenleteket. A delta kapcsolású motor kapcsolási vázlata alapján felírt két hurokegyenlet:



3.34. ábra. Delta kapcsolású, egyfázisú aszinkron motor
 a) a kapcsolás; b) helyettesítő kapcsolási vázlat pozitív és negatív sorrendű szimmetrikus összetevőkkel

$$-\bar{U} = \bar{U}_b + \bar{U}_c = \bar{I}_I \cdot \bar{Z}_I \cdot (\bar{a}^2 + \bar{a}) + \bar{I}_{II} \cdot \bar{Z}_{II} \cdot (\bar{a} + \bar{a}^2) \quad \text{és} \quad (3.87)$$

$$0 = \bar{U}_a + \bar{U}_b + (\bar{I}_b - \bar{I}_c) \cdot \bar{Z}, \quad \text{vagyis}$$

$$0 = \bar{I}_I \cdot \bar{Z}_I \cdot (1 + \bar{a}^2) + \bar{I}_{II} \cdot \bar{Z}_{II} \cdot (1 + \bar{a}) - \bar{Z} \cdot [\bar{I}_I \cdot (\bar{a}^2 - \bar{a}) + \bar{I}_{II} \cdot (\bar{a} - \bar{a}^2)]. \quad (3.88)$$

(3.87)-ből és (3.88)-ból rendezés után az

$$\frac{\bar{U}}{1 - \bar{a}^{-2}} = \bar{I}_I \cdot \bar{Z}_I + (\bar{I}_I - \bar{I}_{II}) \cdot \bar{Z}, \quad \text{és} \quad (3.89)$$

$$\frac{\bar{U}}{1 - \bar{a}} = \bar{I}_{II} \cdot \bar{Z}_{II} - (\bar{I}_I - \bar{I}_{II}) \cdot \bar{Z}. \quad (3.90)$$

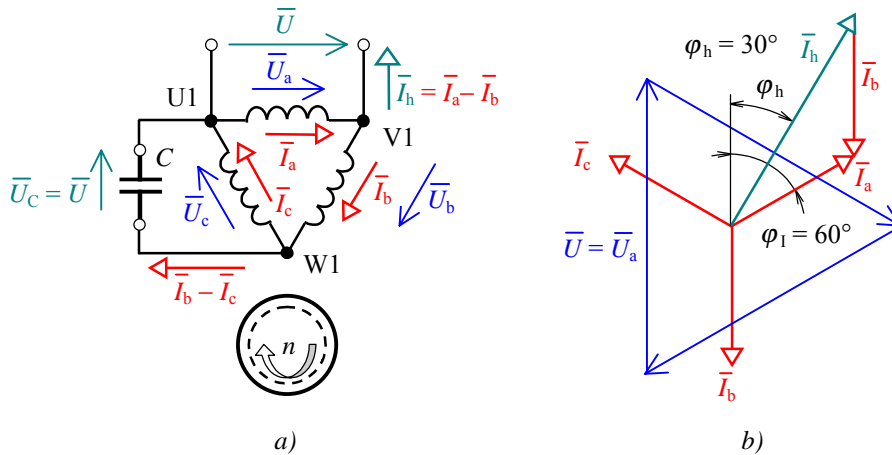
eredményeket kapjuk, amelyek alapján a *b* ábrán felrajzoltuk a motor helyettesítő kapcsolási vázlatát.

A körforgó mező létrejöttének feltétele $\bar{Z} = -j \cdot X_C$, a $\bar{Z}_I = R_1 + j \cdot X_1$, és az $\bar{I}_{II} = 0$ kiindulási adatok mellett ebben az esetben:

$$X_C = \frac{2}{3} \cdot X_1 \quad \text{és} \quad \text{tg } \varphi = \frac{X_1}{R_1} = \sqrt{3}, \quad \text{ill. } \cos \varphi_1 = 0,5 \Rightarrow \varphi_1 = 60^\circ. \quad (3.91)$$

Tehát egy fázis tekercselését most is úgy kell elkészíteni, hogy az X/R arány $\sqrt{3}$ legyen. A körforgó mező esetére érvényes vektorábra a 3.35*b* ábrán látható.

Körforgó mező esetén az egyes fázisok, illetve a kondenzátor feszültsége: $U_a = U_b = U_c = U_C = U$, a kondenzátor, ill. az egyes fázisok árama: $I_b - I_c = \sqrt{3} \cdot I_f$. A vektorábra alapján láthatjuk, hogy a gép \bar{U} kapocsfeszültsége és a hálózathoz felvett árama közötti szög most is $\varphi_h = 30^\circ$, vagyis a motor teljesítménytényezője $\cos \varphi_h = \sqrt{3}/2 = 0,866$.



3.35. ábra. Delta kapcsolású, egyfázisú aszinkron motor kapcsolása és vektorábrái körforgó mező esetén
 a) a kapcsolás; b) vektorábra körforgó mező esetén

A gépre felrajzolható vektorábra alapján a körforgó mezőt létesítő kondenzátorra ugyanaz az érték adódik, mint a csillag alapkapsolás esetén:

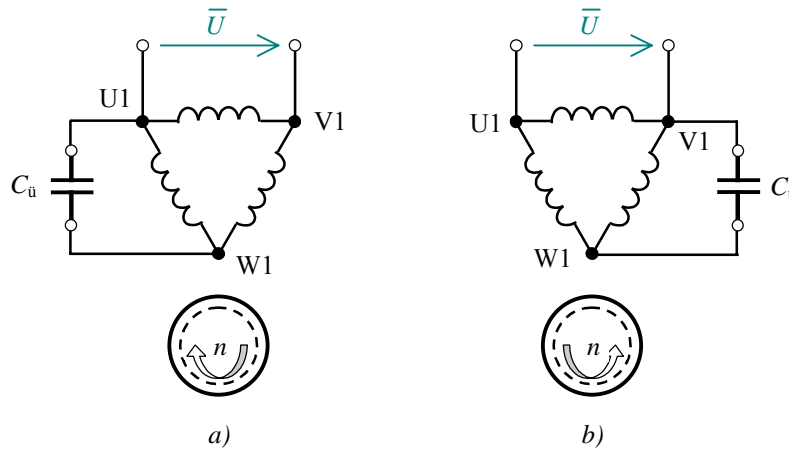
$$C_{\bar{u}} = 0,1 \cdot P_2 [\mu\text{F}] \approx 10 \frac{\mu\text{F}}{100 \text{ W}}, \quad (3.92)$$

vagyis 10 μF 100 W-onként.

A csillag és a delta alapkapsolású gépek között megépítés szempontjából nincs különbség, mindkettő háromfázisú tekercselésű. Viszont a delta alapkapsolású gép egy fázistekercsének a menetszáma $\sqrt{3}$ -szorosa a csillag kapcsolású motorénak.

A menetszámok alapján most már a három gépre azt mondhatjuk, hogy a legkisebb tekercs menetszámot a csillag alapkapsolású motor igényli, utána következik a kétfázisú tekercselésű motor és a legnagyobb tekercs menetszámot a delta alapkapsolású motornál kell alkalmazni.

A delta alapkapsolású motor forgásirányát a kondenzátor átkötésével változtathatjuk meg álló állapotban úgy, ahogy azt a 3.36. ábrán szemléltettük.



3.36. ábra. Delta kapcsolású, egyfázisú aszinkron motor forgásirányváltása
 a) az óramutató járásával megegyező; b) az óramutató járásával ellenkező

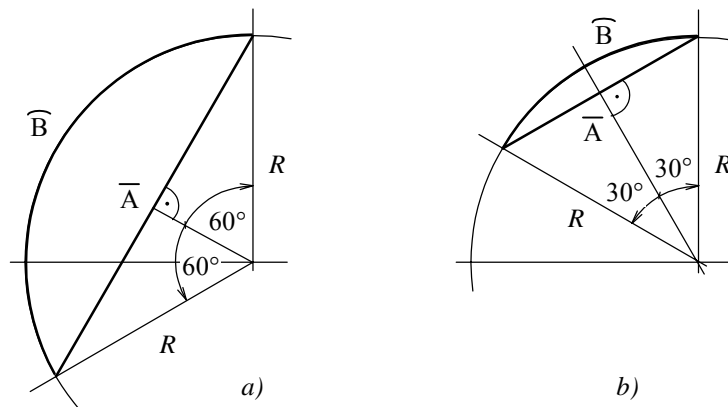
3.3.3. Háromfázisú motorok egyfázisú üzeme

Háromfázisú gép üzemelhet egyfázisú gépként, pl. egy fázis szakadásának következtében. Ebben az esetben, ha a terhelőnyomaték értéke változatlan marad, a gép áramfelvétele megnő, mivel a motor egyfázisú üzemben csak kisebb nyomatékot képes kifejteni. A megnövekedett áramfelvétel miatt a motor túlmelegszik, esetleg leég.

Gyakran merül fel az igény a kis teljesítményű (maximum 1...2 kW-os), háromfázisú aszinkron motorok egyfázisú alkalmazására, mivel nem mindig áll rendelkezésre háromfázisú hálózat.

Kialakítható az egyfázisú motor a következő módon is: két fázistekercset sorba kapcsolunk és ez alkotja a főfázis tekercselést, a fennmaradó fázistekercs pedig a segédfázis tekercselést, amivel sorba kapcsoljuk a fázistoló kondenzátort.

Végezzünk egy nagyon durva becslést az így kapott motor teljesítményére! A durva becslés abból áll, hogy feltételezzük, hogy a fő-, és segédfázis $\cos \varphi$ -je és árama ugyanakkora, mint a háromfázisú gépé volt. Továbbá 10% hatásfokromlást



3.37. ábra. A két- és a háromfázisú gép eloszlási tekercselési tényezőjének számításához
a) a kétfázisú tekercselés eloszlása; b) a háromfázisú tekercselés eloszlása

feltételezve a nem szimmetrikus üzem miatt, leadott teljesítmények viszonya:

$$\frac{P_{2f}}{P_{3f}} = \frac{2 \cdot U_{2f} \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta_{2f}}{3 \cdot U_{3f} \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \eta_{3f}} \approx \frac{2 \cdot U_{2f}}{3 \cdot U_{3f}} \cdot \frac{\eta_{2f}}{\eta_{3f}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\eta_{2f}}{\eta_{3f}} \cdot \frac{\xi_{2f}}{\xi_{3f}} \approx \frac{2}{3} \cdot 0,9 \cdot \frac{\xi_{2f}}{\xi_{3f}}, \quad (3.93)$$

A háromfázisú gép tekercselése 60°-os sávot, míg a kétfázisú gép főfázisa 120°-os sávot foglal el a kerületből, így a $q = \infty$ -t feltételezve a tekercselési tényezők (lásd az 3.37. ábrát):

$$\xi_{2f} = \frac{2 \cdot R \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{2 \cdot R \cdot \frac{\pi}{3}}, \quad \text{ill.} \quad \xi_{3f} = \frac{2 \cdot R \cdot \frac{1}{2}}{2 \cdot R \cdot \frac{\pi}{6}} \quad \text{és} \quad \text{így} \quad \frac{\xi_{2f}}{\xi_{3f}} = \frac{\sqrt{3}}{2}. \quad (3.94)$$

Kapott eredményünket (3.81)-be helyettesítve:

$$\frac{P_{2f}}{P_{3f}} \approx \frac{2}{3} \cdot 0,9 \cdot \frac{\xi_{2f}}{\xi_{3f}} = \frac{2}{3} \cdot 0,9 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,52, \quad (3.95)$$

vagyis az így átalakított motorból kivető teljesítmény a három fázisúnak csak mintegy fele.

A legkézenfekvőbb megoldást az előző két pontban ismertetett csillag és a delta alapkapsolású egyfázisú motorok adják. A hat kivezetésű háromfázisú motorból csillag és delta alapkapsolású egyfázisú motor egyaránt kialakítható megfelelő értékű bipoláris elektrolit kondenzátor segítségével. Az üzemi kondenzátorra jó közelítés az 5...10 μF -os érték 100 W tengelyteljesítményre.

Az indítókondenzátorra a mérési eredményeink és a gyári indítókondenzátoros motorok kondenzátorainak ismeretében azt mondhatjuk, hogy a 15 μF -os kondenzátorral számolva 100 W-onként biztosan elindul a motor. Ebben az esetben viszont nem lesz szimmetrikus körforgó mező a terhelésnek megfelelő fordulatszámom. Például egy háromfázisú, 350 W-os, hat kivezetésű aszinkronmotorból a csillag és a delta alapkapsolás egyaránt kialakítható. A $C_i = 46 \mu\text{F}$, 400 V értékű kondenzátorral mindkét esetben elindul a motor ($M_t > 0$).

3.4. ALKALMAZÁSI TERÜLETEK

Az egyfázisú, segédfázisos motorokat sok helyen alkalmazzuk, amennyiben nincs túl nagy nyomatékra szükségünk, és csak egyfázisú hálózat áll rendelkezésünkre. Tipikus alkalmazási területek: a háztartási gépek, azon belül elsősorban kompresszoros hűtőgépek, mosógépek, centrifugák, betonkeverő-gépek (az egy fázisról táplált motorok igen jelentős része betonkeverőkbe kerül). További alkalmazási területek: kis ventilátorok, szivattyúk, fűnyírógépek, irodagépek, magnetofonok, lemezjátsszók légkondicionáló berendezések, darálók, fejő- és nyírógépek üzemeltetése és még számtalan más terület.

3.5. IRODALOMJEGYZÉK

- [EGYF1] Weinott C. G.: Kis aszinkron motorok.
Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1965
- [EGYF2] Stepina J.: Die Einphasen motororen
Springer-Verlag Wien, New-York, 1982
- [EGYF3] Vas P.: Kétfázisú aszinkron gép szögaszimmetriája
Elektrotechnika, 1978. 4-5 sz.
- [EGYF4] Kovács E.: Egyfázisú üzemi- és indítókondenzátoros motorsorozatok
tervezési kérdései EVIG közlemények, 1967. 3 sz.