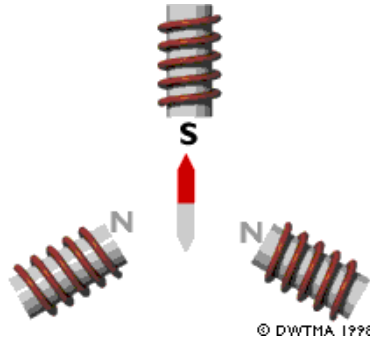


II. Forgó mágneses mező létrehozása

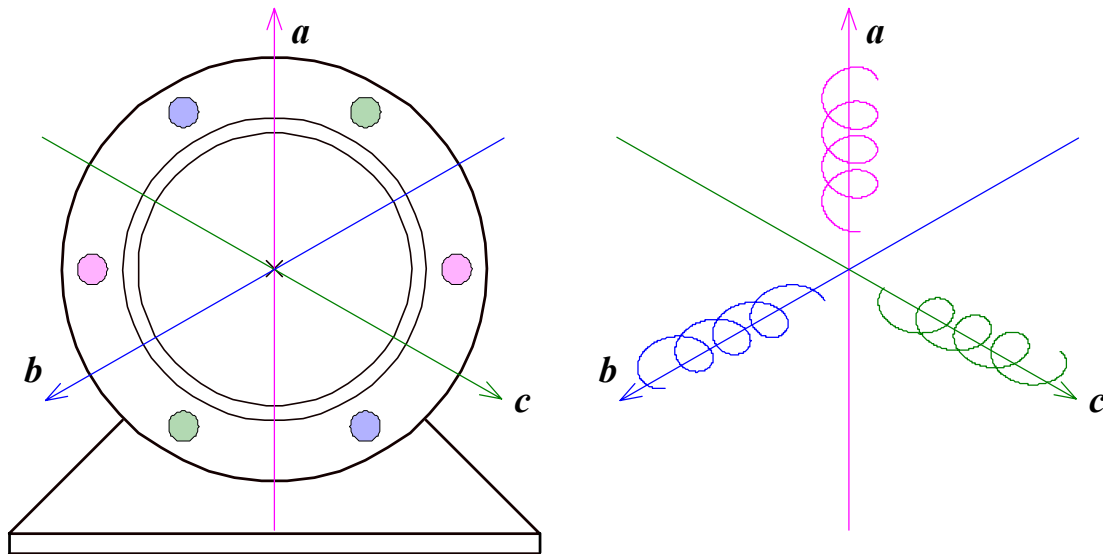
Forgó mágneses mező létrehozása három tekercssel

Térben szimmetrikusan elfordított tekercseket időben szimmetrikus fáziseltolású áramokkal táplálva forgó mágneses teret hozhatunk létre.



A forgó mágneses tér létrehozásának elve 3 tekercssel

A váltakozó áramú 3 fázisú motor állórészének egyes fázistekercsei, mint szolenoidok, olyan mágneses teret hoznak létre, amik saját térbeli tengelyük irányában mutatnak.



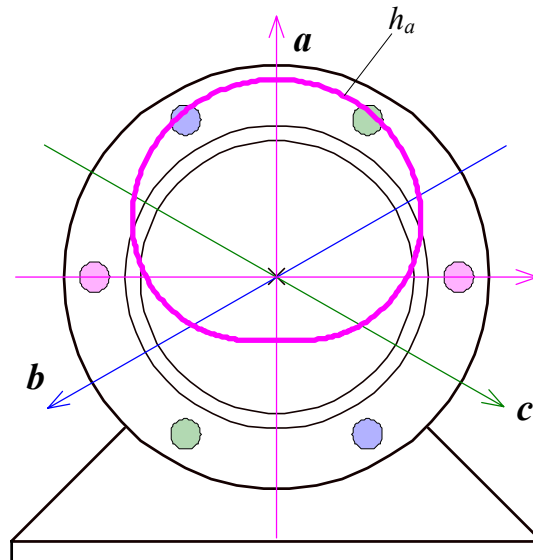
A térbeli mezőeloszlás ábrázolásánál használt fázistengelyek

Feltételezzük, hogy a fázistekercsek által létrehozott mágneses mező térbeli eloszlása szinuszos függvény szerinti.

A térbeli irányokat komplex síkon ábrázolhatjuk. Ha a (+) valós tengelyt az a -fázis tekercs tengelyének irányában vesszük fel, akkor az a -fázis egységvektora 1,

$$\text{a } b\text{-fázisé } e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2},$$

$$\text{a } c\text{-fázisé } e^{j240^\circ} = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}.$$



Az a -fázis h_a mágneses mezőjének szinuszos térbeli eloszlása

Válasszuk az a -fázis szinusz függvény szerint váltakozó áramának kezdeti fázisszögét 0° -ra, a b -fázisét -120° -ra, a c -fázisét $+120^\circ$ -ra.

Az egyes fázistekercsekkel létrehozott térerősség komponensek időfüggvényei, ha H_m az amplitúdó és ω_1 az alapharmonikus körfrekvencia:

$$h_a(\omega_1 t) = H_m \sin \omega_1 t$$

$$\begin{aligned} h_b(\omega_1 t) &= H_m \sin(\omega_1 t - 120^\circ) = H_m (\sin \omega_1 t \cdot \cos 120^\circ - \cos \omega_1 t \cdot \sin 120^\circ) = \\ &= H_m \left(-\frac{1}{2} \sin \omega_1 t - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega_1 t \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_c(\omega_1 t) &= H_m \sin(\omega_1 t + 120^\circ) = H_m (\sin \omega_1 t \cdot \cos 120^\circ + \cos \omega_1 t \cdot \sin 120^\circ) = \\ &= H_m \left(-\frac{1}{2} \sin \omega_1 t + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega_1 t \right) \end{aligned}$$

h_a , h_b és h_c egy-egy lüktető mágneses mező komponensét képez a tekercseknek megfelelő térbeli irányban.

A szinusz függvény szerinti eloszlású térerősség komponensek térbeli elhelyezkedését is leíró fázorok:

$$\bar{H}_a(\omega_1 t) = h_a(\omega_1 t),$$

$$\begin{aligned} \bar{H}_b(\omega_1 t) &= h_b(\omega_1 t) \cdot e^{j120^\circ} = h_b(\omega_1 t) \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \\ &= H_m \left[-\frac{1}{2} \left(-\frac{1}{2} \sin \omega_1 t - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega_1 t \right) + j\frac{\sqrt{3}}{2} \left(-\frac{1}{2} \sin \omega_1 t - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega_1 t \right) \right] = \\ &= H_m \left[\frac{1}{4} \sin \omega_1 t + \frac{\sqrt{3}}{4} \cos \omega_1 t + j \left(-\frac{\sqrt{3}}{4} \sin \omega_1 t - \frac{3}{4} \cos \omega_1 t \right) \right], \end{aligned}$$

II. Forgó mágneses mező létrehozása

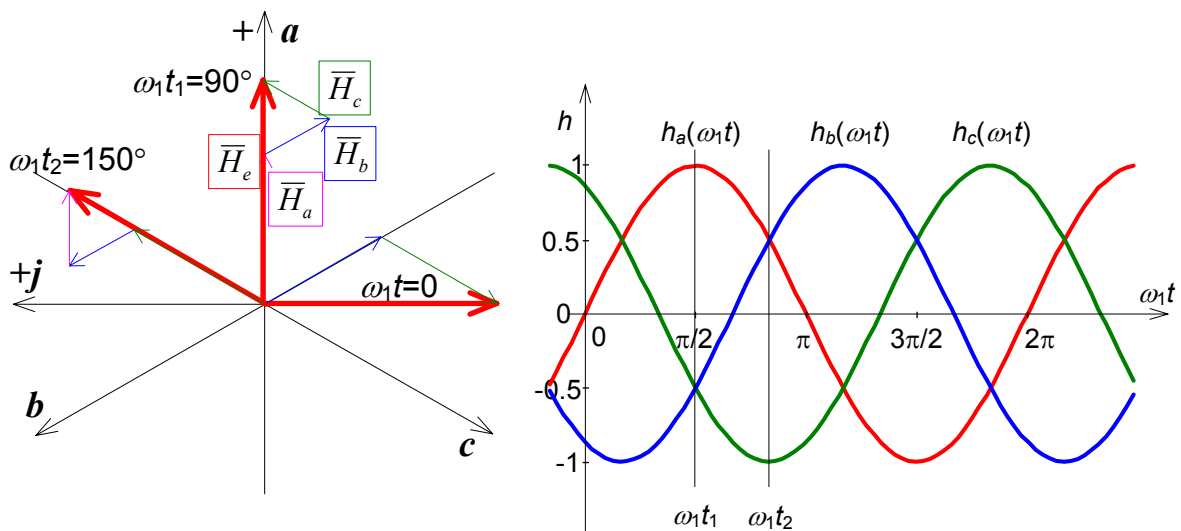
$$\begin{aligned}\bar{H}_c(\omega_1 t) &= h_c(\omega_1 t) \cdot e^{j240^\circ} = h_{bc}(\omega_1 t) \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \\ &= H_m \left[-\frac{1}{2} \left(-\frac{1}{2} \sin \omega_1 t + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega_1 t \right) + j\frac{\sqrt{3}}{2} \left(-\frac{1}{2} \sin \omega_1 t + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega_1 t \right) \right] = \\ &= H_m \left[\frac{1}{4} \sin \omega_1 t - \frac{\sqrt{3}}{4} \cos \omega_1 t - j \left(-\frac{\sqrt{3}}{4} \sin \omega_1 t + \frac{3}{4} \cos \omega_1 t \right) \right].\end{aligned}$$

Az eredő mező a három komponens összege

$$\begin{aligned}\bar{H} &= \bar{H}_a + \bar{H}_b + \bar{H}_c = H_m \left(\frac{3}{2} \sin \omega_1 t - j\frac{3}{2} \cos \omega_1 t \right) = \frac{3}{2} H_m (\sin \omega_1 t - j \cos \omega_1 t) = \\ &= \frac{3}{2} H_m e^{j(\omega_1 t - \frac{\pi}{2})} = -j\frac{3}{2} H_m e^{j\omega_1 t}.\end{aligned}$$

Az eredmény azt mutatja, hogy az eredő egy állandó ($1,5H_m$) amplitúdójú görbe, ami időben egyenletes szögsebességgel forgó mozgást végez, a szögsebesség megegyezik a körfrekvenciával.

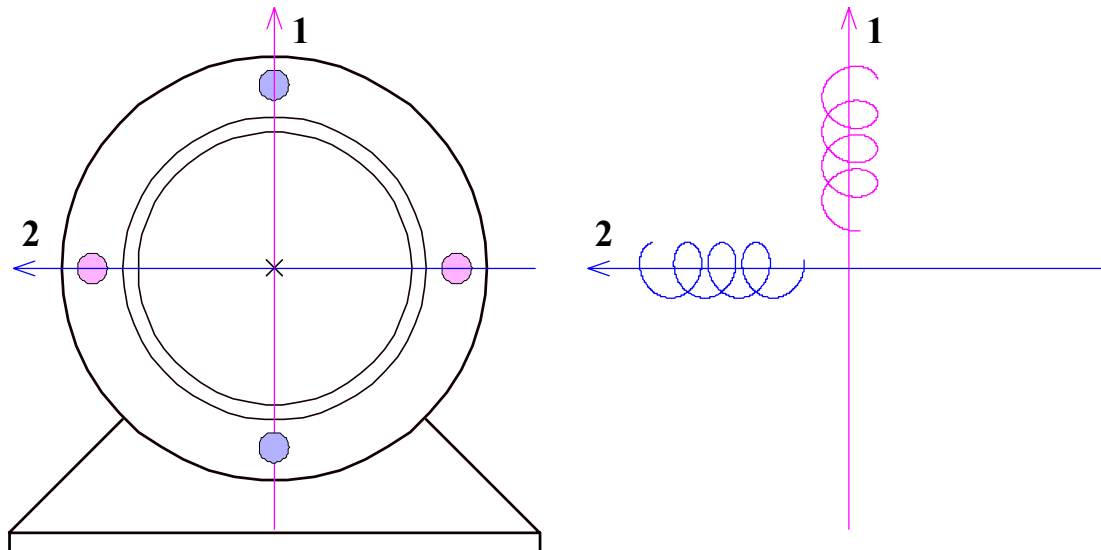
A $-j$ szorzó a $t=0$ időpont megválasztásával kapcsolatos, jelen esetben ez az időpont az a fázismennyiség (h_a) pozitív nullaátmenetének pillanata.



Háromfázisú tekercsrendszer térerősségének időfüggvénye fázisonként és a mágneses tér vektorai a komplex síkon

Forgó mágneses mező létrehozása két tekercssel

Forgó mágneses mezőt nem csak 3 fázisú tekercsrendszerrel lehet létrehozni. Két, egymáshoz képest térben 90° -kal elfordított tekercset időben 90° -os fáziseltolású árammal gerjesztve a légrésben kialakuló mezőkomponensek (a megkülönböztetés érdekében a tengelyeket 1-el és 2-vel jelölve):



A térbeli tekercs elrendezés és a mezőeloszlás ábrázolásánál használt fázistengelyek kétfázisú esetben

Ha a (+) valós tengelyt az 1-fázis tekercs tengelyének irányában vesszük fel, akkor az 1-fázis egységvektora 1, a 2-fázisé j .

Az egyes fázistekercsekkel létrehozott térerősség komponensek időfüggvényei:

$$h_1(\omega_1 t) = H_m \sin \omega_1 t,$$

$$h_2(\omega_1 t) = H_m \sin(\omega_1 t - 90^\circ) = -H_m \cos \omega_1 t.$$

A szinusz függvény szerinti eloszlású térerősség komponensek térbeli elhelyezkedést is leíró fázorok:

$$\bar{H}_1(\omega_1 t) = h_1(\omega_1 t),$$

$$\bar{H}_2(\omega_1 t) = h_2(\omega_1 t) \cdot e^{j90^\circ} = jh_2(\omega_1 t)$$

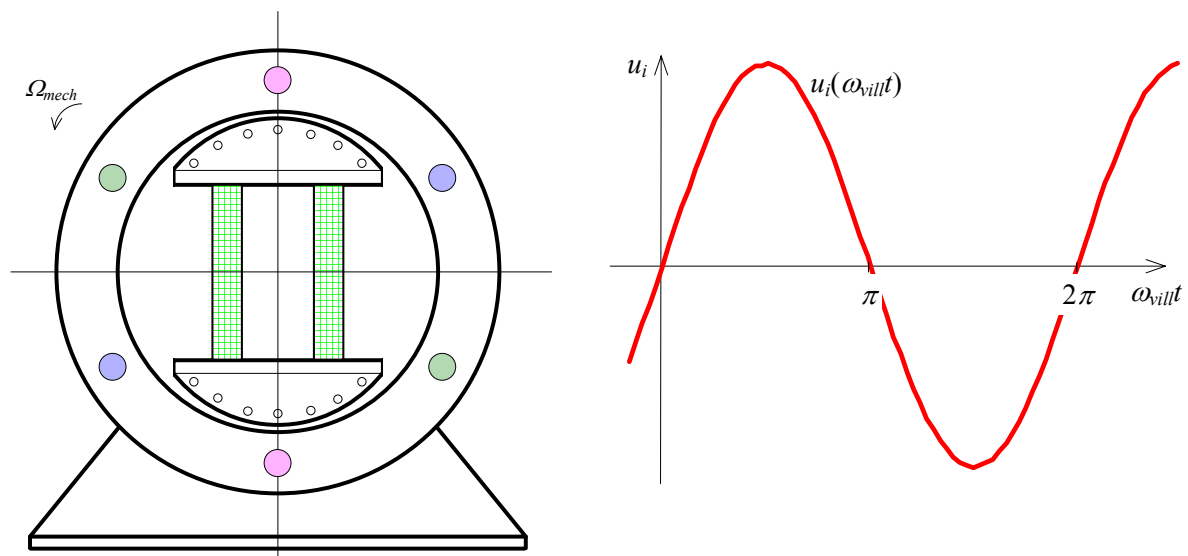
Az eredő mező a két komponens összege

$$\bar{H} = \bar{H}_1 + \bar{H}_2 = H_m (\sin \omega_1 t - j \cos \omega_1 t) = H_m e^{j(\omega_1 t - \frac{\pi}{2})} = -jH_m e^{j\omega_1 t}$$

Az eredmény egy állandó (H_m) amplitúdójú görbe, ami időben egyenletes szögsebességgel forgó mozgást végez, a szögsebesség megegyezik a körfrekvenciával.

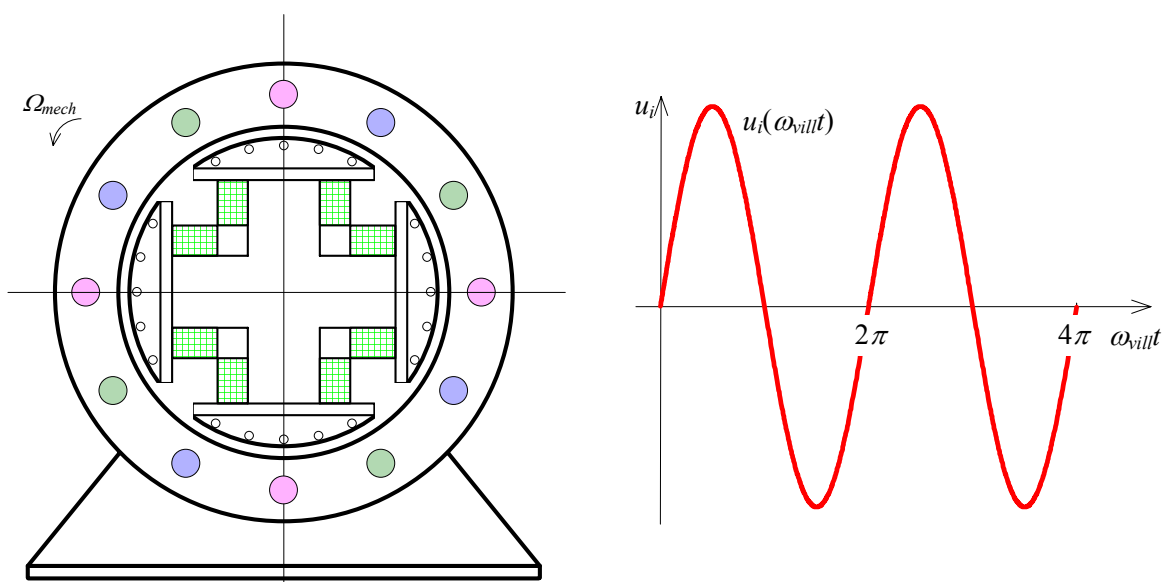
A $-j$ szorzó a $t=0$ időpont megválasztásával kapcsolatos, jelen esetben ez az időpont az 1-es fázismennyiség (h_1) pozitív nullaátmenetének pillanata.

A mechanikai és a villamos fordulat (szögsebesség) értelmezése a szinkron generátor példáján



Egy 2 pólusú ($p=1$) gép elvi vázlatja és az indukált (fázis) feszültség változása a villamos szögelfordulás függvényében

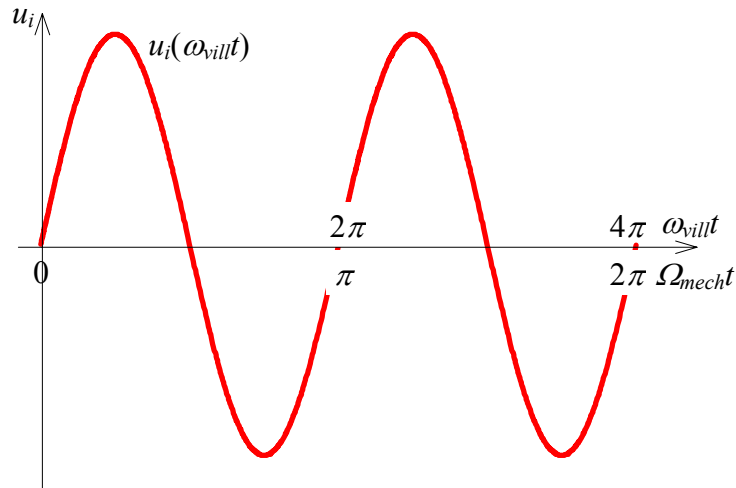
Az ábrán látható kétpólusú elrendezésnél a forgórészen 1 db É és 1 db D mágneses pólus van. A forgórész által létrehozott mágneses tér légrés menti szinuszos eloszlását feltételezve az állórészen elhelyezkedő vezetőkben olyan szinuszos időfüggvény szerint változó u_f fázis feszültség indukálódik, amelynek periódusideje megegyezik a forgórész mechanikai körülfordulásának idejével, az indukált feszültség ω_{vill} villamos szögsebessége (körfrekvenciája) megegyezik a Ω_{mech} mechanikai szögsebességgel $\omega_{vill} = \Omega_{mech}$.



Egy 4 pólusú ($p=2$) gép elvi vázlatja és indukált (fázis) feszültsége a villamos szögelfordulás függvényében

Többpólusú gépeknél, amelyek forgórészén p -számú póluspárt helyeznek el, az állórész vezetőik alatt a forgórész minden egyes körülfordulása során p -szer halad el É és p -szer D pólus, egy mechanikai fordulat alatt p számú villamos periódus (villamos „fordulat”) zajlik le, az indukált feszültség w_{vill} körfrekvenciája p -szerese ($p=1, 2, \dots$) a w_{mech} mechanikai szögsebességnek $\omega_{vill}=p\Omega_{mech}$.

Az indukált feszültség ábrázolható úgy az ω_{vill} villamos, mint az Ω_{mech} mechanikai szögsebesség függvényében, az előbbi a szokásos.



Az indukált feszültség a villamos és a mechanikai szögelfordulás függvényében ($p=2$)

A frekvencia és a mechanikai fordulatszám közötti általános összefüggés $f \left(\frac{1}{s}\right) = p \frac{n_{mech} \left(\frac{1}{min}\right)}{60}$

megadja egy n_{mech} (mechanikai) fordulattal járó, p póluspárú (szinkron) generátor indukált feszültségének frekvenciáját. Ugyanebből az összefüggésből számítható az f frekvenciájú feszültségről táplált motor n_{mech1} mechanikai (szinkron) fordulatszáma, ami azonos a mágneses mező fordulatszámaival:

$$n_{mech1} = \frac{60f}{p}.$$

$f=50$ Hz tápfrekvencia esetén a szinkron fordulatszám: $n_{mech1} = \frac{3000}{p}$, $f=60$ Hz esetén

$$n_{mech1} = \frac{3600}{p}.$$

Az előzőek alapján $\Omega_{mech} \leq \omega_{vill}$, $\Omega_{mech} = \frac{\omega_{vill}}{p}$, $\omega_{vill}=p\Omega_{mech}$.

Minőségi vizsgálatoknál általában $p=1$ -et feltételezünk, ebben az esetben $\Omega_{mech} = \omega_{vill}$, vagy az indexelés egyszerűsítésével: $\Omega_m = \omega$.

Jelölésben ω -t és Ω -t, kis betűket és nagy betűket egyaránt használnak.

Ellenőrző kérdések

1. Milyen feltételekkel hozható létre forgó mágneses mező három álló tekercssel?
2. Milyen mágneses mezőt hoz létre a váltakozó áramú gép állórészének fázistekercse (térbeli eloszlás, időbeli változás)?
3. Mekkora a háromfázisú szimmetrikus elrendezésű, szimmetrikus áramokkal gerjesztett tekercsrendszer eredő mágneses terének amplitúdója?
4. Milyen feltételekkel hozható létre forgó mágneses mező két álló tekercssel?
5. Mekkora a kétfázisú szimmetrikus elrendezésű, szimmetrikus áramokkal gerjesztett tekercsrendszer eredő mágneses terének amplitúdója?
6. Értelmezze a mechanikai és a villamos szögsebességet.

Összeállította: Kádár István

2019. december