1. Milyen követelmények teljesítését feltételezzük Park-vektor alkalmazásánál a mágneses mező térbeli eloszlására és időbeli változására?

Szimmetrikus háromfázisú állórész tekercseléssel készül->szimmetria a vektorokban
Feltételezve, hogy az I áram egyetlen vonalszerű vezetőben koncentrálódik
A további egyszerűsítés érdekében hanyagoljuk el a vasmagra jutó gerjesztést a δ légréséhez képest, hornyok hatását
Szinuszos térbeli eloszlás, időben tetszőleges, mert a park vektor a térbeli eloszlás időbeli változását reprezentálja.

2. Milyen mágneses mező alakul ki a légrésben, ha az állórész egyik tekercsét egyenárammal, vagy időben tetszőleges lefolyású árammal tápláljuk?

A mező eloszlását az áram alakulása és a motor geometriai (fog--horony) kialakítása szabja meg. A lépcsős térbeli eloszlástól térbeli periodikus görbe jön létre. Ehhez adódik a az áram változása. Egyenáramnál időben állandó ha változik időben változó mező jön létre.

3. Zérus sorrendű összetevők jelenléte hogyan befolyásolja a Park-vektor alkalmazását?

Mivel a zérus sorrendű összetevők egymással fázisban lévő, azonos amplitúdójú mennyiségeket jelentenek, a Park-vektor képzéskor ezek az összetevők kiesnek, amit figyelembe kell
venni a számítások értékelése, a következtetések levonása során.

4. A Park-vektor ismeretében hogyan határozható meg a fázismennyiségek pillanatértéke számítással és grafikusan?

A Park-vektort a definíciós képlet szerint a fázismennyiségek pillanatértékéből képezzük, az
átalakítás visszafelé is alkalmazható.

Számítással:

Példaként a feszültség Park-vektorát tekintve, annak valós része az a-fázis komponensét adja,
mivel az a fázistengely egybeesik a komplex sík valós tengelyével.
tehát -> A Park-vektort és vele együtt a háromfázisú koordináta rendszert 120°-kal előre (+ irányban)
forgatva a komplex síkon a c-tengely kerül fedésbe a valós tengellyel, így az elforgatott Parkvektor valós része a c-fázis komponensét adja – az $u_0(t)$ zérus sorrendű összetevő nélkül:
további 120°-kal előre forgatva a b-fázis komponensét kapjuk:

Grafikusan:

Ugyanezt az eredményt kapjuk grafikusan, ha a Park-vektort az egyes fázistengelyekre vetítjük. Ezt a matematika nyelvén úgy fogalmazhatjuk meg, hogy a Park-vektor skaláris szorzatát
képezzük az egyes fázistengelyek irányába mutató egységvektorral:

$$u_a(t) - u_0(t) = 1 \cdot \overline{u}(t) = \frac{2}{3}\left(u_a - \frac{1}{2}u_b - \frac{1}{2}u_c\right),$$

$$u_b(t) - u_0(t) = \overline{a} \cdot \overline{u}(t) = \frac{2}{3}\left(-\frac{1}{2}u_a + u_b - \frac{1}{2}u_c\right),$$

$$u_c(t) - u_0(t) = \overline{a}^2 \cdot \overline{u}(t) = \frac{2}{3}\left(-\frac{1}{2}u_a - \frac{1}{2}u_b + u_c\right)$$

5. A fázismennyiségek pillanatértékének meghatározásánál hogyan veszik számításba a zérus sorrendű összetevőket?

A zérus sorrendű mennyiségek Park-vektora zérus vektornak is tekinthető $u_0 = 0$ .P-ből f-et számolva hozzá kell számolni. (feljebb)

7. 3 fázisú, szimmetrikus, szinuszos időbeli lefolyású jelek esetén milyen kapcsolat van a Park-vektor nagysága (hossza) és a fázismennyiségek között?

A Park-vektort hossza megegyezik a fázis maximális értékével.

8. A Park-vektor diagram ábrázolásához milyen célszerű koordináta rendszereket alkalmaznak?

A Park-vektort komplex síkon, kettős koordináta rendszerben (háromfázisú és ortogonális) ábrázolják.

Park-vektor diagram (görbe, pálya): a Park-vektor végpontjának mértani helye (állandósult állapotban 1 periódus alatt).

A Park-vektor ábrázolható álló ($w_k=0$) vagy szinkron forgó ($w_k=w_1$) koordináta rendszerben (w_k – a koordináta rendszer szögsebessége).

9. Hogyan osszcillografálható az álló koordináta-rendszerbeli Park-vektor?

Az oszcilloszkóp függőleges bemenetét Y-al jelölve, a vízszintes eltérítést X-el, a Park-vektor komponenseket az alábbiak szerint kell az X-Y üzemmódú oszcilloszkóp bemeneteire adni, hogy a definíció szerinti diagramot kapjuk:

$u_x \Rightarrow Y,\qquad -u_y \Rightarrow X$ ahol Ux=Ua és Uy=Ubc/gyök3

10. Hogyan osszcillografálható a Park-vektor szinkron forgó koordináta rendszerben?

A Park-vektor megjeleníthető szinkron forgó koordináta rendszerben is, ehhez az összetevő-ket matematikai úton kell előállítani:

$$u_x = Re\{\overline{u}e^{-jw_1t}\} \text{ és } u_y = Im\{\overline{u}e^{-jw_1t}\}$$

11. Hogyan definiálják vonali feszültségek Park-vektorát?

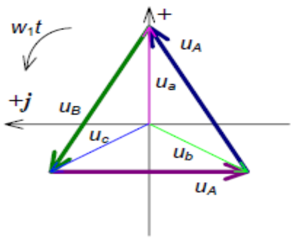
Az alább definiált vonali feszültségekből az eddigieknek megfelelően képezhető a vonali feszültségek u_V Park-vektora.

Az u_A, u_B, u_C vonali feszültségek időfüggvénye:

$$u_A(t) = u_b(t) - u_c(t) \qquad |\cdot\frac{2}{3}\ ,$$

$$u_B(t) = u_c(t) - u_a(t) \qquad |\cdot\frac{2}{3}\overline{a}\ ,$$

$$u_C(t) = u_a(t) - u_b(t) \qquad |\cdot\frac{2}{3}\overline{a}^2\ .$$



Fázis- és vonali feszültségek

Az u_A feszültség tengelyének iránya: -> egységvektor:

ub tengely iránya: ; uc tengely iránya:

12. A fázis mennyiségek Park-vektorából hogyan számítható a vonali feszültségek Parkvektora?

A fázis feszültségek Park-vektora a komplex összetevőkkel:

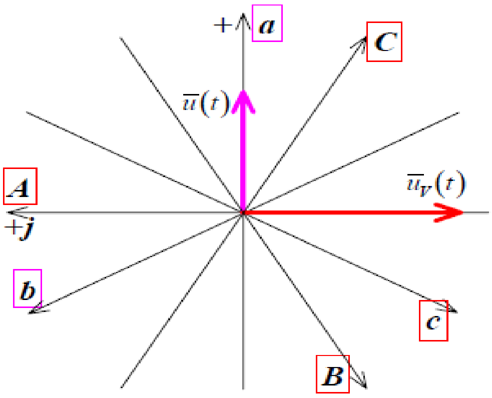
$$\overline{u} = \mathrm{Re}\{\overline{u}\} + j\mathrm{Im}\{\overline{u}\}$$

amivel kifejezhető a vonali feszültségek Park-vektora:

$$\overline{u}_V(t) = -j\sqrt{3}\overline{u}(t) = -j\sqrt{3}\mathrm{Re}\{\overline{u}\} + \sqrt{3}\mathrm{Im}\{\overline{u}\}$$

A vonali feszültségek pillanatértékét itt is az egyes tengelyekre eső vetület adja, de mivel az A-tengely egybe esik a komplex koordináta rendszer képzetes tengelyével, most a képzetes összetevőket kell meghatározni:

$$u_A(t) = \mathrm{Im}\{\overline{u}_V(t)\} = \mathrm{Im}\{-j\sqrt{3}\overline{u}(t)\} = -\sqrt{3}\mathrm{Re}\{\overline{u}(t)\},$$
$$u_B(t) = \mathrm{Im}\{\overline{a}^2\overline{u}_V(t)\} = -\sqrt{3}\mathrm{Re}\{\overline{a}^2\overline{u}(t)\},$$
$$u_C(t) = \mathrm{Im}\{\overline{a}\overline{u}_V(t)\} = -\sqrt{3}\mathrm{Re}\{\overline{a}\overline{u}(t)\}.$$



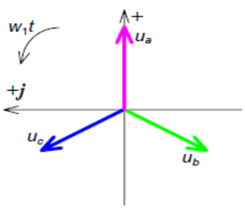
A fázis feszültségek $\overline{u}$ és a vonali feszültségek $\overline{u}_V$ Park-vektora, illetve az A, B, C tengelyek iránya

13. Mi a különbség egy időbeli fazor és egy Park-vektor között?

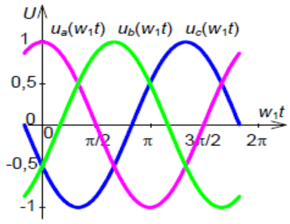
A Park-vektor a szinuszos térbeli eloszlás időbeli változását mutatja, a fazorábra pedig a szinuszos időbeli változást reprezentálja. Minden fazor egy-egy szinuszfv, felharmonikusok esetén külön fazor szükséges, míg Park vektor esetén eltérhet a szinuszostól a jelleg.

14. Milyen kapcsolat van a szimmetrikus összetevők és a Park-vektor között?

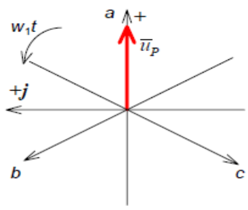
A szimmetrikus összetevők rendszere a fázisonként eltérő fazorokat (tehát szinusz függvény szerint változó aszimmetrikus fázismennyiségeket) helyettesíti. A Park-vektor tartalmazza mindhárom fázis aktuális változóját (a zérus sorrendű komponens nélkül). Az ábrák szerinti feszültségrendszer Park-vektora egybe esik az Ua fazorral és egymagában képviseli a három fázisfeszültséget a három fázistengelyre eső vetületével. Ellentétes a +/- forgásiránya!



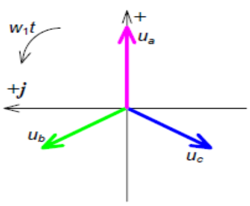
fázorábrája



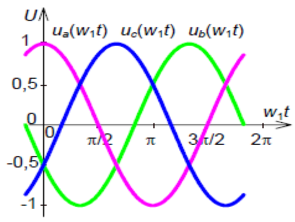
Pozitív sorrendű feszültségrendszer időfüggvénye



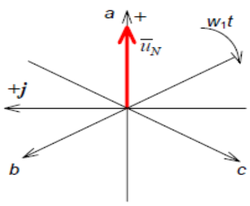
Park-vektora



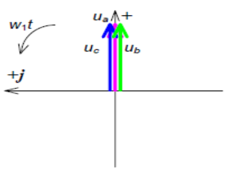
fázorábrája



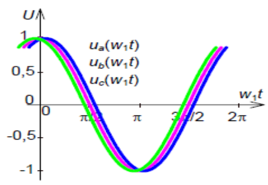
Negatív sorrendű feszültségrendszer időfüggvénye



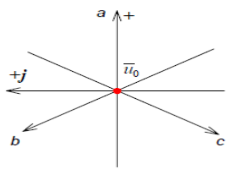
Park-vektora



fázorábrája



Zérus sorrendű feszültségrendszer időfüggvénye



Park-vektora

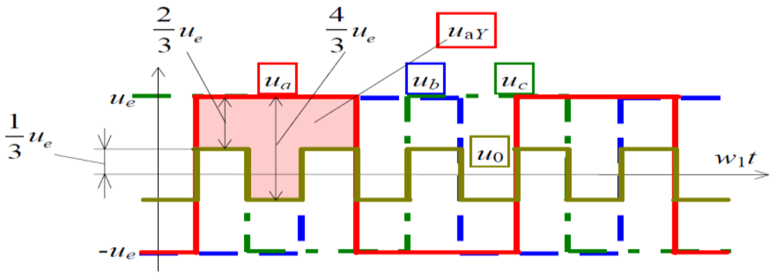
15. Mutassa be, hogy egyszerű (nem ISZM) feszültséginverteres táplálásnál milyen a fázisfeszültség időfüggvénye az inverter egyenáramú körének középpontjához képest.

A fázistekercsekre jutó feszültség a fázis kapcsok és a csillagpont potenciáljának különbsége:

$u_{aY}=u_a-u_Y$,

$u_{bY}=u_b-u_Y$,

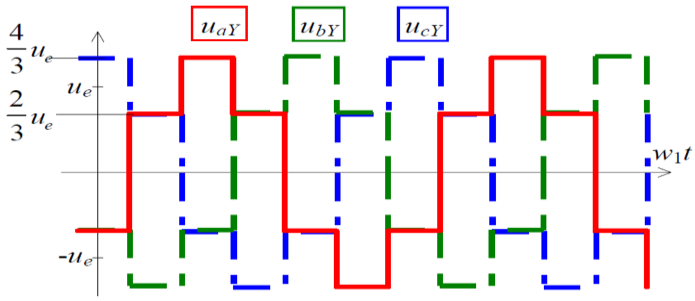
$u_{cY}=u_c-u_Y$.



Az aszinkron gép feszültségeinek időfüggvénye egyszerű inverteres táplálásnál

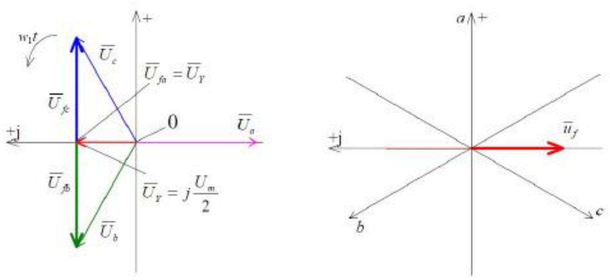
u_e – a közbülső kör (egyen) feszültségének fele,
u_Y – a motor állórész tekercselés csillagpontjának feszültsége a 0-ponthoz képest,
u_{aY}, u_{bY}, u_{cY} – az egyes fázistekercsek feszültsége (a motor csillagpontjához képest),
u_a, u_b, u_c – az egyes fáziskapcsok feszültsége a 0-ponthoz képest.

16. Mutassa be, hogy egyszerű (nem ISZM) feszültséginverteres táplálásnál milyen a fázisfeszültség időfüggvénye a motor csillagpontjához képest.

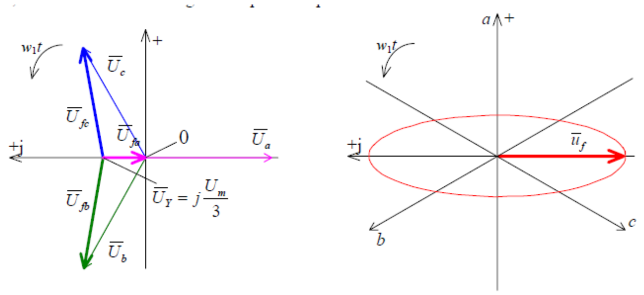


A fázistekercsek feszültségének időfüggvénye egyszerű inverteres táplálásnál

17. Illusztrálja, hogy milyen pályát írhat le az áram Park-vektora, ha az a fázis árammentes.



Uy=j*Um/2



Szimmetrikus 3 fázisú fogyasztó aszimmetrikus táplálása - fázorábra és Park-vektor (t=0)

Uy=j*Um/3 csp=0

18. Értelmezze a skalár függvény skalár együtthatós Fourier-sorát.

Ha az $f(x)$ függvény 2π szerint periodikus, vagyis $f(x)=f(x+2\pi)$, akkor

$f(x)=\frac{a_0}{2}+\sum_{\nu=1}^{\infty}\left(a_\nu \cos\nu x+b_\nu \sin\nu x\right)$, x – az általános független változó, váltakozó áramú rendszerekben pl. $w_1 t$.

A trigonometrikus sor együtthatói:

$$a_0=\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f(x)dx\,,$$

$$a_\nu=\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f(x)\cos\nu x dx\,, \qquad \nu=1, 2, \ldots$$

$$b_\nu=\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f(x)\sin\nu x dx\,, \qquad \nu=1, 2, \ldots$$

19. Értelmezze a skalár függvény komplex együtthatós Fourier-sorát.

Az Euler összefüggést alkalmazva a skalár függvény Fourier sorának együtthatóira

$e^{jx}=\cos x+j\sin x$, *ebből* $e^{-jx}=\cos x-j\sin x$. Behelyettesítve a sor egyenletébe:

$$f(x)=\frac{a_0}{2}+\sum_{\nu=1}^{\infty}\left(a_\nu\frac{e^{j\nu x}+e^{-j\nu x}}{2}+b_\nu\frac{e^{j\nu x}-e^{-j\nu x}}{2j}\right)=$$

$$=\frac{a_0}{2}+\frac{1}{2}\sum_{\nu=1}^{\infty}\left[a_\nu\left(e^{j\nu x}+e^{-j\nu x}\right)-jb_\nu\left(e^{j\nu x}-e^{-j\nu x}\right)\right],$$

amit átalakítva

$$f(x)=\frac{a_0}{2}+\frac{1}{2}\sum_{\nu=1}^{\infty}\left[\left(a_\nu-jb_\nu\right)e^{j\nu x}+\left(a_\nu+jb_\nu\right)e^{-j\nu x}\right].$$

Jelöljük a komplex együtthatókat $\bar{c}$ -vel az alábbiak szerint:

$$\bar{c}_0=\frac{a_0}{2},$$

$$\bar{c}_\nu=\frac{a_\nu-jb_\nu}{2}=\frac{1}{2\pi}\left[\int_0^{2\pi} f(x)\cos\nu x dx-j\int_0^{2\pi} f(x)\sin\nu x dx\right], \qquad 1\le\nu<\infty,$$

$$\bar{c}_{(-\nu)}=\frac{a_\nu+jb_\nu}{2}=\frac{1}{2\pi}\left[\int_0^{2\pi} f(x)\cos\nu x dx-j\int_0^{2\pi} f(x)\sin\nu x dx\right], \qquad -\infty<\nu\le -1,$$

vagy egységes formulával $\bar{c}_\nu$ az $f(x)$ függvény Fourier-sorának komplex együtthatója, amit az alábbi integrállal határozhatunk meg:

$$\bar{c}_\nu=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f(x)e^{-j\nu x}dx \qquad -\infty<\nu<\infty.$$

Ezzel a függvény sorának alakja:

$$f(x)=\sum_{\nu=-\infty}^{\infty}\bar{c}_\nu e^{j\nu x}.$$

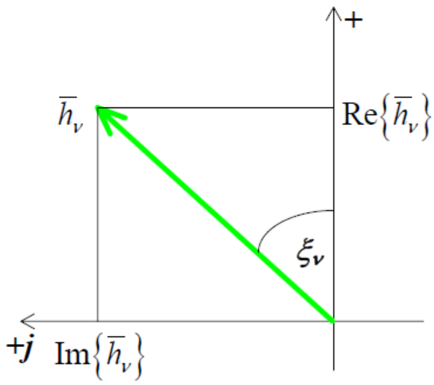
Legyen a $\bar{h}(x)$ Park-vektor periodikus, korlátos és szakaszosan folytonos, amelynek komplex összetevői: $\bar{h}(x) = p(x) + jq(x)$. Így $p(x)$ és $q(x)$ skalár függvények is periodikusak, korlátosak és szakaszosan folytonosak, tehát Fourier-sorba fejthetők.
A skalár függvények komplex függvény analízissel kapott együtthatói:

$$p(x) = \sum_{\nu=-\infty}^{\infty} \bar{c}_{p\nu} e^{j\nu x} \text{ és}$$

$$q(x) = \sum_{\nu=-\infty}^{\infty} \bar{c}_{q\nu} e^{j\nu x} .$$

Ezekkel az együtthatókkal a Park-vektor:

$$\bar{h}(x) = \sum_{\nu=-\infty}^{\infty} \bar{c}_{p\nu} e^{j\nu x} + j \sum_{\nu=-\infty}^{\infty} \bar{c}_{q\nu} e^{j\nu x} = \sum_{\nu=-\infty}^{\infty} \left(\bar{c}_{p\nu} + j\bar{c}_{q\nu}\right) e^{j\nu x} .$$



A Park-vektor ν. harmonikus összetevője

Jelöljük a $\bar{h}(x)$ Park-vektor ν. harmonikus összetevőjét $\bar{h}_\nu(x) = \bar{c}_{p\nu}(x) + j\bar{c}_{q\nu}(x)$, amivel a Park-vektor:

$$\bar{h}(x) = \sum_{\nu=-\infty}^{\infty} \bar{h}_\nu(x) e^{j\nu x} = \sum_{\nu=-\infty}^{\infty} h_\nu(x) e^{j(\nu x + \xi_\nu)} ,$$

itt $h_\nu = \left|\bar{h}_\nu\right|$ a Park-vektor ν. harmonikus összetevőjének abszolút értéke,

$$tg\xi_\nu = \frac{\mathrm{Im}\{\bar{h}_\nu\}}{\mathrm{Re}\{\bar{h}_\nu\}}$$ a ν. harmonikus összetevő fázisszöge.

A harmonikus összetevők számítása az előzőeknek megfelelően:

$$\bar{h}_\nu(x) = \bar{c}_{p\nu}(x) + j\bar{c}_{q\nu}(x) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} p(x) e^{-j\nu x} dx + j\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} q(x) e^{-j\nu x} dx =$$

$$= \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \left[p(x) + jq(x)\right] e^{-j\nu x} dx = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \bar{h}(x) e^{-j\nu x} dx .$$

21. Harmonikus analízisnél milyen egyszerűsítésre ad lehetőséget egy 6-oldalúan szimmetrikus Park-vektor diagram?

A 6-oldalú szimmetria miatt az integrálást elegendő a periódus 1/6-ára elvégezni.