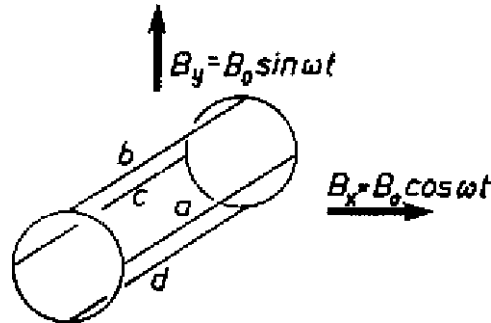


Vizsgáljuk meg, hogy a változó mágneses terek által indukált feszültségek hatására milyen áramok folynak a kalicka rúdjaiban.

A vízszintes síkban fekvő  $a$ ,  $c$  rudak és a két körgyűrű által határolt felületen a mágneses tér függőleges komponensének fluxusa:

$$(1) \quad \Phi_{ac} = AB_y = 2rlB_0 \sin \omega t,$$

míg a vízszintes komponens fluxusa nulla (1. ábra).

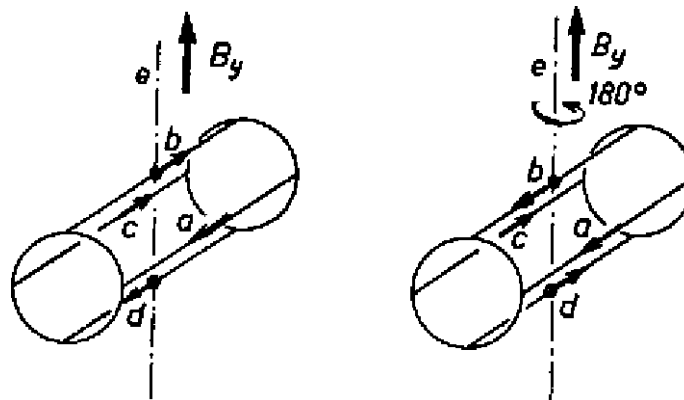


1. ábra

Az indukált feszültség:

$$(2) \quad U_{ac} = -\frac{d\Phi_{ac}}{dt} = -2rlB_0\omega \cos \omega t$$

A  $B_y$  által indukált feszültség hatására a rendszer tengelyszimmetrikus elrendezése miatt a  $b$  és  $d$  rudakban nem folyhat áram (l. a 2. ábrát).

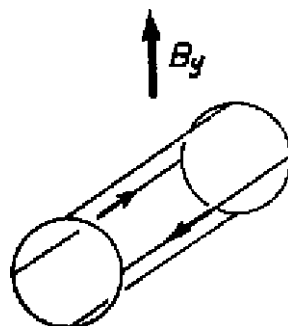


2. ábra

(A 2. ábrának megfelelően ui. az  $e$  tengely párhuzamos  $B_y$ -nal. Az  $e$  körüli  $180^\circ$ -os elforgatással a rendszer önmagába megy át, de a  $b$  és  $d$  rudakban folyó áram iránya előjelet vált. Ez csak úgy lehet, ha ezek az áramok azonosan nullák.) Az  $a$  és  $c$  rudakban folyó áram:

$$(3) \quad I_{ac} = \frac{U_{ac}}{(2l + r\pi)\sigma} = -\frac{2rlB_0\omega \cos \omega t}{(2l + r\pi)\sigma}.$$

A 3. ábrán feltüntetett áramirányokat a jobbkez-szabály és a (2) indukciós törvényben szereplő előjel határozza meg.



3. ábra

A  $b$ ,  $d$  rudak és a két körgyűrű által határolt felületen a mágneses tér vízszintes összetevőjének lesz nullától különböző fluxusa:

$$(4) \quad \Phi_{bd} = AB_x = 2rlB_0 \cos \omega t.$$

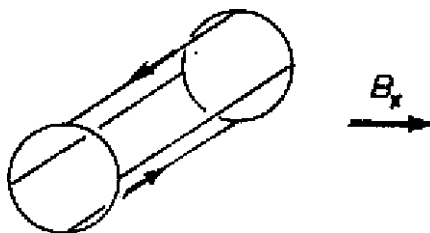
A  $B_x$  által indukált

$$(5) \quad U_{bd} = -\frac{d\Phi_{bd}}{dt} = 2rlB_0\omega \sin \omega t$$

feszültség hatására – az előzőekhez hasonló megfontolással – ezúttal az  $a$  és  $c$  rudakban nem folyik áram, míg a  $b$  és  $d$  rúdiban a 4. ábrán feltüntetett irányokkal

$$(6) \quad I_{bd} = \frac{2rlB_0 \sin \omega t}{(2l + r\pi)\sigma}$$

áram folyik.



4. ábra

Az elektromosságtan szuperpozíció elve tette lehetővé azt, hogy külön vizsgáljuk az ( $U_{ac}$ , és az  $U_{bc}$ , feszültségek által keltett áramokat.

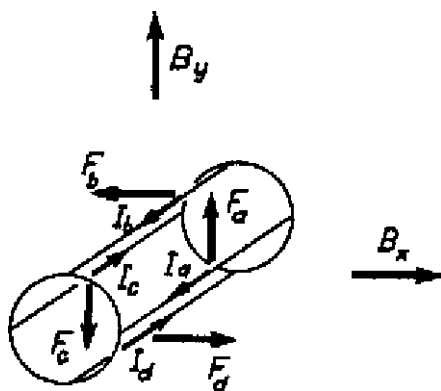
A kalickában folyó áramokra a jelenlevő mágneses tér erővel hat. Az erő merőleges mind az áram, mind a mágneses tér irányára, és előjelét a jobbkéz-szabály határozza meg. Számunkra azok az erők fontosak, amelyek a kalicka hossz tengelye körül forgatónyomatékokat képesek kifejteni.

Így a körgyűrűkben folyó áramokra ható erők, amelyek a tengellyel párhuzamos irányúak, vagy pl.  $B_y$  által az  $a$ , ill.  $c$  rúdiban folyó áramokra ható erők, amelyek hatásvonalala metszi a tengelyt, a forgatónyomaték szempontjából nem érdekesek.

A  $B_x$  mágneses tér az  $a$ , ill.  $c$  rúdiban folyó áramra

$$(7) \quad |F_1| = I_{ac}lB_x$$

nagyságú erőkkel hat, amely erők iránya különböző, mivel a két rúdiban az áramok iránya is különböző (5. ábra).



5. ábra

E két erő forgatónyomatékának nagysága

$$(8) \quad M_1 = 2r|F_1| = 2rI_{ac}lB_x = \frac{4r^2l^2B_0^2\omega \sin^2 \omega t}{(2l + r\pi)\sigma},$$

míg iránya az óramutató járásával ellentétes.

A  $B_y$  tér a  $b$ , ill.  $d$  rudakra hat  $|F_2| = I_{bd}lB_y$  nagyságú erőkkel (5. ábra), amelyek forgatónyomatéba

$$(9) \quad M_2 = 2r|F_2| = \frac{4r^2l^2B_0^2\omega \cos^2\omega t}{(2l + r\pi)\sigma}.$$

Az eredő forgatónyomaték:

$$(10) \quad M = M_1 + M_2 = \frac{4r^2l^2B_0^2}{(2l + r\pi)\sigma}\omega$$

minden időpillanatban.

Az egymással páronként szemben álló mágnespofák egy  $B_0$  nagyságú,  $\omega$  szögsebességgel forgó mágneses teret keltenek. (Éppen ennek komponensei a  $B_x = B_0 \cos \omega t$ ,  $B_y = B_0 \sin \omega t$  értékek.) Az álló kalickára ható forgatónyomaték időben állandó, nem függ az eredő mágneses tér pillanatnyi irányától. Emiatt az is közömbös, hogy a kalicka a mágnespofákhoz képest hogyan áll.

A forgatónyomatékot az határozza meg, hogy  $B_0$  milyen szögsebességgel forog a kerethez képest. Ha a keret már  $\omega'$  szögsebességgel forog, (10) alapján a forgatónyomaték

$$(11) \quad M = \frac{4r^2l^2B_0^2}{(2l + r\pi)\sigma}(\omega - \omega'),$$

speciálisan, ha  $\omega - \omega'$ , akkor  $M = 0$ .

*Erő Zoltán* (Budapest, Móricz Zs. Gimn., IV. o. t.) dolgozata alapján