

## 15-Маъруза

### Mavzu. Ko‘prik yordamida qarshilik, induktivlik, sig‘im o‘lhash.

#### Reja.

1. O‘zgarmas va o‘zgaruvchan tok ko‘priklari yordamida induktivlik, sig‘im o‘lhash.
2. Ampermetrlarni o‘lhash.
3. Ko‘prik yordamida karshilik, induktivlik, sig‘im o‘lhash. Diskret xisob metodi.

**Tayanch so‘zlar:** voltmetr va ommetrlar metodi, o‘zgarmas va o‘zgaruvchan tok ko‘priklari yordamida induktivlik, sig‘im o‘lhash, ko‘prik yordamida karshilik, induktivlik, sig‘im o‘lhash, diskret xisob metodi.

#### O‘zgarmas va o‘zgaruvchan tok ko‘priklari yordamida induktivlik, sig‘im o‘lhash. Ampermetrlarni o‘lhash.

Induktivlikni o‘lhash uchun ko‘prik chizmasi:

Induktivlikni o‘lhash uchun quyidagi chizma asosida qurilgan ko‘prikdan foydalanish mumkin. R qarshilik noomalam L<sub>x</sub>, R<sub>x</sub> lar bilan yoki namunaviy R<sub>0</sub>L<sub>0</sub> lar bilan ketmaket ulab ko‘yilishi mumkin. Bunga ehtiyoj quyidagicha tushuntiriladi: masalan R=0 bo‘lsin. Muvozanat tenglamasidan:

$$((R_x + j\omega L_x) \cdot R_4 = (R_0 + jL_0\omega) \cdot R_2)$$

ushbu ifodalarni olish mumkin

$$R_x = \frac{R_2}{R_4} R_0; \quad L_x = \frac{R_2}{R_4} L_0$$

Ish davomida namunaviy induktivlikni o‘zgartiradigan qilib yasash juda qiyin. Lekin L<sub>0</sub>=const, R<sub>0</sub>=const bo‘lsa, L<sub>x</sub> va R<sub>x</sub> nomaolumli ikki tenglamadan o‘zgaruvchan (rostlanuvchan) bo‘lib R<sub>2</sub>/R<sub>4</sub> munosabat xizmat kiladi. Bu munosabat (R<sub>2</sub>/R<sub>4</sub>) bir vaqtning o‘zida ikkala tenglamani ham qondirish uchun

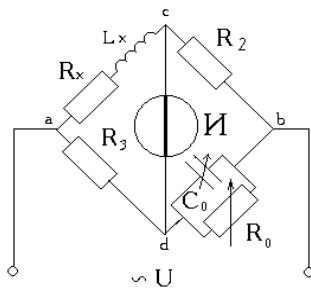
$$\frac{L_x}{L_0} = \frac{R_x}{R_0}$$

shart bajarilishi kerak.

SHuning uchun  $R_x > \frac{R_2}{R_4} R_0$  bo‘lsayu bu erda R<sub>2</sub>/R<sub>4</sub> ikkinchi tenglamani qanoatlantiruvchi shart bo‘lsa, ko‘prikni muvozanatlash uchun R<sub>x</sub> ga qandaydir qarshilik R qo‘sish kerak, yaoni:

$Rx + R = \frac{R_2}{R_4} R_0$  (ëku  $Rx = \frac{R_2}{R_4} R_0 - R$ ) Bu tenglamalarni tiklash uchun R ham rostlanuvchan bo‘lishi kerak. Agar  $Rx > \frac{R_2}{R_4} R_0$  bo‘lsa, R karshilik namunaviy qarshilik R<sub>0</sub> ga ketmaket ulanishi kerak. Unda  $Rx = \frac{R_2}{R_4} R_0 + R$  ifodaga asosan Rx topiladi. Rostlanuvchi

R<sub>2</sub>/R<sub>4</sub> karshilikning va R ning millari natijani ko‘rsatadi. Bu ko‘prik L<sub>x</sub> va R<sub>x</sub> larni aloxidaaloxida topishga imkon bermaydi, chunki R<sub>2</sub>/R<sub>4</sub> nisbat ikkala ifodaga (tenglamaga) ham kiradi. Ko‘prikning echimini topish qiyin; ayniqsa kichik ko‘ngilchanlik (dobrotnostg) da



$Q = \frac{\omega L}{R}$ .  $R_x$  va  $L_x$  larning qiymati  $R_2/R_4$  nisbatning va  $R$  ning ko'priki muvozanat holdagi qiymatlariga, hamda  $P$  ulagichning holatiga qarab yuqoridagi ifodalardan topiladi.

Amalda nomaolum induktivlikni o'lchash uchun namunaviy element sifatida induktivlik emas kondensator olinadi. Unda sig'imni rostlash oson va arzon bo'ladi, o'lchashlari ixcham bo'ladi. Muvozanat hosil bo'lishi uchun nomaolum  $L_x$  va namunaviy rostanuvchi sig'im  $S_0$  qaramaqarshi elkalarga joylshtiriladi. Rostanuvchi va namunaviy qarshilik ham  $S_0$  ga parallel bo'lib, alohida – alohida natija olish va rostlash uchun shunday qilinadi.  $X_{S0}/R_0$  ning to'la qarshiligining ifodasi

$$Z_0 = \frac{1}{Y_0} = \frac{1}{\frac{1}{R_0} + j\omega C_0}$$

ekanligini ehtiboriga olib, muvozanat tenglamasini quyidagicha yozamiz:

$$(Rx + j\omega Lx) \frac{1}{(1/R_0) + j\omega C_0} = R2R3$$

$$\text{eki } Rx + j\omega Lk = \frac{R2R3}{R_0} + j\omega C_0 R2R3$$

Tenglamadagi haqiqiy va mavhum qismlari o'zaro teng bo'lsagina, kompleks sonlar o'zaro teng bo'lishini ehtiborga olib, yozish mumkin:

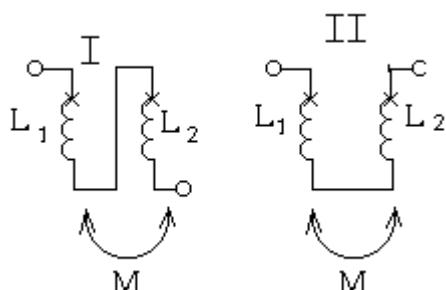
$$Rx = \frac{R2R3}{R_0}; \quad Lx = C_0 R2R3$$

CHO'lgamning ko'ngilchanligi (dobrotnost):

$$Qx = \frac{\omega Lx}{Rx} = \omega R_0 \cdot C_0$$

Alohida – alohida rostlash sharti rostanuvchi elementlar sifatida  $S_0$  va  $R_0$  ishlatalganda bajariladi.  $R_0$  ning shkalasi  $Rx$  larni,  $S_0$  ning shkalasi  $Lx$  larni beradi.

### O'zaro induktivlikni o'lchash:



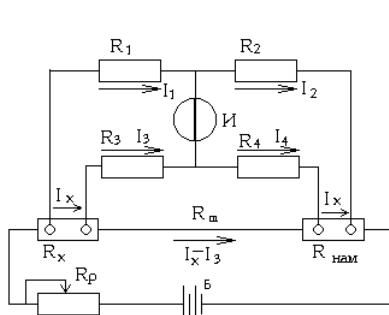
O'zaro induktivlikni o'lchash uchun cho'lgamlarning induktivligi ikki marta o'lchanadi: mos va teskari ulanganda (ketmakest xolda)  $L'$  ning katta qiymati mos ulanishga  $L''$  ning kichik qiymati teskari ulanishga to'g'ri keladi. Unda o'zaro induktivlik:

$$M = \frac{L' - L''}{4} \quad \text{ifodasi bilan topiladi.}$$

Bu erda  $L' = L1 + L2 + 2M$ ,  $L'' = L1 + L2 - 2M$ , birinchi va ikkinchi holdagi natijalarini bir biridan ayirib o'zaro induktivlikni topamiz  $M = (L' - L'')/4$

Sig'im o'lchash.

Ko'priki, manba, elka, ikkilamchi elkalari, sig'im, muvozanat, isroflar burchagi, dielektrik, induktivlik, o'zaro induktivlik, tenglamalar, ko'ngilchanlik (dobrotnost), echimga keltirish, yuqori kuchlanish manbai.



$$\left. \begin{aligned} I_x R_x + I_3 \cdot R_3 - I_1 R_1 &= 0 \\ I_x R_{ham} + I_3 \cdot R_4 - I_1 R_2 &= 0 \\ (I_x - I_3) R_{ham} - I_3 (R_3 + R_4) &= 0 \end{aligned} \right\}$$

Bahzi o'zgartirishlardan so'ng quyidagini olamiz.

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_{\text{nam}} + \frac{R_4 \cdot R_{\text{ш}}}{R_3 + R_4 + R_{\text{ш}}} \left( \frac{R_1}{R_2} - \frac{R_3}{R_4} \right),$$

YUqoridagi ifodalarda  $R_1, R_2, R_3, R_4$  – ikkilamchi elkalar qarshiliklari,  $R_x, R_{\text{nam}}$  – birlamchi elkalardagi nomaolum va namunaviy qarshiliklar.

Agar  $R_2/R_1 = R_3/R_4$  bo'lsa va  $R_{\text{sh}}$  juda oz bo'lsa ( $I_x > 10 \text{ A}$  bo'lganda bu shart bajariladi):

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_{\text{nam}}$$

Amalda bir va ikkilangan ko'priklarni birlashtirishda ishlatalib  $10^8$  dan  $10^8 \Omega$  gacha qarshiliklarni o'lchash mumkin.

Sig'imni o'lchash uchun ishlataladigan ko'priklar:

Bunday ko'priknинг eng oddiy chizmasi suratda keltirilgan. Ular o'zgaruvchan tok manbasi yordamida ishlaydi. Suratda –  $R_1, R_2$  – namunaviy aktiv qarshiliklar,  $S_0$  – namunaviy sig'im,  $S_x$  – nomalum sig'im. Agar sig'inda isroflar bo'lmasa ( $\text{tg}\delta \Rightarrow 0$ ) ko'priknинг muvozanat sharti:

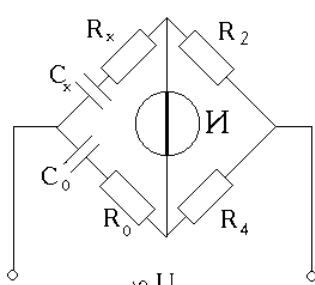
$$\frac{1}{j\omega C_x} \cdot R_4 = \frac{1}{j\omega C_0} R_2 \quad \text{yani} \quad C_x = \frac{R_4}{R_2} C_0$$

Sig'imli elkalarda birlashtirishda sig'im qarshiliqi bo'lib, aktiv qarshilik bo'lmasa, ko'prikn bittagina muvozanat tenglamasiga ega. Bu holda faqat birlashtirishda parametrni rostlash bilan ( $R_2, R_4$  yoki  $S_0$ ) natijani topish mumkin.

Aktiv isroflari bor kondensatorning sig'imi o'lchash uchun ( $\text{ty}\delta > 0$ ) quyidagi ko'prikn chizmasidan foydalilaniladi.

Uning muvozanat tenglamasi  $(R_x - jX_x)R_4 = (R_0 - jX_0)R_2$  ikkiga bo'linib ketadi:

$$\begin{cases} RxR4 = R_0R2 \\ XxR4 = X_0R2 \end{cases} \text{ bundan}$$



$$\text{Aktiv qarshilikni } R_x = \frac{R_2}{R_4} R_0,$$

$$\text{sig'im qarshiligini } X_c = \frac{1}{\omega C_x} = \frac{R_2}{R_4} X_0$$

ifodalarini bilan topamiz. Nomaolum sig'imi topish uchun  $C_x = \frac{R_4}{R_2} C_0$  ifodasidan foydalanamiz.

Agar rostlanadigan qarshiliklar  $S_0$  va  $R_0$  bo'lsa natijalar alohida – alohida o'qiladi.  $S_0$  ning millari  $S_x$  qiymatida,  $R_0$  ning millari  $R_x$  qiymatlariida natija ko'rsatadi. Ushbu ko'prikn kondensatorining  $\text{tg}\delta$  sini (dielektrik isroflar burchagi tangensini) topish uchun ham xizmat qilishi mumkin.

$$\text{tg}\delta_x = \frac{R_x}{X_x} = R_x \cdot \omega \cdot C_x$$

Amalda dielektriklarning ishchi kuchlanish taosiridagi isroflarini  $\text{tg}(\delta)$  topish katta ahamityaga ega.

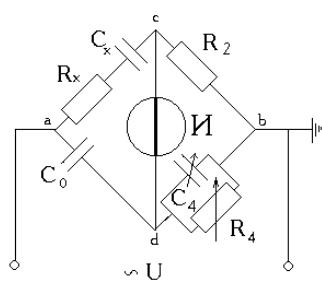
Katta kuchlanish taosirida  $\text{tg}\delta$  ni topish uchun quyiidagi ko'prikn chizmasi keng tarqalgan:

Qarshiliklar quyidagi shartni qanoatlantiradilar:  $Z_x \gg R_2; Z_0 \gg Z_4;$

SHuning uchun,

$$U_{ac} \gg U_{cb}; U_{ad} \gg U_{db};$$

O`lchanayotgan ob`ekt ( $S_x$  va  $R_x$ ) xamda namunaviy kondensator  $S_0$  katta kuchlanish taosirida bo`ladi. Rostlanuvchi elementlar esa ( $R2$   $R4$  va  $C4$  lar) kichik kuchlanishlar taosirida bo`lib, xavfsizlik uchun (b) nuqta erga ulanib qo`yiladi. Ko`prikning muvozanat tenglamasi:



$$\frac{Zx}{Zz} = \frac{Z_0}{Z4} = Z_0 Y_4 \quad Y4 = \frac{1}{R4} + j\omega c C$$

ekanligini nazarda tutib, quyidagini yozish mumkin:

$$\frac{Rx + \frac{1}{j\omega Cx}}{R2} = \frac{1}{j\omega Cx} \left( \frac{1}{R4} + j\omega C4 \right)$$

Kompleks ifodani ikki tenglamaga ajratib yuboramiz (haqiqiy va mavhum qismlari alohida – alohida teng bo`lishi kerak); ular chastotaga bogliq emas:

$$\frac{Rx}{R2} = \frac{C4}{C_0} \quad \text{ea} \quad \frac{1}{R2Cx} = \frac{1}{R4C_0}$$

Bu erdan o`lchanayotgan sig`im  $S_x$ , qarshilik  $R_x$  va  $\operatorname{tg}\delta_x$  lar:

$$\left. \begin{aligned} Cx &= \frac{R4}{R2} C_0 \\ Rx &= R2 \frac{C4}{C_0} \end{aligned} \right\}$$

$$\operatorname{tg}\delta_x = \frac{Rx}{Xx} = \frac{Rx}{\frac{1}{\omega Cx}} = Rx \cdot \omega Cx = \omega C4 \cdot R4$$

Alohida – alohida hisob uchun rostlanuvchi parametrlar sifatida  $R4$  va  $C4$  ni tanlanadi: CHunki ular faqat bittadan ifoda bor.

### Takrorlash uchun savollar.

2. Ikkilangan o`zgarmas tok ko`prigining tuzilishi va vazifaci nima?
3. Isroflar burchagi tangensi qanday aniqlanadi?