

15-Маъруза

Mavzu. Ko'prik yordamida qarshilik, induktivlik, sig'im o'lchash.

Reja.

1. O'zgaras va o'zgaruvchan tok ko'priklari yordamida induktivlik, sig'im o'lchash.
2. Ampermetrlarni o'lchash.
3. Ko'prik yordamida qarshilik, induktivlik, sig'im o'lchash. Diskret xisob metodi.

Tayanch so'zlar: voltmetr va ommetrlar metodi, o'zgaras va o'zgaruvchan tok ko'priklari yordamida induktivlik, sig'im o'lchash, ko'prik yordamida qarshilik, induktivlik, sig'im o'lchash, diskret xisob metodi.

O'zgaras va o'zgaruvchan tok ko'priklari yordamida induktivlik, sig'im o'lchash. Ampermetrlarni o'lchash.

Induktivlikni o'lchash uchun ko'prik chizmasi:

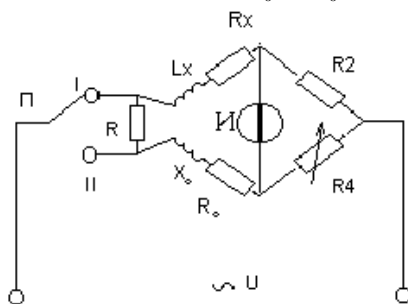
Induktivlikni o'lchash uchun quyidagi chizma asosida qurilgan ko'prikdan foydalanish mumkin. R qarshilik noomalum L_x, R_x lar bilan yoki namunaviy R_0, L_0 lar bilan ketmaket ulab ko'yilishi mumkin. Bunga ehtiyoj quyidagicha tushuntiriladi: masalan $R=0$ bo'lsin. Muvozanat tenglamasidan:

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

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 $L_0 = \text{const}$, $R_0 = \text{const}$ bo'lsa, L_x va R_x nomaolumlari ikki tenglamadan o'zgaruvchan (rostlanuvchan) bo'lib R_2/R_4 munosabat xizmat qiladi. Bu munosabat (R_2/R_4) bir vaqtning o'zida ikkala tenglamani ham qondirish uchun



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

shart bajarilishi kerak.

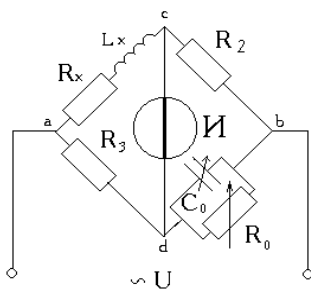
SHuning uchun $R_x > \frac{R_2}{R_4} R_0$ bo'lsayu bu erda R_2/R_4 ikkinchi tenglamani qanoatlantiruvchi shart bo'lsa, ko'priknı muvozanatlash uchun R_x ga qandaydir qarshilik R qo'shish kerak, ya'ni:

$$R_x + R = \frac{R_2}{R_4} R_0 \quad (\text{ёku} \quad R_x = \frac{R_2}{R_4} R_0 - R) \quad \text{Bu tenglamalarni tiklash uchun R ham}$$

rostlanuvchan bo'lishi kerak. Agar $R_x > \frac{R_2}{R_4} R_0$ bo'lsa, R qarshilik namunaviy qarshilik

R_0 ga ketmaket ulanishi kerak. Unda $R_x = \frac{R_2}{R_4} R_0 + R$ ifodaga asosan R_x topiladi. Rostlanuvchi

R_2/R_4 qarshilikning va R ning millari natijani ko'rsatadi. Bu ko'prik L_x va R_x larni aloxidaaloxida topishga imkon bermaydi, chunki R_2/R_4 nisbat ikkala ifodaga (tenglamaga) ham kiradi. Ko'priknıg 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 holidagi qiymatlariga, hamda P ulagichning holatiga qarab yuqoridagi ifodalardan topiladi.

Amalda nomaolom 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 nomaolom L_x va namunaviy rostlanuvchi sig'im S_0 qaramaqarshi elkalarga joylashtiriladi. Rostlanuvchi va namunaviy qarshilik ham S_0 ga parallel bo'lib, alohida – alohida natija olish va rostlash uchun shunday qilinadi. X_{S_0}/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:

$$(R_x + j\omega L_x) \frac{1}{(1/R_0) + j\omega C_0} = R_2 R_3$$

$$\text{eki } R_x + j\omega L_x = \frac{R_2 R_3}{R_0} + j\omega C_0 R_2 R_3$$

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

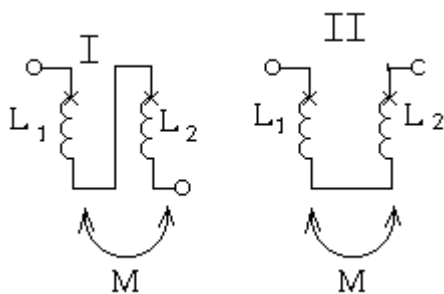
$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_0}; \quad L_x = C_0 R_2 R_3$$

Cho'lgamning ko'ngilchanligi (dobrotnostp):

$$Q_x = \frac{\omega L_x}{R_x} = \omega R_0 \cdot C_0$$

Alohida – alohida rostlash sharti rostlanuvchi elementlar sifatida S_0 va R_0 ishlatilganda bajariladi. R_0 ning shkalasi R_x larni, S_0 ning shkalasi L_x larni beradi.

O'zaro induktivlikni o'lchash:



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

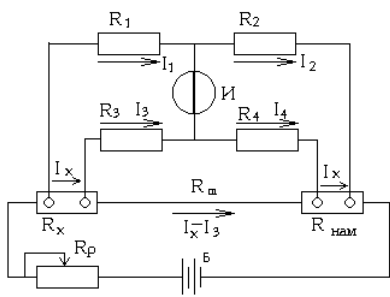
$$M = \frac{L' - L''}{4} \quad \text{ifodasi bilan topiladi.}$$

$$\text{Bu erda } L' = L_1 + L_2 + 2M, \quad L'' = L_1 + L_2 - 2M,$$

birinchi va ikkinchi holdagi natijalarni 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 (dobrotnostp), 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.

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

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

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

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_{HAM}$$

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

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

Bunday ko'priklarning 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 – nomaolum sig'im. Agar sig'imda isroflar bo'lmasa ($\text{tg}\delta \Rightarrow 0$) ko'priklarning muvozanat sharti:

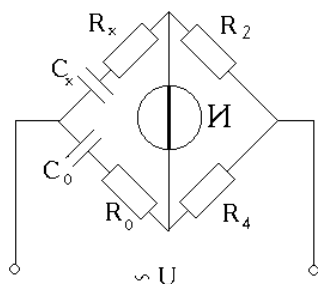
$$\frac{1}{j\omega C_x} \cdot R_4 = \frac{1}{j\omega C_0} R_2 \quad \text{yani} \quad C_x = \frac{R_4}{R_2} C_0$$

Sig'imli elkalarda birgina sig'im qarshiligi bo'lib, aktiv qarshilik bo'lmasa, ko'priklarning bittagina muvozanat tenglamasiga ega. Bu holda faqat birgina parametrlarni rostlash bilan (R_2, R_4 yoki S_0) natijani topish mumkin.

Aktiv isroflari bor kondensatorning sig'imini o'lchash uchun ($\text{tg}\delta > 0$) quyidagi ko'priklarning chizmasidan foydalaniladi.

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

$$\left. \begin{aligned} R_x R_4 &= R_0 R_2 \\ X_x R_4 &= X_0 R_2 \end{aligned} \right\} \text{ bundan}$$



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

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

ifodalari bilan topamiz. Nomaolum sig'imni topish uchun

$$C_x = \frac{R_4}{R_2} C_0 \text{ ifodasidan foydalanamiz.}$$

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 qiymatlarida natija ko'rsatadi. Ushbu ko'priklarning 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 ahamiyatga ega.

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

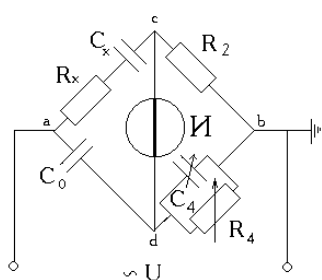
Qarshiliklar quyidagi shartni qanoatlantiradilar:

$$Z_x \gg R_2; \quad Z_0 \gg R_4;$$

Shuning uchun,

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

O'lanayotgan ob'ekt (S_x va R_x) xamda namunaviy kondensator S_0 katta kuchlanish taosirida bo'ladi. Rostlanuvchi elementlar esa (R_2 R_4 va C_4 lar) kichik kuchlanishlar taosirida bo'lib, xavfsizlik uchun (b) nuqta erga ulanib qo'yiladi. Ko'priknining muvozanat tenglamasi:



$$\frac{Z_x}{Z_z} = \frac{Z_0}{Z_4} = Z_0 Y_4 \quad Y_4 = \frac{1}{R_4} + j\omega C_4$$

ekanligini nazarda tutib, quyidagini yozish mumkin:

$$\frac{R_x + \frac{1}{j\omega C_x}}{R_2} = \frac{1}{j\omega C_x} \left(\frac{1}{R_4} + j\omega C_4 \right)$$

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

$$\frac{R_x}{R_2} = \frac{C_4}{C_0} \quad \text{va} \quad \frac{1}{R_2 C_x} = \frac{1}{R_4 C_0}$$

Bu erdan o'lanayotgan sig'im S_x , qarshilik R_x va $\text{fg}\delta_x$ lar:

$$\left. \begin{aligned} C_x &= \frac{R_4}{R_2} C_0 \\ R_x &= R_2 \frac{C_4}{C_0} \end{aligned} \right\}$$

$$\text{tg} \delta_x = \frac{R_x}{X_x} = \frac{R_x}{\frac{1}{\omega C_x}} = R_x \cdot \omega C_x = \omega C_4 \cdot R_4$$

Alohida – alohida hisob uchun rostlanuvchi parametrlar sifatida R_4 va C_4 ni tanlanadi: CHunki ular faqat bittadan ifoda bor.

Takrorlash uchun savollar.

2. Ikkilangan o'zgaras tok ko'prigining tuzilishi va vazifasi nima?
3. Isroflar burchagi tangensi qanday aniqlanadi?