

10-laboratoriya ishi. Kondensator sig'imini Uitson ko'prigi yordamida o'lchash

Ishdan maqsad: Kondensatorlar bilan tanishish va ularning elektr sig'im kattaligini o'lchash va o'rganish.

Kerakli asbob va buyumlar: reoxord, telefon yoki ossillograf, sig'implar magazini, kalit, noma'lum sig'imli ikkita kondensator, o'zgaruvchan tok manbai.

NAZARIY QISM

Boshqa o'tkazgich va zaryadlardan cheksiz o'zoqda joylashgan, ya'ni yakkalangan bir o'tkazgichga q zaryad berilsa, unda qiymati shu zaryad miqdoriga proporsional bo'lgan potensial yuzaga keladi. Turli o'lchamga hamda turli shaklga ega bo'lgan o'tkazgichlar bir xil miqdordagi elektr zaryad bilan zaryadlansa, ularning potentsiali turlicha bo'ladi. O'tkazgichga berilgan zaryad bilan shu o'tkazgichda yuzaga keladigan potensial orasidagi bog'lanish chiziqli xususiyatiga ega bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:

$$q = C \cdot \varphi \quad (1)$$

Bu yerda C -proporsionallik koeffisienti bo'lib, uni shu o'tkazgichning **elektr sig'imi** deyiladi, (1) ifodani

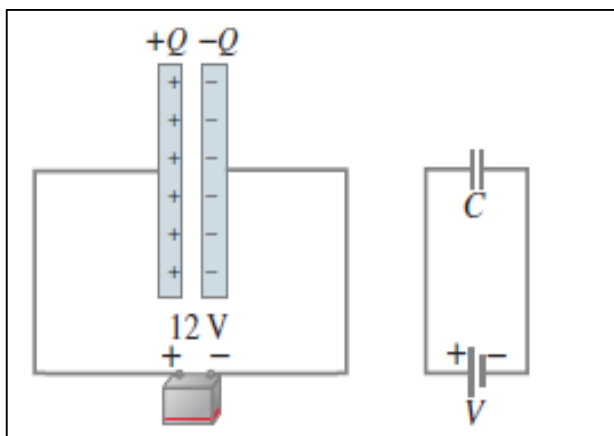
$$C = \frac{q}{\varphi} \quad (2)$$

ko'rinishda yozamiz. Bu formulaga ko'ra, berilgan o'tkazgichning elektr sig'imi deb, shu o'tkazgich potensialini bir birlikka orttirish uchun kerak bo'lgan zaryad miqdoriga teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi. Halqaro birliklar sistemasi (SI) da elektr sig'im birligi qilib **farad (F)** olingan. Yakkalangan o'tkazgichga 1 Kl zaryad berilganda uning potentsiali 1 V ga ortsa, shu o'tkazgichning elektr sig'imi 1Farada ga teng bo'ladi, ya'ni $1F = 1 \text{ Kl} / 1 \text{ V}$. Miqdoran 1 Farada ga teng sig'im nihoyatda kattadir, shu sababli amalda faradaning juda kichik bo'laklari: $1 \text{ mkF} = 10^{-6} \text{ F}$ (mikrofarada), $1 \text{ nF} = 10^{-9}$ (nanofarada), $1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$ (pikofarada) qo'llaniladi. Amaliy ishlarda o'lchami kichik bo'lsa ham ko'proq zaryadni o'zida to'play oladigan, ya'ni katta sig'imga ega bo'la oladigan o'tkazgichlar sistemasidan

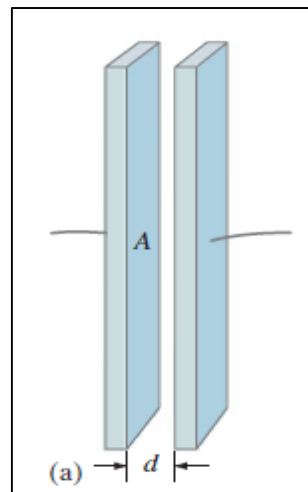
foydalanishga to'g'ri keladi. Bunday o'tkazgichlar sistemasi **kondensator** deb ataladi. Masalan, bir-biridan dielektrik muhit bilan ajratilgan sirt yuzlari teng ikkita va undan ortiq yassi plastinkalardan iborat sistemaga **yassi kondensator** deyiladi. Dielektrik muhit bilan ajratilgan ikkita qo'shni plastinka qarama-qarshi zaryadlangan bo'ladi. Ikki plastinkadan iborat yassi kondensatorning elektr sig'imi har bir plastinkadagi zaryadning shu plastinkalar orasidagi potentsiallar ayirmasi (kuchlanish) ga nisbatiga tengdir:

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} \quad (3)$$

Plastinkalar odatda qoplama deb ataladi. Shunga ko'ra, shunday ta'rif berish mumkin: kondensatorning elektr sig'imi uning qoplamalari orasidagi potentsiallar ayirmasini bir birlikka orttirish uchun zarur bo'lgan zaryad miqdori bilan o'lchanuvchi kattalikdir. Qoplamalari orasidagi masofa d , qoplamalar yuzi S va qoplamalar orasiga qo'yilgan moddaning dielektrik singdiruvchanligi ϵ bo'lgan yassi kondensatorning elektr sig'imi yuqoridagi kattaliklar orqali qanday ifodalanishini ko'rib chiqaylik (1-rasm).



1-rasm



Qoplamalar orasidagi potentsiallar ayirmasi $\varphi_1 - \varphi_2$, U -kuchlanish, E -kuchlanganlik, d -masofa o'zaro quyidagicha bog'langan:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U = E \cdot d \quad (4)$$

O'z navbatida q zaryad bilan zaryadlangan ikki plastinka orasidagi maydon kuchlanganligi

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} = \frac{q}{\varepsilon_0 \varepsilon S} \quad (5)$$

ko'rinishda bo'ladi. Bu yerda σ - qoplamadagi zaryadning sirt zichligi $\sigma = \frac{q}{S}$. (4) ifodadagi maydon kuchlanganligi o'rniga (5) ni qo'ysak potentsiallar ayirmasi uchun quyidagi tenglikni olamiz:

$$\phi_1 - \phi_2 = \frac{q \cdot d}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot S} \quad (6)$$

Bu ifodani (2) tenglik bilan taqqoslasak, izlanayotgan yassi kondensator sig'imi quyidagi formula orqali ifodalanishini topish mumkin:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot S}{d} \quad (7)$$

Bundan kondensatorning elektr sig'imini orttirish uchun qoplamalar yuzasini kattalashtirish yoki ular orasidagi masofani kichiklashtirish zarur ekan, degan xulosaga kelish mumkin. Ammo bu usul bilan lozim bo'lgan sig'imni hosil qilish noqulaydir. Buning o'rniga bir necha kondensatorni bir-biriga maxsus usullarda ulab lozim bo'lgan sig'imni hosil qilish mumkin. Bu ulash usullarining ikki turi: 1) *ketma-ket ulash*; 2) *parallel ulash* orqali natijaviy sig'implarni hosil qilish bilan tanishaylik.

Kondensatorlarni ketma-ket ulash

Ketma-ket ulashda (2-rasm) kondensatorlarning barcha plastinkalaridagi zaryad miqdori bir xil bo'ladi, ya'ni $q_1 = q_2 = q_3 = \text{const}$. Qoplamalar orasidagi potentsiallar ayirmasi har xil bo'ladi.

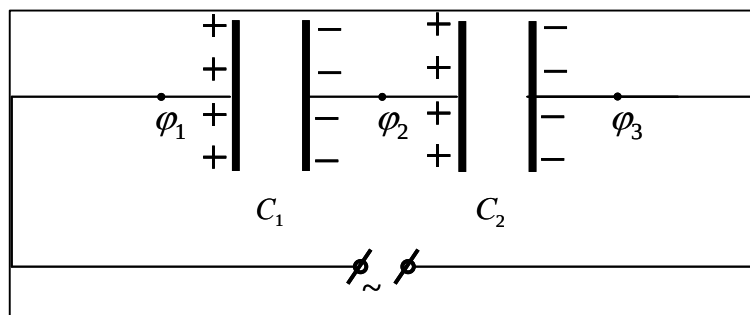
Bunda $\phi_3 - \phi_1 = (\phi_3 - \phi_2) + (\phi_2 - \phi_1)$, $U = \phi_3 - \phi_1$, $U_1 = \phi_2 - \phi_1$, $U_2 = \phi_3 - \phi_2$ desak,

$$U = U_1 + U_2 \quad (8)$$

ifodaga ega bo'lamiz. $U = \frac{q}{C}$; $U_1 = \frac{q}{C_1}$; $U_2 = \frac{q}{C_2}$. Demak, $\frac{q}{C} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2}$, q -zaryadlarni qisqartirsak

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (9)$$

ifoda kelib chiqadi. Demak, kondensatorlar ketma-ket ulansa, umumiy sig'im kichiklashadi. Ketma-ket ulash sxemasi 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm

Kondensatorlarni parallel ulash

Parallel ulangan kondensatorlar qoplamasidagi potentsiallar ayirmasi barcha kondensatorlar uchun bir xil bo'lib, $\varphi_1 - \varphi_2$ ga ($\Delta\varphi$ ga) teng. Agar kondensatorlar sigimi C_1, C_2, C_3 va hokazo bo'lsa, bu holda har bir kondensatordagi zaryadni

$$\begin{aligned} q_1 &= C_1 \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) \\ q_2 &= C_2 \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) \\ \text{-----} \\ q_n &= C_n \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) \end{aligned} \quad (10)$$

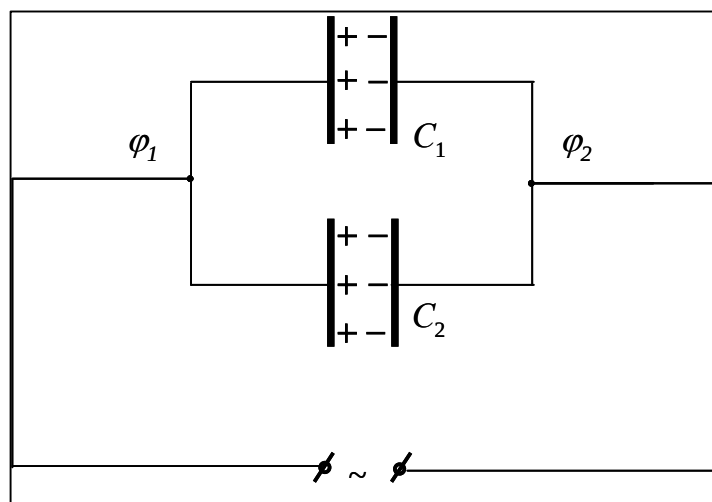
ifodalar bilan aniqlash mumkin. Barcha kondensatorlarning umumiy zaryadi

$$q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots \quad (11)$$

(10) va (11) ifodalarni birgalikda ishlab chiqsak $C(\varphi_1 - \varphi_2) = C_1(\varphi_1 - \varphi_2) + C_2(\varphi_1 - \varphi_2) + \dots$ va umumiy sig'imi

$$C = \sum C_i = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \quad (12)$$

bo'ladi. Bundan ko'rinadiki, umumiy sig'im ulangan kondensatorlar sig'implari qiymatlarining yig'indisiga teng bo'lar ekan. Kondensatorlarni parallel ulash sxemasi 3-rasmda keltirilgan. Bu ishda kondensatorlarning sig'implari Uiston ko'prigi yordamida aniqlanadi. Ma'lumki, kondensator qoplamalari orasida bo'sh yoki dielektrik qatlam bo'lganligi sababli o'zgarmas tok kondensatordan o'tmaydi. Shu sababli, ishni bajarishda o'zgaruvchan tokdan foydalaniladi. Agar kondensatorning qoplamalari o'zgaruvchan tok manbaiga ulansa, u holda kondensator qoplamalari davriy ravishda zaryadlanib, zaryadsizlanib turadi. Shu sababli kondensatorni o'zgaruvchan tok yo'lidagi o'tkazgich deb hisoblash mumkin.



3-rasm

Kuzatilayotgan zanjir sinuslar qonuni bo'yicha o'zgaruvchan elektr yurituvchi kuchi (EYuK) bo'lgan tok manbaiga ulangan bo'lsa

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \sin(\omega t) \quad (13)$$

bu yerda ε - EYuK ning ixtiyoriy t momentdagi qiymati, ε_0 - EYuK ning maksimal (amplitudaviy) qiymati, ω - doiraviy chastota, $\omega = \frac{2\pi}{T}$. Kondensator qoplamasidagi

zaryad miqdorini sig'im formulasiga ko'ra quyidagicha aniqlash mumkin:

$$q = C \cdot \varepsilon = C \cdot \varepsilon_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (14)$$

Demak, qoplamadagi zaryad ham sinuslar qoidasi bo'yicha o'zgaradi. (14) ifodani vaqt bo'yicha differensiallaymiz va bunda zaryadning vaqt bo'yicha o'zgarishi tok kuchiga teng ekanligini e'tiborga olamiz:

$$\frac{dq}{dt} = I = C \cdot \omega \cdot \varepsilon_0 \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (15)$$

Bundan ko'rinib turibdiki, tok kuchi ham davriy ravishda o'zgarar ekan. Uning qiymati maksimal ($\cos \omega t = 1$) bo'lganda:

$$I_0 = C \cdot \omega \cdot \varepsilon_0 = \frac{\varepsilon_0}{\frac{1}{\omega \cdot C}} \quad (16)$$

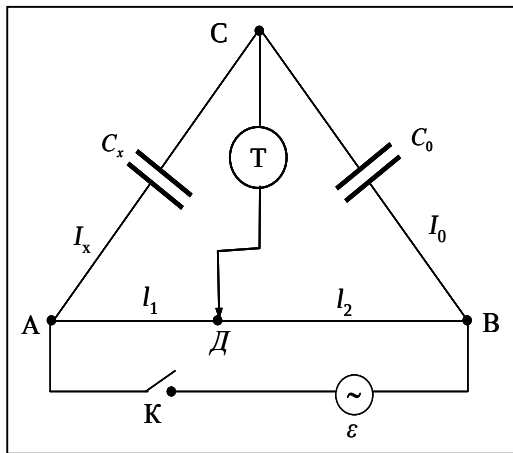
ko'rinishga ega bo'ladi. (16) ifodani Om qonuni formulasiga ($I = \frac{\varepsilon}{R}$) bilan

taqqoslasak, $\frac{1}{\omega C}$ kattalik qarshilik vazifasini o'tashini bilishimiz mumkin, uni R_c

deb belgilab

$$R_c = \frac{1}{\omega \cdot C} \quad (17)$$

ifodani yozishimiz mumkin. R_c - kondensatorning sig'imiylig qarshiligi deyiladi. Kondensatorning sig'imini o'lchash uchun qo'llaniladigan elektr zanjir sxemasi ya'ni Uiton ko'prigi 4-rasmda tasvirlangan.



4-rasm

Bu sxemada ε o'zgaruvchan EYuK manbai, C_0 -sig'imi ma'lum bo'lgan kondensator, C_x -sig'imi o'lchanishi lozim bo'lgan kondensator, K - kalit, zanjirning SD bo'limidagi telefon (T) ko'prik vazifasin o'taydi. Zanjirning A va B nuqtalari reoxordga ulangan. Telefonga ulangan simning D uchi reoxord bo'ylab harakatga keltirilib telefonda tok o'tishi to'xtagan holat topiladi.

Bu telefonda tovush bo'lmasligiga ko'ra aniqlanadi. Bu holatni ko'prikning muvozanat holati deyiladi, bunda S va D nuqtalardagi potentsiallar tenglashgan bo'ladi. Reoxord simning D nuqtaga nisbatan chap va o'ng bo'limlari uzunligi mos ravishda ℓ_1 va ℓ_2 deb belgilanadi va ular reoxord yelkalari deb ataladi. Ko'prikning muvozanat holati ($I_g = 0$) da 4-rasmdagi elektr zanjiriga nisbatan quyidagi ayniyatlarni yozish mumkin:

$$I_0 = I_x \quad \text{va} \quad I_1 = I_2 \quad (18)$$

Shuningdek, S va D nuqtalarda potentsiallar qiymatlarining tengligi ($\varphi_c = \varphi_D$) dan ASDA kontur uchun

$$\varphi_A - \varphi_C = \varphi_A - \varphi_D \quad (19)$$

yoki

$$I_0 \cdot R_{C_x} = I_1 \cdot R_1 \quad (20)$$

$$\text{Shuningdek, SVDS kontur uchun } I_0 \cdot R_{C_0} = I_2 \cdot R_2 \quad (21)$$

ni yozish mumkin. (20) va (21) tengliklarning chap va o'ng tomonlarining nisbatini olamiz, hamda tok kuchlari uchun (18) ifodalardan foydalanib noma'lum qarshilik uchun

$$R_{C_x} = R_{C_0} \cdot \frac{R_1}{R_2} \quad (22)$$

tenglamaga kelish mumkin. Bu yerda $R_{C_x} = \frac{1}{\omega \cdot C_x}$, $R_0 = \frac{1}{\omega \cdot C_0}$ bundan

$$C_x = C_0 \cdot \frac{\ell_2}{\ell_1} \quad (23)$$

ifoda kelib chiqadi. Bu ifoda noma'lum sig'im C_x ni ℓ_1 , ℓ_2 va ma'lum C_0 ning qiymatlari orqali topishga imkon beradi.

Ishni bajarish tartibi

1. 4-rasmdagi elektr zanjiri yig'iladi. Zanjirga sig'imi noma'lum bo'lgan C_{x_1} kondensator ulanadi.

2. D nuqtadagi kontakti reoxordning orasiga qo'yiladi. Sig'imler magazinidan shunday C_1 sig'im tanlab olinadiki, bunda telefonning tovushi eng past (ossillografdagi signal minimal) bo'lsin. So'ngra D kontakti reoxord bo'ylab surib telefondagi tovush (ossillografdagi signal) ning o'zgarishi qayd qilib boriladi. Telefonda tovush yo'qolishi (ossillografdagi signal 0 ga teng bo'lishi) bilan kontakti surish to'xtatiladi. Shu nuqtaga nisbatan reoxordning yelkalari uzunliklari ℓ_1 va ℓ_2 jadvalga yozib olinadi. Bu tajribani 3 marta takrorlash lozim.

3. Sig'imi noma'lum birinchi kondensator o'rniga ikkinchi noma'lum sig'imli C_{x_2} kondensator ulanadi. Bu kondensator uchun ham 2-bandda bajarilgan ishlar takrorlanadi.

4. C_{x_1} va C_{x_2} kondensatorlar ketma-ket ulanadi va yana 2-bandda bajarilgan ishlar takrorlanadi. So'ngra bu ikki noma'lum sig'imli kondensator parallel ulanib tajriba yana 3 marta takrorlanadi.

5. Tajribada topilgan ℓ_1 va ℓ_2 hamda C_0 qiymatlarni (23) formulaga qo'yib har bir kondensatorning sig'imi hisoblab topiladi. Shuningdek, kondensatorlarning

ketma-ket va parallel ulangandagi natijaviy sig'implari ham hisoblanadi. So'ngra, ikki noma'lum kondensatorni ketma-ket va parallel ulashda olinadigan natijaviy sig'im (9) va (12) nazariy formulalar bo'yicha hisoblanib, tajribada olingan natijalar bilan taqqoslanadi.

Tajriba va hisoblash ma'lumotlari quyidagi jadvalga yozib boriladi

Kondensatorlar	№	$C_0(F)$	$\ell_1 (m)$	$\ell_2 (m)$	$C_x(f)$	$< C_x >$	ΔC_x	$< \Delta C_x >$	ε
C_{x_1} - kondensator	1								
	2								
C_{x_2} - kondensator	1								
	2								
C_{x_1} va C_{x_2} ketma-ket ulangan	1								
	2								
C_{x_1} va C_{x_2} parallel ulangan	1								
	2								

NAZORAT SAVOLLARI

1. Elektr sig'imi deb qanday fizik kattalikka aytiladi va u qanday birliklarda o'lchanadi?
2. Kondensator qanday asbob, uning vazifasi nimadan iborat?
3. Kondensatorlarni ketma-ket va parallel ulanganda natijaviy sig'im formulalarga ko'ra topiladi?
4. Kondensatorning o'zgaruvchan tokka nisbatan qarshiligi sig'imiyqarshilik) qanday aniklanadi?
5. Yassi kondensatorning sig'imini aniqlash formulasini keltirib chiqaring.
6. Nima uchun sig'imni o'lchashda o'zgaruvchan tokdan foydalaniladi?
7. Kondensatorning noma'lum sig'imini ko'prik usulda aniqlash formulasini keltirib chiqaring.