

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС  
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ**

---

**«ФИЗИКА» КАФЕДРАСИ**

**Эрназаров Ш.Н.**

**2 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ**

**КОНДЕНСАТОР СИҒИМИНИ УИТСОН КЎПРИГИ ЁРДАМИДА  
ЎЛЧАШ**

**Тошкент – 2009 йил**

## 2 - ЛАБОРАТОРИЯ ИШИ

### КОНДЕНСАТОР СИҒИМИНИ УИТСОН КЎПРИГИ ЁРДАМИДА ЎЛЧАШ

**Ишдан мақсад:** Конденсаторлар билан танишиш ва уларнинг электр сиғим катталигини ўлчаш.

**Керакли асбоб ва буюмлар:** реохорд, телефон ёки осциллограф, сиғимлар магазини, номаълум сиғимли иккита конденсатор, калит, ўзгарувчан ток манбаи.

#### НАЗАРИЙ ҚИСМ

Бошқа ўтказгич ва зарядлардан чексиз ўзоқда жойлашган, яъни яккаланган бир ўтказгичга  $q$  заряд берилса, унда қиймати шу заряд миқдориغا пропорционал бўлган потенциал юзага келади.

Турли ўлчамга ҳамда турли шаклга эга бўлган ўтказгичлар бир хил миқдордаги электр заряд билан зарядланса, уларнинг потенциаллари турлича бўлади.

Ўтказгичга берилган заряд билан шу ўтказгичда юзага келадиган потенциал орасидаги боғланиш чизиқли хусусиятига эга бўлиб, қуйидагича ифодаланади:

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

Бу ерда  $C$ -пропорционаллик коэффициенти бўлиб, уни шу ўтказгичнинг электр сиғими дейилади,

$$(1) \text{ ифодани } C = \frac{q}{\varphi} \quad (2)$$

кўринишда ёзамиз. Бу ифодага кўра, берилган ўтказгичнинг электр сиғими деб, шу ўтказгич потенциалини бир бирликка орттириш учун лозим бўлган заряд миқдориغا тенг бўлган физик катталиққа айтилади.

Халқаро бирликлар системаси (СИ) да электр сиғим бирлиги қилиб **фарада ( $\Phi$ )** олинган. Яккаланган ўтказгичга 1 Кл заряд берилганда унинг потенциаллари 1 В га ортса, шу ўтказгичнинг электр сиғими 1 *Фарада* га тенг бўлади, яъни

$$1\Phi = 1 \text{ Кл} / 1 \text{ В}.$$

Миқдоран 1 *Фарада* га тенг сиғим ниҳоятда каттадир, шу сабабли амалда фараданинг жуда кичик бўлаклари: 1 мкФ =  $10^{-6}$  Ф (микрофарада), 1 нФ =  $10^{-9}$  (нанофарада), 1 пФ =  $10^{-12}$  Ф (пикофарада) қўлланилади.

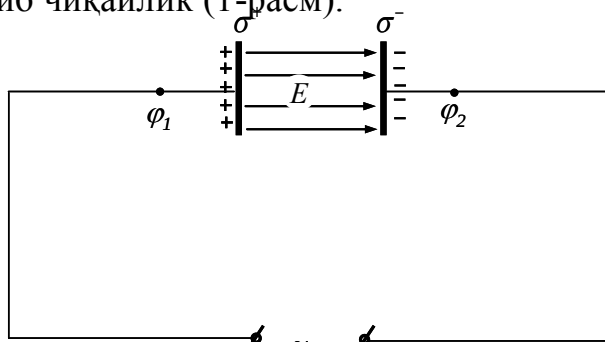
Амалий ишларда ўлчами кичик бўлса ҳам кўпроқ зарядни ўзида тўплай оладиган, яъни катта сиғимга эга бўла оладиган ўтказгичлар системасидан фойдаланишга тўғри келади. Бундай ўтказгичлар системаси **конденсатор** деб аталади. Масалан, бир-биридан диэлектрик муҳит билан ажратилган сирт юзлари тенг иккита ва ундан ортиқ ясси пластинкалардан иборат системага **ясси конденсатор** дейилади. Диэлектрик муҳит билан ажратилган иккита кўшни пластинка қарама-қарши зарядланган бўлади.

Икки пластинкадан иборат ясси конденсаторнинг электр сиғими ҳар бир пластинкадаги заряднинг шу пластинкалар орасидаги потенциаллар айирмаси (кучланиш) га нисбатига тенгдир:

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

Пластинкалар одатда қоплама деб аталади. Шунга кўра, шундай таъриф бериш мумкин: конденсаторнинг электр сиғими унинг қопламалари орасидаги потенциаллар айирмасини бир бирликка орттириш учун зарур бўлган заряд миқдори билан ўлчанувчи катталиқдир.

Қопламалари орасидаги масофа  $d$ , қопламалар юзи  $S$  ва қопламалар орасига қўйилган модданинг диэлектрик сингдирувчанлиги  $\varepsilon$  бўлган ясси конденсаторнинг электр сиғими юқоридаги катталиқлар орқали қандай ифодаланишини кўриб чиқайлик (1-расм).



1-расм

Қопламалар орасидаги потенциаллар айирмаси  $\varphi_1 - \varphi_2$ ,  $U$ -кучланиш,  $E$ -кучланганлик,  $d$ -масофа ўзаро қуйидагича боғланган:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U = Ed \quad (4)$$

Ўз навбатида  $q$  заряд билан зарядланган икки пластинка орасидаги майдон кучланганлиги

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

кўринишда бўлади. Бу ерда  $\sigma$  - қопламадаги заряднинг сирт зичлиги  $\sigma = \frac{q}{S}$ .

(4) ифодадаги майдон кучланганлиги ўрнига (5) ни қўйсак потенциаллар айирмаси учун қуйидаги тенгликни оламиз:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{qd}{\varepsilon_0 \varepsilon S} \quad (6)$$

Бу ифодани (2) тенглик билан таққосласак, изланаётган ясси конденсатор сиғими қуйидаги формула орқали ифодаланишини топиш мумкин:

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

Бундан конденсаторнинг электр сиғимини орттириш учун қопламлар юзасини катталаштириш ёки улар орасидаги масофани кичиклаштириш зарур экан, деган хулосага келиш мумкин. Аммо бу усул билан лозим бўлган

сиғимни ҳосил қилиш ноқулайдир. Бунинг ўрнига бир неча конденсаторни бир-бирига махсус усулларда улаб лозим бўлган сиғимни ҳосил қилиш мумкин.

Бу улаш усуллари икки тури: 1) *кетма-кет улаш*; 2) *параллел улаш* орқали натижавий сиғимларни ҳосил қилиш билан танишайлик.

### 1. Конденсаторларни кетма-кет улаш

Кетма-кет улашда (2-расм) конденсаторларнинг барча пластинкаларидаги заряд миқдори бир хил бўлади, яъни  $q_1 = q_2 = q_3 = \text{const}$ . Қопламалар орасидаги потенциаллар айирмаси ҳар хил бўлади. Бунда  $\varphi_3 - \varphi_1 = (\varphi_3 - \varphi_2) + (\varphi_2 - \varphi_1)$

$U = \varphi_3 - \varphi_1$ ,  $U_1 = \varphi_2 - \varphi_1$ ,  $U_2 = \varphi_3 - \varphi_2$  десак

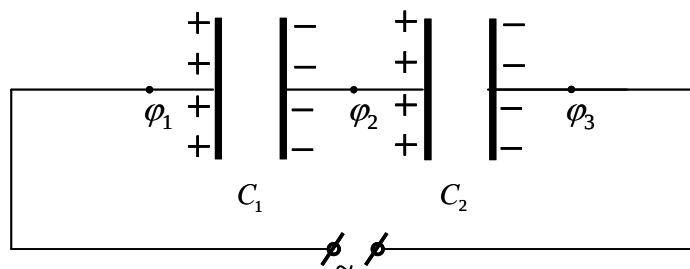
$$U = U_1 + U_2 \quad (8)$$

ифодага эга бўламиз.  $U = \frac{q}{C}$  ;  $U_1 = \frac{q}{C_1}$  ;  $U_2 = \frac{q}{C_2}$ . Демак,  $\frac{q}{C} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2}$ ,  $q$  -

зарядларни қисқартирсак  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$  (9) ифода

келиб чиқади.

Демак, конденсаторлар кетма-кет уланса, умумий сиғим кичиклашади. Кетма-кет улаш схемаси 2-расмда келтирилган.



2-расм

### 2. Конденсаторларни параллел улаш

Параллел уланган конденсаторлар қопламасидаги потенциаллар айирмаси барча конденсаторлар учун бир хил бўлиб,  $\varphi_1 - \varphi_2$  га ( $\Delta\varphi$  га) тенг. Агар конденсаторлар сигими  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  ва ҳоказо бўлса, бу ҳолда ҳар бир конденсатордаги зарядни

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

ифодалар билан аниқлаш мумкин. Барча конденсаторларнинг умумий заряди

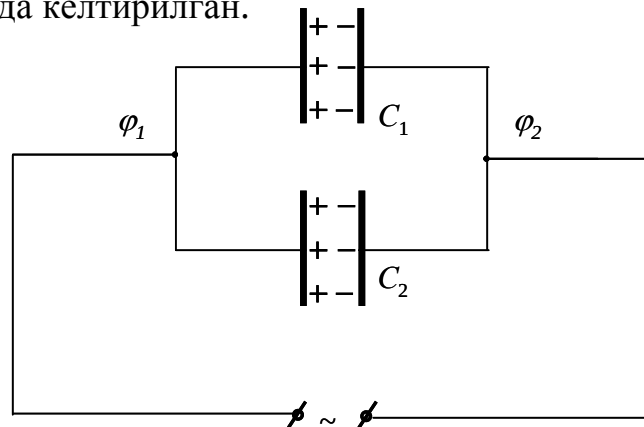
$$q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots \quad (11)$$

(10) ва (11) ифодаларни биргаликда ишлаб чиқсак  $C(\varphi_1 - \varphi_2) = C_1(\varphi_1 - \varphi_2) + C_2(\varphi_1 - \varphi_2) + \dots$  ва умумий сиғими

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

бўлади.

Бундан кўринадикки, умумий сиғим уланган конденсаторлар сиғимлари қийматларининг йиғиндисига тенг бўлар экан. Конденсаторларни параллел улаш схемаси 3-расмда келтирилган.



3-расм

Бу ишда конденсаторларнинг сиғимлари Уистон кўприги ёрдамида аниқланади. Маълумки, конденсатор қопламлари орасида бўш ёки диэлектрик қатлам бўлганлиги сабабли ўзгармас ток конденсатордан ўтмайди. Шу сабабли, ишни бажаришда ўзгарувчан токдан фойдаланилади. Агар конденсаторнинг қопламлари ўзгарувчан ток манбаига уланса, у ҳолда конденсатор қопламлари даврий равишда зарядланиб, зарядсизланиб туради. Шу сабабли конденсаторни ўзгарувчан ток йўлидаги ўтказгич деб ҳисоблаш мумкин.

Кузатилаётган занжир синуслар қонуни бўйича ўзгарувчан электр юритувчи кучи (ЭЮК) бўлган ток манбаига уланган бўлса

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

бу ерда  $\varepsilon$  - ЭЮК нинг ихтиёрий  $t$  моментдаги қиймати,  $\varepsilon_0$  - ЭЮК нинг максимал (амплитудавий) қиймати,  $\omega$  - доиравий частота,  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ .

Конденсатор қопламасидаги заряд миқдорини сиғим формуласига кўра қуйидагича аниқлаш мумкин:

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

Демак, қопламадаги заряд ҳам синуслар қонидаси бўйича ўзгаради. (14) ифодани вақт бўйича дифференциаллаймиз ва бунда заряднинг вақт бўйича ўзгариши ток кучига тенг эканлигини эътиборга оламиз:

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

Бундан кўриниб турибдики, ток кучи ҳам даврий равишда ўзгарар экан. Унинг қиймати максимал ( $\cos \omega t = 1$ ) бўлганда:

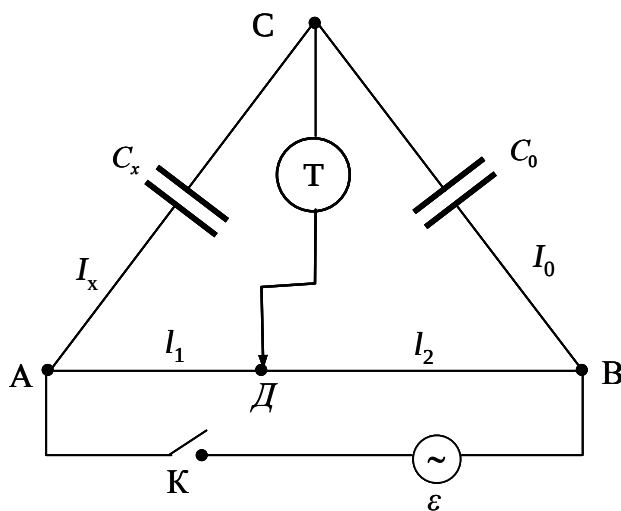
$$I_0 = C\omega\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon_0}{\frac{1}{\omega C}} \quad (16)$$

кўринишга эга бўлади. (16) ифодани Ом қонуни формуласига ( $I = \frac{\varepsilon}{R}$ ) билан таққосласак,  $\frac{1}{\omega C}$  катталиқ қаршилик вазифасини ўташини билишимиз мумкин, уни  $R_c$  деб белгилаб

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

ифодани ёзишимиз мумкин.  $R_c$  - конденсаторнинг сиғимий қаршилиги дейилади.

Конденсаторнинг сиғимини ўлчаш учун қўлланиладиган электр занжир схемаси яъни Уитсон кўприги 4-расмда тасвирланган.



4-расм

Бу схемада  $\varepsilon$  ўзгарувчан ЭЮК манбаи,  $C_0$  -сиғими маълум бўлган конденсатор,  $C_x$  -сиғими ўлчаниши лозим бўлган конденсатор,  $K$  - калит, занжирнинг  $CD$  қисмидаги телефон (Т) кўприк вазифасин ўтайди. Занжирнинг  $A$  ва  $B$  нуқталари реохордга уланган. Телефонга уланган симнинг  $D$  учи реохорд бўйлаб ҳаракатга келтирилиб телефонда ток ўтиши тўхтаган ҳолат топилади.

Бу телефонда товуш бўлмаслигига кўра аниқланади. Бу ҳолатни кўприкнинг мувозанат ҳолати дейилади, бунда  $C$  ва  $D$  нуқталардаги потенциаллар тенглашган бўлади. Реохорд симнинг  $D$  нуқтага нисбатан чап ва ўнг қисмлари узунлиги мос равишда  $\ell_1$  ва  $\ell_2$  деб белгиланади ва улар реохорд елкалари деб аталади. Кўприкнинг мувозанат ҳолати ( $I_g = 0$ ) да 4-расмдаги электр занжирга нисбатан қуйидаги айниятларни ёзиш мумкин:

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

Шунингдек,  $C$  ва  $D$  нуқталарда потенциаллар қийматларининг тенглиги ( $\varphi_c = \varphi_D$ )

дан АСДА контур учун

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

ёки

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

$$\text{Шунингдек, СВДС контур учун } I_0 R_{C_0} = I_2 R_2 \quad (21)$$

ни ёзиш мумкин. (20) ва (21) тенгликларнинг чап ва ўнг томонларининг нисбатини олаемиз, ҳамда ток кучлари учун (18) ифодалардан фойдаланиб номаълум қаршилик учун

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

тенгламага келиш мумкин. Бу ерда  $R_{C_x} = \frac{1}{\omega C_x}$ ,  $R_0 = \frac{1}{\omega C_0}$  бундан

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

ифода келиб чиқади.

Бу ифода номаълум сиғим  $C_x$  ни  $\ell_1$ ,  $\ell_2$  ва маълум  $C_0$  нинг қийматлари орқали топишга имкон беради.

#### *Ишни бажариш тартиби*

1. 4-расм бўйича электр занжири йиғилади. Занжирга сиғими номаълум бўлган  $C_{x_1}$  конденсатор уланади.
2. Д контактни реохорднинг ўртасига қўйилади. Сиғимлар магазинидан шундай  $C_1$  сиғим танлаб олинадики, бунда телефоннинг товуши энг паст (осциллографдаги сигнал минимал) бўлсин. Сўнггра Д контактни реохорд бўйлаб суриб телефондаги товуш (осциллографдаги сигнал) нинг ўзгариши кайд қилиб борилади. Телефонда товуш йўқолиши (осциллографдаги сигнал 0 га тенг бўлиши) билан контактни суриш тўхтатилади. Шу нуқтага нисбатан реохорднинг елкалари узунликлари  $\ell_1$  ва  $\ell_2$  жадвалга ёзиб олинади. Бу тажрибани 3 марта такрорлаш лозим.
3. Сиғими номаълум биринчи конденсатор ўрнига иккинчи номаълум сиғимли  $C_{x_2}$  конденсатор уланади. Бу конденсатор учун ҳам 2-бандда бажарилган ишлар такрорланади.
4.  $C_{x_1}$  ва  $C_{x_2}$  конденсаторлар кетма-кет уланади ва яна 2-бандда бажарилган ишлар такрорланади. Сўнггра бу икки номаълум сиғимли конденсатор параллел уланиб тажриба яна 3 марта такрорланади.
5. Тажрибада топилган  $\ell_1$  ва  $\ell_2$  ҳамда  $C_0$  қийматларни (23) формулага қўйиб ҳар бир конденсаторнинг сиғими ҳисоблаб топилади. Шунингдек, конденсаторларнинг кетма-кет ва параллел улангандаги натижавий сиғимлари ҳам ҳисобланади. Сўнггра, икки номаълум конденсаторни кетма-кет ва параллел улашда олинандиган натижавий сиғим (9) ва (12)

назарий формулалар бўйича ҳисобланиб, тажрибада олинган натижалар билан таққосланади.

Тажриба ва ҳисоблаш маълумотлари қуйидаги жадвалга ёзиб борилади

| Конденсаторлар                              | № | $C_0$ (ф) | $\ell_1$ (м) | $\ell_2$ (м) | $C_x$ (ф) | $< C_x >$ |
|---------------------------------------------|---|-----------|--------------|--------------|-----------|-----------|
| $C_{x_1}$ -конденсатор                      | 1 |           |              |              |           |           |
|                                             | 2 |           |              |              |           |           |
| $C_{x_2}$ -конденсатор                      | 1 |           |              |              |           |           |
|                                             | 2 |           |              |              |           |           |
| $C_{x_1}$ ва $C_{x_2}$<br>кетма-кет уланган | 1 |           |              |              |           |           |
|                                             | 2 |           |              |              |           |           |
| $C_{x_1}$ ва $C_{x_2}$<br>параллел уланган  | 1 |           |              |              |           |           |
|                                             | 2 |           |              |              |           |           |

### НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

1. Электр сиғими деб қандай физик катталиққа айтилади ва у қандай бирликларда ўлчанади?
2. Конденсатор қандай асбоб, унинг вазифаси нимадан иборат?
3. Конденсаторларни кетма-кет ва параллел уланганда натижавий сиғим қандай формулаларга кўра топилади?
4. Конденсаторнинг ўзгарувчан токка нисбатан қаршилиги (сиғимий қаршилик) қандай аниқланади?
5. Ясси конденсаторнинг сиғимини аниқлаш формуласини келтириб чиқаринг.
6. Нима учун сиғимни ўлчашда ўзгарувчан токдан фойдаланилади?
7. Конденсаторнинг номаълум сиғимини кўприк усулда аниқлаш формуласини келтириб чиқаринг.

### АДАБИЁТ

1. Назаров Ў.Қ. «Умумий физика курси» 2-қисм (Электр ва электромагнетизм)  
Тошкент, «Ўзбекистон», 2002 йил.
2. Сафаров А.С. «Умумий физика курси» (Электромагнетизм ва тўлқинлар),  
Тошкент, «Ўқитувчи», 1992 йил.
3. М.Исмоилов, П.Хабибуллаев, М.Халиулин «Физика курси»  
«Ўзбекистон»,  
Тошкент, 2000 йил.
4. Ҳайдарова М.Ш., Назаров Ў.Қ. «Физикадан лаборатория ишлари»,  
Тошкент, «Ўқитувчи» 1989 йил.
5. В.И. Козлов. Общий физический практикум. Электричество и магнетизм Москва, 1987 г.