

## Лекция 4. Оқшауланған өткізгіштердің потенциалы және сыйымдылығы. Бірнеше өткізгіштердің (өткізгіштер жүйесінің) потенциалы, сыйымдылығы. Тұрақты электр тоғы.

**Конденсатор** деп жұқа диэлектрик қабатымен бөлінген екі өткізгіштен тұратын жүйені айтамыз. Ол латынның “condenso”- қоюлату, жинақтау деген сөзінен шыққан. Конденсатор электр энергиясын және электр зарядтарын жинақтау үшін қолданылады. Конденсатордың екі өткізгішін оның жапсарлары деп атайды. Ол жапсарларды шамасы жағынан тең, таңбалары жағынан қарама-қарсы зарядпен зарядтайды. Бұл құрал өзіміз көріп жүрген телевизорларда, радиоқабылдағыштарда, магнитофонда және т.б. электр құралдарында қолданылады.

Тарихы. 1745 жылы Лейден қаласында неміс физигі Эвальд Юрген фон Клейст және голланд физигі Питер ван Мушенбрук тарихта ең алғашқы конденсатор – «лейден банкасын» жасады

Конденсатор астарындағы зарядтың оның тудыратын электр өрісінің потенциалының айырмасына қатынасы конденсатордың электр сыйымдылығы деп аталады.  $C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}$  немесе  $C = \frac{q}{U}$

Конденсатордың түрлері:

1. Сфералық конденсатор
2. Цилиндрлік конденсатор
3. Жазық конденсатор

### 1. Сфералық конденсатор

Егер конденсатор бірінің ішіне бірі орналасқан өткізгіш сфералардан тұрса, онда ондай конденсаторды *сфералық конденсатор* дейді.

Сфералық конденсатордың электр сыйымдылығы келесі формуламен анықталады:

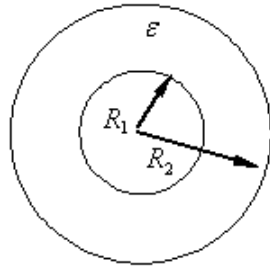
$$C = \frac{4\pi\varepsilon_0\varepsilon R_1 R_2}{(R_2 - R_1)}$$

### 2. Цилиндрлік конденсатор

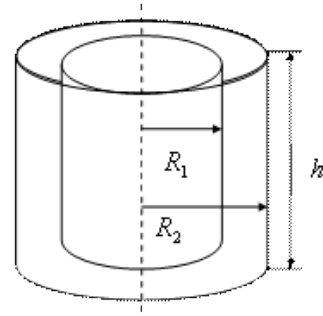
Егер ішкі өткізгіш тұтас металл сым, ал сыртқы өткізгіш цилиндр болса, ондай конденсаторларды *цилиндрлік конденсатор* дейді.

Цилиндрлік конденсатордың электр сыйымдылығы келесі формуламен анықталады:

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon h}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$



1-сурет. Сфералық конденсатор

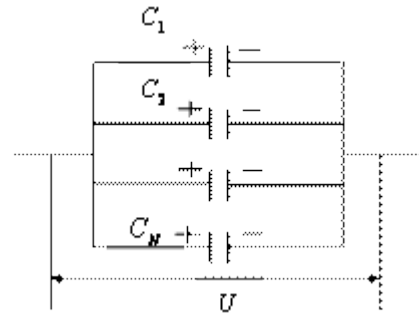


2-сурет. Цилиндрлік конденсатор

### Конденсаторды тізбектей және параллель жалғастыру

1) Конденсаторларды параллель қосу. Параллель жалғанған конденсаторлардың астарларындағы потенциал айырымы бірдей, ал зарядтары әртүрлі. Конденсаторларда шоғырланған зарядтар

$$\left. \begin{aligned} q_1 &= C_1 \Delta \varphi, \\ q_2 &= C_2 \Delta \varphi, \\ \dots\dots\dots \\ q_n &= C_n \Delta \varphi \end{aligned} \right\}$$

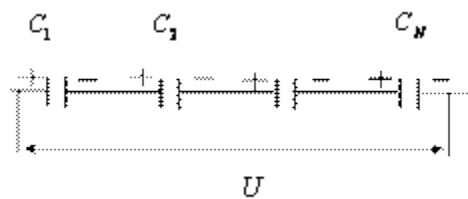


3-сурет. Конденсаторларды параллель қосу

Конденсаторларды параллель қосқан кездегі батареяның толық электр сыйымдылығы келесі формуламен анықталады:

$$C = \sum_{i=1}^N C_i = C_1 + C_2 + \dots + C_N$$

2) Конденсаторларды тізбектей қосу



4-сурет. Конденсаторларды тізбектей қосу

Батареяларға түсірілген кернеу жеке конденсаторларға түсірілген кернеулердің қосындысына тең болады:

$$U = \sum_{i=1}^N U_i = U_1 + U_2 + \dots + U_N$$

Конденсаторларды тізбектей қосқан кездегі батареяның толық электр сыйымдылығы келесі формуламен анықталады:

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_N}$$

## Электр тогы

**Электр тогы** – электр қозғаушы күштің әсерінен зарядтардың (зарядталған бөлшектер немесе дене) бағытталған қозғалысы.

Зарядталған бөлшектер: өткізгіштерде электрондар, электролиттерде — иондар (катиондар мен аниондар), газда — иондар мен электрондар, арнайы жағдайдағы вакуумда — электрондар, жартылай өткізгіштерде электрондар мен кемтіктер (электронды-кемтік өтімділік) болып табылады.

Электр өрісінің әсерінен өткізгіштерде пайда болатын электр тогын өткізгіштік ток деп атайды, ал зарядталған денені тұтастай көшіретін болсақ, онда бұл кезде пайда болатын токты конвекциялық ток деп атайды.

Ортадан электр тогы өткенде келесі құбылыстар байқалады:

1. Электр тогы өткенде орта қызады (электр тогының жылулық әсері).
2. Электр тогы өткенде орта құрамды бөліктерге бөлінеді (электр тогының химиялық әсері).
3. Электр тогы өзін қоршаған ортада магнит өрісін тудырады (электр тогының магниттік әсері).

Электр тогының бағыты шартты түрде өткізгіштердегі оң заряд тасушылардың орын ауыстыру бағыты алынады, бірақ өткізгіштердегі заряд тасушылардың заряды теріс (мысалы, металда электрон) болғандықтан ток бағыты электрондардың бағытына қарсы келеді. Электр тогы өткізгіш бойымен *спиральді* қозғалады.

Токтың **тұрақты ток** (ағылш. *direct current, DC*) және **айнымалы ток** (ағылш. *alternating current, AC*) деп аталатын екі түрі бар.

- **Тұрақты ток** — уақыт бойынша бағыты және шамасы өзгермейді. Тұрақты ток көздері: аккумуляторлар, батареялар. Электрондар - тан + ағылады.

Егер уақыт бойынша заряд тығыздығы өзгеріссіз қалса, онды бұл жекеленген жағдайда электр өрісі тағы статикалық болады

- **Айнымалы ток** — бағыты мен шамасы периодты түрде өзгеріп отыратын электр тогы. Ал техникада айнымалы ток деп ток күші мен кернеудің период ішіндегі орташа мәні нөлге тең болатын периодты ток түсіндіріледі. Айнымалы ток байланыс құрылғыларында (радио, теледидар, телефон т.б.) кеңінен қолданылады.

Электр тогын сандық сипаттау үшін физикалық скаляр шама ток күші енгізілген. *Ток күші* деп - өткізгіштің көлденең қимасынан бірлік уақытта өтетін зарядты айтады.

$$I = \frac{dq}{dt} \text{өлшем бірлігі } [I] = 1A (\text{Ампер})$$

Өткізгіштің қарастырылатын бетінің кез-келген нүктесіндегі электр тогының бағыты мен шамасын анықтау үшін физикалық векторлық шама *электр тогының тығыздығы* енгізілген.

$$j = \frac{dI}{dS} \text{өлшем бірлігі } [j] = 1 \frac{A}{m^2}$$

### Ом заңы

#### *Тізбектің бөлігі үшін Ом заңы*

1826 жыл неміс ғалымы Ом көптеген тәжірибенің нәтижесінде мынадай қорытынды жасады: *тұрақты температурада өткізгіштегі ток күші түсірілген кернеуге тура пропорционал және өткізгіштің кедергісіне кері пропорционал болады.*

$$I = \frac{U}{R}$$

#### *Толық тізбек үшін Ом заңы*

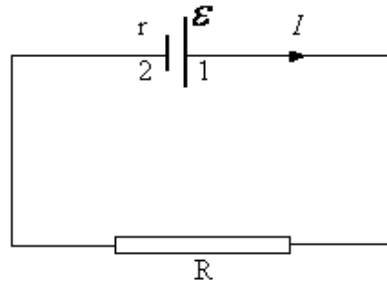
Тізбектегі бөгде күштердің жұмысы сыртқы және ішкі (ток көзінің ішінде) тізбектерде бөлініп шығатын жылу мөлшерлерінің қосындысына тең болады: толық тізбек үшін Ом заңы былай анықталады:

$$I = \frac{\varepsilon}{(R + r)}$$

Осы алынған өрнекті толық тізбек үшін Ом заңы деп атайды.

*Тізбектегі ток күші ток көзінің электр қозғаушы күшіне тура пропорционал және тізбектің толық кедергісіне кері пропорционал болады.*

**Электр Қозғаушы Күш** – электр тізбегіне жалғанған, табиғаты электростатикалық емес энергия көзі. Тек қана электростатикалық күштер тұйық тізбекпен тұрақты токтың үздіксіз жүруін қамтамасыз ете алмайды. Өйткені бұл күштердің тұйық контур бойымен зарядты қозғалтуы үшін жұмсайтын жұмысы нөлге тең, ал ток жүрген кезде әдетте энергия шығыны болады. Сондықтан тұйық контурмен үздіксіз ток жүруі үшін электр тізбегінен тыс басқа бір энергия көзі болу керек. Бұл энергия көзі энергияны сырттан ала отырып, оны зарядтардың қозғалыс энергиясына айналдырады да, қосымша электр өрісін (E) тудырады. Мұндай қосымша электр өрісі күшінің тұйық контур бойымен істейтін жұмысы нөлге тең болмайды: E' шамасы Э. қ. к. деп аталады және оның шамасы бірлік зарядты қозғалтуға кететін электростатикалық емес күштердің жұмысына тең. Потенциал сияқты Э. қ. к.-тің де өлшеу бірлігі – вольт (В).



5-сурет.

Сыртқы тізбекке түсірілген кернеу  $U_{12} = IR$ , мұндағы ток күшін толық тізбек үшін Ом заңымен  $I = \frac{\varepsilon}{(R+r)}$  өрнектегенде, алатынымыз

$$U_{12} = \frac{\varepsilon R}{(R+r)} = \frac{\varepsilon(R+r)}{R+r} - \frac{\varepsilon r}{R+r} = \varepsilon - Ir$$

### *Джоуль-Ленц заңы*

Электр тогы металл өткізгіштер арқылы өткенде электрондар бірде нейтраль молекулалармен, бірде электрондарынан айрылған молекулалармен соқтығысады. Қозғалыстағы электрон өзінің кинетикалық энергиясын жоғалта отырып, нейтраль молекуладан жаңа электронды бөліп алады, да жаңа оң ион түзеді, немесе электронынан айрылған молекуламен (оң ионмен) қосылып нейтраль молекула құрады. Электрондар молекулалармен соқтыққанда энергия жұмсалады, сол энергия жылуға айналады. Кедергіні жеңе отырып жүретін кез келген қозғалыс белгілі энергия жұмсалуды қажет етеді. Мысалы, қайсы бір денені орнынан қозғалту үшін үйкеліс кедергісін жеңу керек. Оған жұмсалатын жұмыс жылуға айналады. Өткізгіштің электр кедергісінің маңызы да үйкеліс кедергісі сияқты болады. Сөйтіп, өткізгіштен ток өткізу үшін ток көзі біраз энергия жұмсайды, сол энергия жылуға айналады. Электр энергиясының жылу энергиясына өтуі Ленц — Джоуль заңымен анықталады. Бұл заңды токтың жылулық әсер заңы деп те атайды.

Орыс ғалымы және ағылшын физигі Джоуль бір мезгілде және бір-бірінен тәуелсіз электр тогы өткізгіш арқылы өткенде, өткізгіште бөлінетін жылу мөлшері ток квадратына, өткізгіш кедергісіне және токтың өткізгіштен өту мерзіміне тура пропорционал болатындығын анықтады. Бұл ереже Ленц — Джоуль заңы деп аталады. Егер ток әрекеті жасалған жылу мөлшерін  $Q$  әрпімен өткізгіштен өтетін ток күшін  $I$  әрпімен, өткізгіш кедергісін  $R$  әрпімен және, токтың өткізгіштен ағып өту уақытын  $t$  әрпімен белгілесек, онда ток күші тұрақты болса Джоуль-Ленц заңы келесі формуламен анықталады:

$$Q = I^2 R \Delta t$$

Кез-келген токтар үшін:

$$Q = \int_t^2 I^2 R \Delta t$$

### **Пайдаланылған әдебиеттер тізімі**

- 1 Марио Льюцци История физики — М.: Мир, 1970 — стр. 173.
- 2 <http://phys.sarwar.kz>
- 3 Матвеев А.М. Электричество и магнетизм М. МГУ 1983г.
- 4 Грабовский Р.И. Курс физики. Санкт-Петербург 2002 г.
- 5 <http://www.studfiles.ru>