

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ  
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ**

**«БАТЫС ҚАЗАҚСТАН ИНДУСТРИАЛДЫ КОЛЛЕДЖІ»  
МКҚК**

**ЖҰМАГЕРЕЕВА АЙДАНА СЕРІКҚЫЗЫ**

**1115000 – ӨНДІРІСТЕГІ ЭЛЕКТРЛІК - МЕХАНИКАЛЫҚ  
ЖАБДЫҚТАР (ТҮРЛЕРІ БОЙЫНША) МАМАНДЫҒЫНЫҢ  
«ЭЛЕКТРЛІК ЖҮЙЕНІ ТАЛДАУ ЖӘНЕ ҚЫЗМЕТІН  
ТЕКСЕРУ» МОДУЛІ  
(Оқу – әдістемелік құрал)**

**Орал, 2019**

УДК 621.3  
ББК 31.2  
9881

«МАМАНДАҒЫРЫЛҒАН БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ АГЕНТТІК»  
ҚАБЫЛДАҒЫ ЖӘНЕ БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ  
СҮЙЕМЕЛДЕУ ЖҮЙЕСІН  
«СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО»  
ПРИНЯТО И ПРОВЕДЕНО БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЕ  
СОПРОВОЖДЕНИЕ

**РЕЦЕНЗЕНТТЕР:**

**Бектасов Б.Ө.** – «Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық – техникалық университеті» аға оқытушы

**Арстанов К.Б.** – «Батыс Қазақстан индустриалды колледжінің» бірінші дәрежелі өндірістік оқу шебері

Жұмагереева А.С.

1115000 – Өндірістегі электрлік - механикалық жабдықтар (түрлері бойынша) мамандығының «Электрлік жүйені талдау және қызметін тексеру» модулі: Оқу әдістемелік құрал/ А.С. Жұмагереева. – Орал: Батыс Қазақстан индустриалды колледжі, 2019. – 60 б.

ISBN 978-601-7062-45-3

Оқу-әдістемелік кешен студенттерге заттардың электрондық құрылысын, электростатика негіздерін, тұрақты токтың электр тораптарын, электрмагнетизм және магниттік тораптарын, бірфазалық айнымалы токтың электр тізбектерін, трансформатор туралы жалпы мағлұматтар, электрлік өлшеу және электр өлшеуіш аспаптар туралы, вольтметрдің өлшеу шегін ұлғайтуды, кедергілерді өлшеу, әмбебап электр өлшеуіш аспаптармен жұмыс жасауды, электроника негіздерін, жартылай өткізгіштік аспаптардың құрылысы туралы үйретеді.

Оқу-әдістемелік кешен «Электрлік жүйені талдау және қызметін тексеру» модулін оқу үшін студенттерге ұсынылады.

УДК 621.3  
ББК 31.2

ҚР ҰЛТТЫҚ КІТӘПХАНАЛАР ПАЛАТАСЫ  
Батыс Қазақстан индустриалды колледжінің Оқу-әдістемелік  
кенесі шешімімен 27 03 2019 ж бекітілді және басылымға  
ұсынылды, хаттама № 5  
НАЦИОНАЛЬНАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ КНИЖНАЯ ПАЛАТА РН  
СТАНДАРТНЫЙ КНИЖНЫЙ НОМЕР ISBN  
ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ДЕЦИМАЛЬНЫЙ КЛАССИФИКАТОР  
БИБЛИОТЕЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ КЛАССИФИКАТОР ЦТРИХ - КОД

ISBN 978-601-7062-45-3

© Жұмагереева А.С., 2019

## МАЗМУНЫ

### 1. Негізгі бөлім

#### 1 бөлім. Кіріспе

1 дәріс. Кіріспе. «Электрлік жүйені талдау және қызметін тексеру» модулінің мақсаттары мен оқу міндеттері

#### 2 бөлім. Электростатика негіздері

2 дәріс. Заттардың электрондық құрылысы

3 дәріс. Электротехникалық материалдар: түрлері және олардың қасиеттері

4 дәріс. Электр өрісі. Кулон заңы. Электр сыйымдылығы.

5 дәріс. Конденсаторлар

#### 3 бөлім. Тұрақты тоқтың электрлік тораптары

6 дәріс. Электр тоғы туралы жалпы түсінік

7 дәріс. Кедергі және өткізгіштік

#### 4 бөлім. Электромагнетизм және магниттік тораптар

8 дәріс. Магнетизм теориясы. Магниттер және олардың қасиеттері

#### 5 бөлім. Бірфазалық айнымалы тоқтың электр тізбектері

9 дәріс. Айнымалы электр тоғы

#### 6 бөлім. Трансформаторлар

10 дәріс. Трансформатор туралы жалпы мағлұматтар

11 дәріс. Қарапайым трансформатордың құрылысын және жұмыс жасау принципін

12 дәріс. Қорғаныштық ажырату

#### 7 бөлім. Электрлік өлшеу және электр өлшеуіш аспаптар

13 дәріс. Электр өлшеуіш аспаптар туралы жалпы мағлұмат

14 дәріс. Кернеуді өлшеу. Вольтметрдің өлшеу шегін ұлғайту

15 дәріс. Кедергілерді өлшеу

16 дәріс. Мегаомметр

17 дәріс. Әмбебап электр өлшеуіш аспап

18 дәріс. Электр қуаты мен энергиясын өлшеу

#### 8 бөлім. Электроника негіздері

19 дәріс. Электрониканың физикалық негіздері. Электрондық эмиссия

20 дәріс. Жартылай өткізгіштік аспаптардың құрылысы

### 2. Практикум

Зертханалық-практикалық жұмыс 1. Конденсаторлардың жалғануы

Зертханалық-практикалық жұмыс 2. Кедергілердің тізбектей, параллель және аралас жалғануы

Зертханалық-практикалық жұмыс 3. Негізгі өткізгіштер мен геометриялық параметрлер және материалдардың нақты кедергілерінің тәуелділігін зерттеу

Зертханалық-практикалық жұмыс 7. Кедергілердің параллель және тізбектей жалғанған кедергілерін зерттеу

Зертханалық-практикалық жұмыс 8. Кирхгофтың 1 және 2 заңы

Зертханалық-практикалық жұмыс 9. Тұрақты тоқтың жұмысы және қуаты

Зертханалық-практикалық жұмыс 10. Тұрақты ток көздерінің ішкі кедергісі және ЭҚК

Зертханалық-практикалық жұмыс 11. Тұрақты ток торапының қуаты

Зертханалық-практикалық жұмыс 12. Электр тоғының жылулық әсері.

Джоуль – Ленц заңы

Зертханалық-практикалық жұмыс 13. Өткізгіштің электр тоғымен қызуы

Зертханалық-практикалық жұмыс 14. Электр тоғының химиялық әсері.

Аккумуляторлар

Зертханалық-практикалық жұмыс 15. Өткізгіштің магнит өрісі. Буравчик ережесі  
Зертханалық-практикалық жұмыс 16. Магниттік өрісінің қасиеттері. Өткізгіштің электр тоғымен ара қатынасы  
Зертханалық-практикалық жұмыс 17. Электромагниттік индукция .Өзіндік индукция  
Зертханалық-практикалық жұмыс 18. Айнымалы токтың негізгі қасиеттері  
Зертханалық-практикалық жұмыс 19. Айнымалы ток торабындағы кедергілер түрлері  
Зертханалық-практикалық жұмыс 20. Айнымалы ток тізбегінің элементтері.  
Зертханалық-практикалық жұмыс 21. Айнымалы ток тізбегінің қуаты  
Зертханалық-практикалық жұмыс 22. Айнымалы ток тізбегінде резонанс құбылысы  
Зертханалық-практикалық жұмыс 23. Үшфазалы айнымалы токты алу  
Зертханалық-практикалық жұмыс 24. Орамаларды жұлдызша бойынша жалғау  
Зертханалық-практикалық жұмыс 25. Орамаларды үшбұрыш бойынша жалғау  
Зертханалық-практикалық жұмыс 26. Үшфазалық токтың қуаты  
Зертханалық-практикалық жұмыс 27. Тұрақты ток электр тізбегінің сызықты еместігін зерттеу  
Зертханалық-практикалық жұмыс 28. Индуктивтік катушканы және конденсаторды зерттеу  
Зертханалық-практикалық жұмыс 29. Синусоидалды токтың таралмаған сызықтық электр тізбегін зерттеу  
Зертханалық-практикалық жұмыс 30. Синусоидалдытоктың таралған сызықтық электр тізбегін зерттеу  
Зертханалық-практикалық жұмыс 31. Трансформатордың жұмыс режимдері  
Зертханалық-практикалық жұмыс 32. Электр өлшеуіш аспаптардағы белгіленулері  
Зертханалық-практикалық жұмыс 33. Ток күшін өлшеу. Амперметрдің өлшеу шегін ұлғайту  
Зертханалық-практикалық жұмыс 34. Негізгі өлшеу жүйесінің жұмыс принципі  
Зертханалық-практикалық жұмыс 35. Электрвакуумдық және иондық аспаптардың құрылысы

### **3. Глоссарий**

### **4. Диагностикалық тексеру блогы**

### **5. Қосымша 1. Бақылау парағы**

### **6. Қолданылған әдебиет тізімі**

## **1. Теориялық бөлім - 45 сағат**

## **1 бөлім . Кіріспе**

### **1 дәріс. Кіріспе. «Электрлік жүйені талдау және қызметін тексеру» модулінің мақсаттары мен оқу міндеттері – 1 сағат**

«Электрлік жүйені талдау және қызметін тексеру» модулінің міндеті – энергетика саласындағы немесе кез-келген электрлі емес мамандықтардың болашақ инженерлерін теориялық және практикалық дайындау.

Пәнді оқыған студент нәтижесінде

#### **білуі керек:**

- электротехниканың негізгі заңдарын;
- электр тізбегін (анализ) сараптау әдістерін, конструкцияларын, қасиеттерін;
- электрондық және электротехникалық құралдардың қасиеттері мен пайдалану аумағын;
- электрлік тізбектер элементтерінің графикалық шартты белгілерін;
- электрлік және магниттік өлшеу мөлшерлерін, электротехникалық терминалогия мен символдарды,
- инженерлік қызметке байланысты, негізгі электрлік шамалар мен кейбір электрлік емес шамаларды өлшеу әдістерін білуді;
- электр техникалық приборлар, аппараттар және машиналарды қосудың практикалық мүмкіндіктерін, оларды басқаруды және тиімді әрі қауіпсіз жұмысын бақылауды;
- электронды сұлбалардағы жұмыс үшін анықтамалық әдебиеттерді қолдана отырып, жартылай өткізгішті аспаптарды және интегралдық сұлбаларды тандай білуі;
- электр сұлбаларын электр қондырғылардың шартты графикалық белгіленулері арқылы оқи білуі және электр жабдықтарының негізгі түйіндерін қолданылуын түсіне білу.

#### **істей білу қажет:**

- ❖ электрлі сұлбаларды оқу, құрастыру;
- ❖ негізгі электрлік және бейэлектрлік шамаларды өлшеу;
- ❖ электрлік және электрондық құралдардың жұмысын сараптау (анализдеу), оларды тізбекке қосу, қауіпсіздігін қамтамасыздандыру;
- ❖ құрылғылар мен қондырғылардың тиімді және қауіпсіз жұмыс істеу шарттарын;

- ❖ электр сұлбаларды есептеу әдістерін қолдануды жасай білу;
- ❖ экспериментальды әдіспен электр техникалық және электрондық элементтер мен қондырғылардың параметрлерін, сипаттамаларын анықтау;

«Электрлік жүйені талдау және қызметін тексеру» білу электрлі және электрлі емес мамандықтардың болашақ инженерлері үшін мына пәндерді оқығанда қажет болады: «Электротехниканың теориялық негіздері», «Электр жетек»; «Электроника»; «Операциялық және техникалық коммуникация»; «Электр жабдықтарын жоспарлау және монтаждау» модульдерімен негізделген.

### **Жалпы әдістемелік нұсқаулық**

Студент модуль бойынша өзіндік жұмыс тапсырмаларын, графикалық-есеп бақылау жұмыстарын берілген әдебиет сілтемелер, әдістемелік нұсқаулар арқылы өз бетінше жасауды үйрену керек. Модульдің үйренудің күрделілігі студенттің өз бетіндік материалдарымен, жұмыс істеуінің сапасына байланысты.

Модульді үйрену үшін келесідей сипаттама беріледі:

- кезекті бөлімді оқулықтан оқу, бағдарламада берілмеген сұрақтармен жұмыс істеу және келтірілген мысалдардағы тапсырмалардың шығарылуын міндетті түрде тексеру;
- негізгі анықтамалар мен формулаларды жазып және оларды есте сақтауға тырысу. Бұл пәннің негізгі элементтерін есте сақтауға ғана емес, материалдарды қаншалықты меңгергенін және қандай тақырыптарды қайталау керек екенін көрсетеді. Күрделі бөлімдерді көбірек қайталап, өзін - өзі тексеруге арналған сұрақтарға жауап беру керек.

Модульлі оқудың қорытынды кезеңі бақылау немесе өзін - өзі тексеруге арналған сұрақтарға жауап беру болып табылады. Модульлі оқып үйренгенде басқа да әдебиеттерді пайдалануға болады, егер студент көрсетілген тізімдегі әдебиеттерді таба алмаса.

Электроэнергетика өте кең ұғым. Жалпы алғанда, электрлік жүйені талдау және қызметін тексеру деп электр энергиясын өндіруді, тасымалдауды және таратуды қарастыратын ғылым мен техниканың саласын айтады.

Электрлік жүйені талдау және қызметін тексеру электртехникалық мамандықтар үшін әртүрлі технологиялық үрдістерде жиі қолданылатын, кең тараған негізгі электрлік қондырғылардың жұмысын түсіну үшін жалпы мағлұмат беретін пән болып есептелінеді. Сондықтан энергетикада тұрақты және айнымалы электр токтары мен тізбектерінің, трансформаторлардың, электрлік өлшеуіш аспаптардың, электр машиналарының құрылысы, әрекеттік парқы және кейбір техникалық параметрлері мен сипаттамалары қарастырылған. Практикалық маңызды саналатын басқару және қорғау аспаптары мен құрылғыларынан, электрлі жетек және электрмен жабдықтаудан да қажетті көлемде мәліметтер келтірілген.

«Электрлік жүйені талдау және қызметін тексеру» модулін оқытудың мақсаты – студенттерді электроэнергетика жүйелерінде қолданылатын электрлік қондырғылар мен аспаптардың теориялық негіздерімен таныстырып, оларда жүріп жататын электромагниттік үрдістерді модельдеуге, талдауға және есептеуге үйрету нәтижесінде болашақ мамандардың электротехника саласы бойынша ғылыми көзқарастарының қалыптасып, жетілуіне мүмкіншілік тудыру, практикада кездесетін электротехникалық мәселелерді ғылыми тұрғыдан түсініп, дұрыс шешімдерін таба білуге дағдыландыру.

Қазіргі кезде адамның барлық материалдық және рухани қажеті - үй- жайы, киім-кешегі, тамағы, көлігі, байланыс және жол-қатынас, кино, теледидар т.б. құрал-жабдықтары электр энергиясын пайдалану және қолдану арқылы өндіріледі, іске асырылады. Электр энергиясы адамзат қолданымындағы басқа энергия түрлерімен салыстырғанда әмбебап энергия болып отыр. Өйткені электр энергиясын басқа энергияларды түрлендіру арқылы оңай алуға, аса көп шығынсыз алыс жерлерге жеткізуге және тұтынушылар арасында оңай таратуға болады. Электр энергиясын пайдалану электрлік және магниттік құбылыстардың нәтижесінде жүзеге асатын жаңа технологиялық үрдістерді туғызады.

### **Өзін-өзі бақылау сұрақтары:**

1. «Электрлік жүйені талдау және қызметін тексеру» модулінің оқыту мақсаттары мен міндеттері?
2. «Электрлік жүйені талдау және қызметін тексеру» модулінің жалпы ұғымдары
3. Қазіргі таңдағы энергетиканың даму тарихын атау

## 2 бөлім. Электростатика негіздері

### 2 дәріс. Заттардың электрондық құрылысы – 1 сағат

Органикалық заттардың құрамына кіретін негізгі элемент – көміртек. Сондықтан А.М.Бутлеров органикалық химияны көміртек қосылыстарының химиясы деген екен.

Алайда, бейорганикалық химия көміртек оксидтері ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ) және оның тұздары (карбонаттар), көгертікші ( $\text{HCN}$ ) және роданды сутек қышқылдары ( $\text{HCNS}$ ) және олардың тұздары қарастырса, органикалық химия – көмірсутектер және олардың туындыларының химиясы. Органикалық заттар ( $\approx 10$  млн), бейорганикалық заттарға ( $\approx 600$  мың) қарағанда әлдеқайда көп. Олардың ерекшеліктері төмендегідей:

- 1) балқу және қайнау температуралары төмен;
- 2) температура әсерінен оңай ыдырайды;
- 3) органикалық заттар жанады, жану өнімдерінде  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  болады;
- 4) органикалық заттар арасындағы реакциялар баяу жүреді, өйткені реакцияларға түсуші заттардағы химиялық байланыс – ковалентті;
- 5) органикалық заттардың әрекеттесуі нәтижесінде түзілетін заттар шығымы төмен.

Органикалық заттар құрамына кіретін элемент көміртек басқа элемент атомдарымен байланысып қана қоймай, олар өзара да байланыс түзуінен түзу, тармақты, тұйық тізбекті қосылыстар береді. Органикалық химияда жаңа түсініктер және құбылыстармен танысамыз: органикалық радикал, функционалдық топ, изомерия, гомология, атомдар мен атомдар топтарының өзара әсері.

Жер бетінде тіршілік ететін барлық жан-жануарлар және өсімдіктердің тіршілік ету үдерістері тікелей органикалық заттар және олардың араларындағы реакцияларға байланысты. Органикалық заттардың табиғи көздері: мұнай, табиғи газ, тас көмір, жанғыш шымтезек (сланцы), торф, ағаш және ауылшаруашылық өндірісінің өнімдері мен қалдықтары.

Органикалық химия кейінгі кезде жақсы дамып келе жатқан сала. Ғылыми-техникалық прогресс нәтижесінде мұнай және газ өндіру және оның өнімдерін өңдеу ісі жолға қойылуына байланысты қазіргі кезде машина, ұшақ, транспорт құрылысы, ауыл шаруашылығы және медицинаны органикалық химиясыз елестетуге болмайды. Органикалық заттар халық шаруашылығының бар салаларында қолданыс табуда: лак-бояу, фармацевтика, тамақ өнеркәсібінде жылу, тері өңдеу, тоқыма өнеркәсібінде т.т. Құрылыс индустриясында пластмассалар, полимерлі цементтер, полимерлі бетондар, желімдер мен нығыздатқыш (герметик), кремний органикалық және беттік белсенді заттар тағы басқа өнімдер кеңінен қолданылады.

Органикалық химия салыстырмалы алғанда жас ғылымға жатады. Алайда, адам баласы өзі тіршілік ете бастағаннан-ақ тері өңдеу, әртүрлі өсімдіктердің тұнбасын, сірке суын, сабын алу, мата бояу жұмыстарын



атқару кезінде көптеген органикалық заттармен оның өзгерістерін жүзеге асырды.

Жинақталған көптеген экспериментті материалдарды жүйеге келтіру және жаңадан алынатын фактілерді түсіндіру үшін теория қажет болды. Органикалық химияның алғашқы теориясы – «радикалды теориясы» (Берцелиус, Дюма, Либих, Велер, Гей-Люссак).

Өткен ғасырдың 40- жылдары «типтер теориясы» (Жерар, Лоран, Дюма) дүниеге келді. Ал, атом-молекулалық ілім негізінде 1860 жылы орыстың ғалымы А.М. Бутлеров органикалық заттардың құрылыс теориясын ұсынды. Теориясының негізгі идеяларын 1861 жылы «Заттардың химиялық құрылысы туралы» еңбегінде жариялаған қағидалары төмендегідей:

1) органикалық заттар құрамына кіретін атомдар бір-бірімен өздерінің валенттіліктеріне сай белгілі бір байланыстар түзеді, көміртек- төрт валентті;

2) зат қасиеттері а) оның құрамына кіретін атомдардың сапалық және сандық құрамына (**гомологтық қатар**); ә) атомдар мен атомдар топтарының байланысу ретіне (**изомерия**); б) атомдар және атомдар топтарының бір-біріне әсер етуіне тәуелді (индуктивті, мезомерлі эффект).

А.М.Бутлеровтің химиялық құрылыс теориясының маңызы зор. Бұл теория көмегімен көптеген қосылыстардың алынуы мен физико-химиялық қасиеттерін болжау мүмкіндігі туады.

### **Өзін-өзі бақылау сұрақтары:**

1. Органикалық заттардың құрамына кіретін негізгі элемент
2. А.М.Бутлеровтың құрылыс теориясы
3. Резерфордың құрылысын атау

### **3 дәріс. Электротехникалық материалдар: түрлері және олардың қасиеттері – 1 сағат**

Металдар дегеніміз– электр тоғы мен жылуды жақсы өткізетін, пластикалық қасиеті жоғары, жылтыр заттар. Мұндай қасиеттердің болуы металдардың ішкі құрылымымен байланысты. Сынаптан басқа металдардың кристалдық торкөздерінде металл атомдары орналасқан. Олар бір-бірімен металдық байланыспен байланысады. Металдардың иондану энергиясы аз болғандықтан олардың валенттік электрондары оңай бөлініп, бүкіл кристалдың бойында еркін қозғала алады. Сондықтан олардың жиынтығын электрон газы деп те атайды. Су ерітінділеріндегі реакциялар үшін металдың активтілігі оның активті қатардағы орнына байланысты. Металдардың қаттылығы мен температураға төзімділігі күнделікті тәжірибеде шешуші рөл атқарады. Егер шыны хроммен кесілсе, алцезийді адам тырнағымен-ақ кесе алады. Кейбір металдар жұмсақ (мәселен: күміс, алтын, т.б.) болғандықтан таза металдардың орнына олардың бір-бірімен құймалары қолданылады. Ең алғаш алынған құймалардың бірі – қола.

Темір мен оның құймалары (шойын, болат) қара металдар, ал қалғандары түсті металдар; алтын, күміс, платина химиялық реактивтерге төзімділігіне байланысты асыл металдар; сумен әрекеттесіп сілті түзетін металдарды сілтілік (Li, Na, K, Rb, Cs), ал жер қыртысының негізін құрайтындарын сілтілік жер металдар; массалық үлесі 0,01%-дан аспайтындарын сирек металдар деп атайды. Өнеркәсіпте металдарды негізінен пирометаллургия, гидрометаллургия және электрметаллургия әдістерімен алады. Металдар электр сымдарын, тұрмысқа қажет бұйымдар (қазан, балға, т.б.) жасауда, т.б. кеңінен қолданылады.

Табиғатта көп кездесетін металдар қатарына жатады:

- Al (8,8%)
- Fe (4,65%)
- Ca (3,6%)
- Na (2,64%)
- K (2,5%)
- Mg (2,1%)
- Ti (0,57%)

Металдардың қасиеттері:

- Химиялық (ерігіштік, коррозиялық беріктік, қышқылдану және т.б.)
- Механикалық (беріктілік, аққыштық, иілгіштік, қаттылық, тұтқырлық және т.б.)
- Технологиялық (созылымдылық, балқытылу және т.б.)
- Физикалық (түс, тығыздық, балқығыштық, магниттік және т.б. қасиеттері)

Металдардың механикалық қасиеттері, металдарға түскен жүктемеге қарсыласуын сипаттайды. Ал, металдардың механикалық сипаттамасы олардың қасиеттерін сандық түрде сипаттайды.

Металдардың негізгі механикалық қасиеттеріне: беріктілік, аққыштық, иілгіштік, қаттылық, тұтқырлық және т.б. жатады.

Металдардың механикалық сипаттамасына:

- уақытша кедергі-беріктіліктің шегі, созылу кезіндегі беріктіліктің шегі- ең үлкен жүктемеге сәйкес келетіндей шартты кернеу, ол үлгінің бұзылуына әкеліп соғады;
- нақты кернеу;
- аққыштықтың физикалық шегі :  $\sigma_T = P_T / F_0$
- аққыштықтың шартты шегі;

- пропорционалдылықтың шартты шегі:  $\sigma_{пц} = P_{пц} / F_0$
- беріктік шегі:  $\sigma_b = P_b / F_0$

### ***Беріктік***

Беріктік — материалдардың белгілі бір жағдайлар (күйлер) мен шектерде қандай да бір әсерлерді (салмақ түсу, температураның өзгерісі, магнит, электр, т.б. өрістері, кебу немесе ісіну, т.б.) қабылдай отырып, бүлінбей сақталу қасиеті; сыртқы күштердің әсерінен қалпының өзгеруіне және бұзылуына қарсыласатын қатты дененің қасиеті.

Беріктіктің әр түрлі жағдайдағы өлшемдеріне пропорционалдық шегі, аққыштық шегі, сырғымалық шегі, беріктік шегі, т.б. жатады.

### **Өзін-өзі бақылау сұрақтары:**

1. Электртехникалық материалдардың түрлерін атаңыз
2. Металлдардың түрлері
3. Диэлектрлі материалдар дегеніміз не?
4. Диэлектрлі материалдардың түрлері?
5. Металлдардың физикалық, химиялық және электрлік қасиеттерін атаңыз
6. Беріктік дегеніміз не?

### **4 дәріс. Электрлік өріс. Кулон заңы. Электр сыйымдылығы**

Қазіргі заманда электр энергиясының барлық өнеркәсіп салаларында, транспортта, ауыл шаруашылығында және үй тұрмысында кеңінен қолданылуы оның басқа энергиямен салыстырғанда ерекше артықшылықтары болуымен түсіндіріледі. Электр энергиясын басқа энергия түріне немесе басқа энергияны электр энергиясына түрлендіру айтарлықтай жеңіл іске асады, оны алыс жерлерге тасымалдау ыңғайлы және арзан, тұтынушылар арасында оны бөлшектеп, ұсақтап таратуға болады. Электр энергиясын өндіру, тарату және өндіріс пен тұрмыста қолдану үрдістері электротехникалық қондырғылар арқылы жүзеге асады. Олардың жұмыс істеу принциптері электрлік және магниттік құбылыстарға негізделген. Бұл құбылыстар туралы ағылшын ғалымы У. Гильберт жазған, 1600 жылы жарық көрген алғашқы ғылыми еңбекті электр және магнит жайлы ілімдердің қалыптасуының басталуы деп санайды. 1729 жылы ағылшын ғалымы С.Грей электрді өткізетін және өткізбейтін заттар болатындығын, ал 1730 жылы француз ғалымы Ш. Дюфе электр заряды екі түрлі екендігін ашты. 1749 жылы Лейден университетінің профессоры П. Мушенбрек ойлап тапқан конденсатордың көмегімен электрді жинап, оның қорын жасау мүмкіндігі туды. Орыс ғалымдары М.В. Ломоносов пен Г.В. Рихманның, ағылшын ғалымы В. Франклиннің, итальяндық ғалымдар Л. Гальвани мен А. Воль-

таның еңбектері нәтижесінде жайтартқыш (1753 ж.) пен электр энергиясының көздері - гальваникалық элементтер (1791ж.) мен Вольта бағанасы (1800 ж.) - жасалып, электрлік құбылыстар туралы ілім дами түсті. 1785 жылы француз ғалымы Ш.О.Кулонның электрлік зарядталған заттардың өзара механикалық әрекеттесуін, сонымен қатар магнит полюстерінің магниттік массаларының өзара механикалық әрекеттесуін сипаттайтын заңдылықтар туралы еңбегі жарық көрді. Магниттік құбылыстардың нақты табиғатын ашу 19 ғасырдың басында ғана мүмкін болды. Бұл кезде электрлік құбылыстар мен магниттік құбылыстардың арасында тығыз байланыс бар екендігін дәлелдейтін ғылыми жаңалықтар ашылды. 1820 жылы дат ғалымы Г.Х.Эрстед электр тогының магнит тіліне әсер ететіндігін тәжірибелік жолмен анықтады. Сол жылдың соңына таман француз ғалымдары Ж.Био және Ф.Савар ұзын түзу өткізгіш арқылы жүріп тұрған электр тогының магнит тіліне әсер ететін күшінің аналитикалық өрнегін қорытып шығарды. Француз ғалымы А.М. Ампер өткізгіштердің бойымен жүріп тұрған токтардың өзара әрекеттесу күшіне қатысты заңдылықты ашты. Бұл жаңалықтар электр тогының өткізгішпен жүруі магниттік құбылыстар тудыратындығын дәлелдеді. 1827 жылы неміс физигі Г.С.Ом өзінің есімімен аталатын заңын ашты. 4 Магнит құбылыстарын пайдаланып, электр тогын алу мақсатында ұзақ жылдар бойы жүргізген зерттеулерінің нәтижесінде 1831 жылы М.Фарадей электромагниттік индукцияны ашты. 1833 жылы орыс ғалымы Э.Х.Ленц индукциялық токтың бағытын анықтайтын ережені тұжырымдады және электр машиналарының қайтымдылық қасиеттерін анықтады. Сонымен қатар, ол 1842 жылы, Д.М.Джоульдан тәуелсіз, электр тогының жылулық әсерін сипаттайтын электротехниканың маңызды заңы - Джоуль-Ленц заңын ашты. 1873 жылы ағылшын ғалымы Д.К.Максвелл өзінің классикалық еңбегі «Электр мен магнетизм туралы трактатында» электромагниттік өрістің теориялық негізін математика тілінде түсіндіріп, М. Фарадейдің электр және магнит құбылыстары жайындағы ілімін одан әрі дамытты. Максвеллдің электромагниттік өріс туралы теориясын тәжірибе жүзінде неміс ғалымы Г.Герц (1886-1889) дәлелдесе, орыс ғалымы Г.Н.Лебедев өзінің еңбегінде жарықтың (электромагниттік толқынның) қысымы болатындығын тәжірибелік жолмен анықтады. Электромагниттік толқындар арқылы алысқа сымсыз хабар беру мәселесін орыс ғалымы А.С. Попов 1895 жылы жүзеге асырды. Электромагниттік құбылыстарға қатысты теориялық мәселелер жиынтығы ішінде, әсіресе электрлік және магниттік тізбектер теориясы қарқынды дамыды. 1904 жылы профессор В.Ф. Миткевич Петербург политехникалық институтында «Электр және магниттік құбылыстар теориясы», ал кейіннен «Айнымалы токтар теориясы» курсы бойынша дәрістер оқи бастады. Бұл теориялық пәндер кейін жаңа физикалық

идеяларға, электромагниттік құбылыстарды зерттеудің жаңа теориялық және тәжірибелік тәсілдеріне және олардың техникада өте тез қолданылуына сәйкес өзгеріске түсіп, дамып, қазіргі кезде «Электротехниканың теориялық негіздері» аталатын пәнге айналды. «Электротехниканың теориялық негіздері» курсының мақсаты – студенттерді электроэнергетика, электрлік байланыс, электротехнология, автоматтандыру және басқару жүйелерінде қолданылатын электрондық, электрлік қондырғылар мен аспаптардың теориялық негіздерімен таныстырып, электромагниттік үрдістерді, талдауға және есептеуге үйрету нәтижесінде болашақ мамандардың электротехника саласы бойынша ғылыми көзқарастарының қалыптастыру. Ұсынылып отырған құралы тұрақты токтың, бір фазалы мен үш фазалы синусоидалы токтың және периодты синусоидалы емес токтың сызықты тізбектерінің негізгі заңдарымен, қасиеттерімен және оларды есептеу тәсілдерімен таныстырады. Бұл оқу құралында теориялық материалдарды терең меңгеру үшін толық шешімдері бар мысалдар келтірілген және әрбір тақырыптың соңында студенттер өз білімін тексеруге арналған бақылау сұрақтары мен есептері берілген.

**Кулон заңы** — екі нүктелік электрикалық зарядтардың өзара әсерін сипаттайтын заң. Тыныштықтағы екі нүктелік зарядталған денелердің өзара әсерлесу заңы бүкіл әлемдік заңға ұқсас деген пікірлер XVIII-ғасырдың ортасында туа бастады. Осы пікірдің дұрыстығын 1785 жылы француз ғалымы Ш.Кулон дәлелдеді. Кулон заңы бойынша

тыныштықтағы екі нүктелік зарядтар зарядтардың модульдерінің көбейтіндісіне тура пропорционал, ара қашықтықтың квадратына кері пропорционал, таңбасы зарядтардың таңбаларының көбейтіндісімен бірдей, ал бағыты екі зарядты қосатын түзу бойымен бағытталған күшпен өзара әсер етеді.

### ***Кулон тәжірбиесі***

Ол жіңішке серпімді сымға ілінген және шыны цилиндр тәрізді ыдыста орналастырылған шыны таяқшадан тұратын қондырғы-иірілмелі таразыны қолданды. Таяқшаның бір ұшына кішкене металл шар бекітті, ал екінші ұшына оны теңгеріп тұратын жүк ілді. Жіптің жоғарғы ұшын оның ширатылу бұрышын анықтауға арналған бөліктері бар шкалаға бекітті. Ыдыстыңындағы саңылау арқылы дәл сондай басқа сынақ шар енгізді. Содан соң шарларға оң заряд берді және олар бір-бірімен өзара әрекеттесті. Ал олардың әрекеттесу күшінің шамасын жіптің ширатылу бұрышына қарап анықтады. Өлшемдері электрленген шардың өлшемдерімен бірдей, заряды жоқ үшінші шардың көмегімен Кулон алдыңғысының зарядын тең екіге бөлді. Осылайша, Кулон тәжірбиелерін қорыта келе, шарлардың өзара әрекеттесу күші олардың арақашықтығының квадратына кері, ал шарлардың

зарядтарының көбейтіндісіне пропорционал екенін анықтады. Әрі, олардың әрекеттесу күші әр ортада әртүрлі екенін байқап, ортаның диэлектрик өтімділігі деген шама енгізді. Ол әр ортада әртүрлі мәнге ие. Оған қоса, Кулон электр тұрақтысы деген шаманы енгізді

Заң орындалу үшін мына шарттар орындалуы маңызды:

1. зарядтардың нүктеде болуы — яғни зарядталған денелер ара қашықтығы олардың өздерінің өлшемінен әлдеқайда үлкен болу керек — әйтсе де сфералық симметриялы бір бірімен қиылыспайтын көлемді үлестірілген зарядты екі дене өзара әсер ететін күші сол денелердің симметриялық ортасында орналасқан эквивалентті нүктелік зарядтардың әсер ететін күшіне тең екенін дәлелдеуге болады;
2. олар тыныштықта, қозғалыссыз болуы. Болмаса басқа да күштер пайда болады: қозғалмалы зарядтың магнитөрісі және оған сәйкес басқа қозғалмалы зарядқа әсер ететін Лоренц күші;
3. вакуумда орналасулары керек.

Дегенмен аздаған өзгерістермен заң ортада және қозғалмалы зарядтар үшін де орындалады.

Векторлы түрде Ш. Кулон заңы тұжырымы былай жазылады:

$$\vec{F}_{12} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{12}^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r_{12}},$$

мұндағы  $\vec{F}_{12}$  — 1 заряд 2 зарядқа әсер ететін күш;  $q_1, q_2$  — зарядтар шамасы;  $\vec{r}_{12}$  — радиус-вектор (модуль  $r_{12}$ -ге тең 1 зарядтан 2 зарядқа бағытталған вектор);  $k$  — пропорционалдық коэффициенті. Осылайша, заңға сәйкес біртекті зарядтар бір-бірін итереді (ал әртекті — тартады).

### Өзін-өзі бақылау сұрақтары:

1. Кулон заңын айқындаңыз
2. Электр сыйымдылықтың формуласын көрсету
3. Гаусс теоремасына анықтама беру

### 5 дәріс. Конденсаторлар – 1 сағат

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. 1745 жылы Лейден қаласында неміс физигі Эвальд Юрген фон Клейст және голланд физигі Питер ван Мушенбрук тарихта ең алғашқы конденсатор – «лейден банкасын» жасады. Өткізгіштің электр сыйымдылығы мынандай факторларға байланысты өзгереді:

1. Өткізгіштің электрсыйымдылығы оған екінші зарядталмаған өткізгішті жақындатқанда артады;
2. Екінші өткізгішті жерге жалғау бірінші өткізгіштің электрсыйымдылығын арттырады;
3. Қатты диэлектриктің болуы жүйенің электрсыйымдылығын арттырады;
4. Диэлектриктің қалыңдығын азайтса, өткізгіштер жүйесінің сыйымдылығы артады;
5. Диэлектриктің диэлектрик өтімділігі артқанда, жүйенің электрсыйымдылығы артады;
6. Өткізгіштердің бір-бірімен айқасу ауданын арттырғанда жүйенің электрсыйымдылығы артады;

Конденсаторларды сыртқы механикалық әсерлерден қорғау үшін оларды арнайы корпустармен қаптайды. Конденсаторды схемада мына түрде белгілейміз:

ГОСТ 2.728-74 бойынша белгіленуі	Сипаттамасы
	Тұрақты сыйымдылығы бар конденсатор
	Поляризацияланған конденсатор
	Айнымалы сыйымдылығы бар конденсатор
	Варикап

Сипаттық тағайындалуына қарай конденсаторларды шартты түрде жалпы және арнайы қолданыстағы конденсаторлар деп бөлуге болады:

- Жалпы қолданыстағы конденсаторларға кең тараған төмен вольтты конденсаторлар жатады және олар құралдар мен аппараттардың көптеген түрлерінде қолданылады
- Ал қалған конденсаторлардың барлығы арнайы қолданыстағы конденсаторлар деп аталады. Оларға жоғарғы вольтты, импульстік, бөгетті жойғыш, дозиметриялық және т.б конденсаторлар жатады.

Конденсатордың негізгі сипаттамасы оның электрсыйымдылығы болып табылады. Ол конденсатордың электрзарядын жинақтау қабілетін көрсетеді. Сыйымдылықтың анықтамасы бойынша конденсатордың жапсарларындағы заряд оның жапсарларының арасындағы кернеуге тура пропорционал. Конденсатордың сыйымдылығы әдетте 1 пФ–тан жүздеген мкФ–қа дейін, сонымен бірге сыйымдылығы ондаған Ф–қа дейінгі конденсаторлар да кездеседі. Сонымен қатар конденсаторларды жапсарларының пішініне қарай жазық, цилиндр тәріздес, шар тәріздес және т.б деп бөледі.

### Өзін-өзі бақылау сұрақтары:

1. Конденсатор дегеніміз не?
2. Конденсатордың құрылымын атаңыз
3. Конденсатордың жұмыс жасау принципі
4. Өткізгіштің электрсійымдылығының факторларларын атаңыз
5. Конденсатордың негізгі сипаттамасы

### 3 бөлім. Тұрақты тоқтың электрлік тораптары 6 дәріс. Электр тоғы туралы жалпы түсінік

Электр тізбегі деп ЭҚК, ток, кернеу ұғымдарымен түсіндірілетін, электр тоғы жүретін, өзара бір-бірімен сымдар арқылы жалғасқан электр энергия көздерінің, электр энергиясын тұтынушылардың және бақылау, өлшеу аспаптарының жиынтығын айтады.

Электр энергияның көздерінде энергияның басқа түрлері (механикалық, жылу, жарық, химиялық және т.б.) электр энергиясына түрленеді, ал электр энергиясын тұтынушыларда (қабылдағыштарда), керісінше, электр энергиясы энергияның басқа түрлеріне түрленеді.

Электр тізбегінің түрлері.

- ❖ ток түріне байланысты: тұрақты, айнымалы ток тізбектері; бір және үш фазалы немесе көп фазалы ток тізбектері;
- ❖ тізбектің элементтерінің вольтамперлік сипаттамасына байланысты: сызықты және сызықты емес электр тізбектері;
- ❖ тізбектегі электр энергиясы көздерінің (қоректендіргіштердің) санына байланысты: бір қоректендіргіші бар және бірнеше қоректендіргіші бар электр тізбектері;
- ❖ элементтерді өзара жалғау әдістеріне байланысты: тармақталмаған және тармақталған тізбектер.

Электр тізбегінің сұлбасы - тізбектің элементтерін және олардың өзара жалғану ерекшеліктерін шартты түрде графикалық жолмен бейнеленуі. Электр тізбектерін әртүрлі мақсаттағы жұмыстарды орындау үшін графикалық түрде кескіндейді. Электр тізбегінің шартты белгілер арқылы келтірілген графикалық кескіні электрлік сұлба деп аталады.

Электрлік сұлбалар мақсатына қарай монтаждық, функциялық, орынбасарлық т.с.с. болып бөлінеді. Шартты белгілердің графикалық



кескінін және мөлшерін халықаралық шартты белгілерге сәйкестендіре отырып Мемлекеттік Стандарт қабылдаған. Сондықтан олардың кескінін және мөлшерін бұрмалауға болмайды.

Тізбектің бір ток жүретін бөлігі тармақ, үш не одан да көп тармақтардың қосылған нүктесі түйін, тізбектің ток жүретін кез-келген түйықталған бөлігі өнбой (контур) деп аталады.

Электр тізбегіндегі әрбір қондырғы, құрылғы немесе аспап тізбектің элементі деп аталады. Тізбек элементтерін, шартты графикалық белгілермен қатар, шартты әріптермен белгілеу де қабылданған.

Ток жоқ кезде қысқыштарында кернеуі бар элемент активті, ал ток жоқ кезде кернеуі де жоқ элемент пассивті элемент деп аталады. Қорек көздері активті де, ал электр қабылдағыштар пассивті болып табылады.

Әрбір пассивті элементтің кернеуі, тогы және кедергісі Ом заңы бойынша байланысқан:

$$U = RI, \quad (1.1)$$

мұндағы:  $U$  – кернеу, В;  $R$  – кедергі, Ом;  $I$  - ток күші, А.

Электр қозғаушы күші және ішкі кедергісі бар электр энергиясының көзі электр қозғаушы күш көзі (ЭҚК) деп аталады. Егер ЭҚК көзіне электр қабылдағыш қосса, онда тізбекпен жүретін ток

$$I = \frac{E}{R + R_i} \text{ мұндағы: } E - \text{эл} \quad (1.2)$$

Электр қозғаушы күш,  $E$ ;  $R$  - электр қабылдағыштың кедергісі, Ом;  $R_i$  - ЭҚК көзінің ішкі кедергісі, Ом.

Тізбек элементінің кернеуі деп оның басы мен аяғының арасындағы потенциалдар айырымын айтады. Оны, яғни  $RI$  көбейтіндісін, кернеудің түсуі немесе кемуі деп те атайды.

Электр тізбегінде элементтер бірізді (тізбектей), параллель және аралас түрде жалғанады. Егер тізбек элементтері олармен бір ток өтетіндей етіп, яғни бірінің аяғы екіншісінің басымен, екіншінің аяғы үшіншісінің басымен т.с.с. жалғанса, онда мұндай жалғануды бірізді (тізбектей) жалғау деп атайды. Егер тізбек элементтері бір кернеулі болатындай етіп, яғни бастары бір түйінделіп, ал аяқтары өзара бір түйінделіп жалғанса, онда мұндай жалғануды параллель жалғау деп атайды.

### Өзін-өзі бақылау сұрақтары:

1. Электр тізбегі дегеніміз не?
2. Электр тізбегінің түрлері
3. Электр тізбегінің сұлбасы

### 7 дәріс. Кедергі және өткізгіштік

Еркін зарядталған бөлшектердің реттелген немесе бағытталған қозғалысын электр тогы деп атайды.

Электр тогының бағытына оң зарядталған бөлшектердің қозғалыс бағыты алынған.

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

$$I = \frac{dq}{dt},$$

өлшем бірлігі  $[I] = 1A$  (Ампер).

Бағыты мен шамасы өзгермейтін электр тогын тұрақты электр тогы деп атайды.  $I = const.$

$$I = \frac{q}{t},$$

мұндағы:  $q$  - өткізгіштің көлденең қимасынан  $t$  уақытта өтетін зарядтың мөлшері.

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

$$j = \frac{dI}{dS},$$

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

Ток тығыздығының бағыты сол нүктедегі ток күшінің бағытымен сәйкес келеді және өткізгіштің көлденең қимасына перпендикуляр бағытталады.

$$I = \int_S j dS.$$

Кез келген токтар үшін

Тұрақты электр тогы үшін ( $I = const$ ) ток тығыздығы  $j = \frac{I}{S}$  формуласымен анықталады.

Ток күшін және ток тығыздығын өткізгіштегі зарядтардың реттелген қозғалысының жылдамдығы, концентрациясы арқылы өрнектейік. Өткізгіштегі заряд тасушылар концентрациясы  $n$  және оның әрқайсысының заряды  $q_0$ -ге тең болса, онда  $dt$  уақыт ішінде ауданы  $S$  көлденең қима арқылы өтетін зарядтар шамасы:

$$dq = nq_0 S v dt,$$

мұндағы:  $v$  - өткізгіштегі еркін электрондардың реттелген қозғалысының орташа жылдамдығы.

Ток күші:

$$I = \frac{dq}{dt} = \frac{nq_0 S v dt}{dt} = nq_0 S v,$$

$$I = nq_0 S v.$$

Ток тығыздығы:

$$j = \frac{I}{S} = \frac{nq_0 S v}{S} = nq_0 v,$$

$$j = nq_0 v.$$

Ортада электр тогы болу үшін қажетті шарттар:

1. Ортада еркін зарядталған бөлшектер болуы қажет;
2. Осы еркін зарядталған бөлшектерге сырттан күш әсер ету қажет, яғни ортада электр өрісі болуы керек.

Металдарда электр тогын тасымалдаушылар – электрондар, электролиттерде – оң және теріс иондар, газдарда – оң иондар мен электрондар және жартылай өткізгіштерде – электрондар мен кемтіктер болып табылады.

**Өзін – өзі бақылау сұрақтар:**

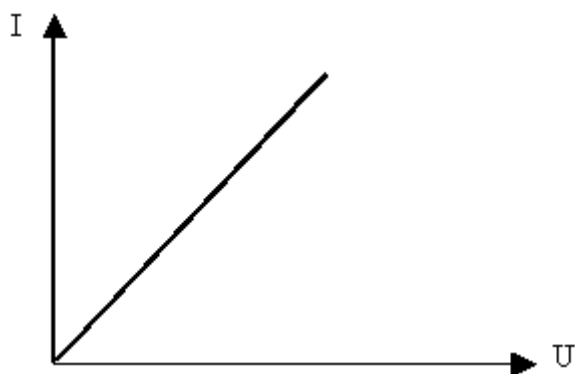
1. Электр тогына сипаттама беріңіз
2. Кедергінің формуласын және анықтамасын айқындаңыз
3. Өткізгішке қатысты формулаларды атаңыз
4. Металдарда электр тогын тасымалдаушылар

## 8 дәріс. 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.

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

мұндағы:  $R$  - өткізгіштің кедергісі,  $U$  – кернеу,  $I$  – ток күші.



Кедергі - өткізгіштің негізгі электрлік сипаттамасы болып табылады. Өткізгіштің кедергісі оның пішініне, тегіне және температураға тәуелді.

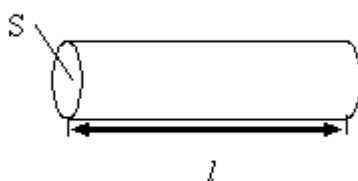
Өлшем бірлігі  $[R] = 1 \text{ Ом}$ .

Өткізгіштің кедергісіне кері шама өткізгіштік деп аталады.

Өткізгіш біртекті болса кедергі келесі формуламен анықталады:

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

мұндағы:  $\rho$  - өткізгіштің меншікті кедергісі,  $S$  - көлденең қимасының ауданы,  $l$  - ұзындығы.



Егер орта біртекті болмаса, онда кедергі келесі формуламен анықталады:

$$R = \rho \frac{dl}{dS}.$$

Өткізгіштің кедергісінің температураға тәуелділігі келесі өрнекпен анықталады:

$$R = R_0(1 + \alpha t),$$

мұндағы:  $\alpha$  - кедергінің температуралық коэффициенті.

1) металлдар үшін температура артқанда өткізгіштің кедергісі артады, яғни  $\alpha > 0$ ,

2) Электролиттер, газдар және жартылай өткізгіштер үшін температура артқанда өткізгіштің кедергісі кемиді, яғни  $\alpha < 0$ .

Кез-келген тізбекте электр тогы жүру үшін қажетті шарттар:

1. Тізбек тұйықталған болуы қажет.
2. Электр тогын тудыратын ток көзі болуы керек.

### Өзін-өзі бақылау сұрақтары:

1. Кедергінің өлшем бірлігі және формуласы
2. Ома заңының формуласын жазыңыз
3. Өткізгіштің электрлік сипаттамасын көрсетіңіз

#### **4 бөлім. Электромагнетизм және магниттік тораптар**

##### **9 дәріс. Магнетизм теориясы. Магниттер және олардың қасиеттері**

Магнетизм – 1) электр токтарының, токтар мен магниттік моменті бар денелердің (магниттердің) және магниттердің араларындағы өзара әсерлесудің ерекше түрі; 2) физиканың осы өзара әсерлесуді және осындай қасиеттер білінетін заттарды (магнетиктерді) зерттейтін бөлімі.

Жалпы түрде магнетизмді қозғалыстағы электрлік зарядталған бөлшектердің арасындағы материалдық өзара әсерлесудің ерекше формасы түрінде анықтауға болады. Кеңістікпен бөлінген денелердің арасында магниттік өзара әсерлесуді қамтамасыз ететін, оны бір денеден екіншісіне жеткізетін – магнит өрісі. Ол электр өрісімен қатар, материя қозғалысының электромагниттік формасы білінуінің бірі болып табылады. Электр өрісінің көздері электр зарядтары болып табылса, ал магнит өрісі үшін ондай көздер табиғатта әзірше анықталмаған.

Магнит өрісінің көзі – қозғалыстағы электрлік заряд, яғни электр тогы. Сыртқы магнит өрісінің заттарға тигізетін негізгі екі түрлі эффектісі (әсері) белгілі: 1) Фарадейдің электромагниттік индукция заңы бойынша, сыртқы магнит өрісі затта әрқашанда индукциялық ток тудырады және бұл токтың магнит өрісінің бағыты бастапқы магнит өрісіне қарсы бағытталады (Ленц ережесі).

Сондықтан, заттың сыртқы өріс тудырған магниттік моменті сыртқы өріске қарама-қарсы бағытталады; 2) егер атомның магниттік моменті 0-ден өзгеше болса (спиндік, орбиталдық немесе спин-орбиталдық), онда сыртқы өріс оны өз бағыты бойынша бағдарлауға ұмтылады. Нәтижесінде, магнит өрісіне параллель магниттік момент пайда болады, ол парамагниттік деп аталады.

Атомдық магниттік моменттері бір-біріне параллель бағдарланған заттар ферромагнетиктер (ферромагниттер), ал осыған сәйкес іргелес атомдық моменттері антипараллель орналасқан заттар – антиферромагнетиктер (антиферромагниттер) деп аталады. Заттардың магниттік қасиеттерін қарастырғанда “магнетик” деп аталатын жалпылама термин пайдаланылады. Заттардың магниттік қасиеттері оларды құрайтын бөлшектердің магнетизмімен анықталады. Магнит өрісі – қозғалыстағы электр зарядтары мен магниттік моменті бар денелерге (олардың қозғалыстағы күйіне тәуелсіз) әсер ететін күштік өріс. Магнит өрісі магниттік индукция векторымен ( $B$ ) сипатталады.  $B$ -ның мәні магниттік моменті бар қозғалыстағы электр зарядына және денелерге өрістің берілген нүктесінде әсер етуші күшті анықтайды. “Магнит өрісі” терминін 1845 ж. ағылшын физигі Майкл Фарадей енгізген. Макроскопиялық магнит өрісінің

көздері – магниттелген денелер, тогы бар өткізгіштер және қозғалыстағы зарядталған денелер.

Айнымалы магнит өрісі — электр өрісінің, ал электр өрісі магнит өрісінің уақыт бойынша өзгерісі нәтижесінде пайда болады. Электр және магнит өрістері, олардың бір-бірімен өзара әсерлері Максвелл теңдеуімен толық сипатталады. Магнит өрісінің кернеулігі (H) мен магнит индукциясы (B) – өрістің күштік сипаттамасы. Кернеулік векторы өріс пайда болған орта қасиетіне тәуелсіз шама болса, индукция векторы қарастырылатын денедегі қорытқы өрісті сипаттайды. Сондай-ақ, индукция векторы магнит өрісінде қозғалған зарядқа әсер ететін күшті, магниттік моменті бар денеге магнит өрісінің тигізетін әсерін, өріс тарапынан байқалатын басқа да әсерлерді анықтайды. Табиғатта магнит өрісінің сан алуан түрі кездеседі. Техникада магниттік дефектоскопия мен бақылаудың магниттік әдістері кең қолданылыс тапты. Магниттік материалдар генератор, трансформатор, реле, сондай-ақ магниттік күшейткіштердің, магниттік жады (есте сақтау) элементтерінің магниттік сымдарын (өткізгіштерін), компас тілдерін, т.б. магниттік жазу таспаларын жасауда қолданылады.

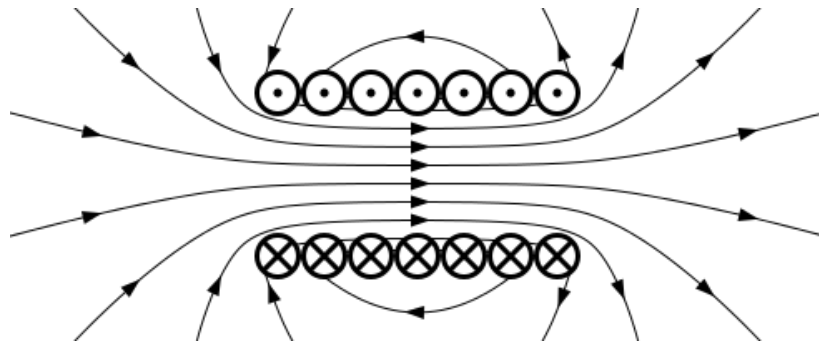
Магнит (грекше magnetis, Magnetis lithos – Магнесия тасы; Магнесия – Кіші Азиядағы көне қала) – магнит өрісін туғызатын дене. Магнит өрісіне ендірілгеннен дененің магниттік қасиетке ие болатын кесегі жасанды магнит деп аталады. Ал алдын-ала магниттелген ферромагнитті не ферримагнитті материалдан жасалған белгілі бір пішіні (таға тәрізді, ұзынша жолақ түрінде, т.б.) бар магнит тұрақты магнит деп аталады. Ол электроникада, радиотехникада және автоматикада тұрақты магнит өрісінің автономды көзі ретінде кеңінен қолданылады. Магнит – Fe, Co, Ni, Al, гексогональді ферриттер, т.б. негіздегі қорытпалардан жасалады. Асқын өткізгіш материалдан жасалған орамасы бар соленоидты немесе электрмагнитті асқын өткізгішті магнит деп атайды. Оны заттардың магниттік-электрлік және оптикалық қасиеттерін, плазманы, атомдық ядроларды және элементар бөлшектерді зерттеуге арналған тәжірибелерде қолданады.

Магниттік аномалия – Жер бетіндегі магнит өрісі мәндерінің өзінің қалыпты шамасынан ауытқуы. Картада магниттік аномалия Жер магнетизмінің кейбір элементтерінің мәндері бірдей нүктелерін қосатын сызықтар арқылы кескінделеді. Аумақты қамту шамасына қарай магниттік аномалия континенталдық, регионалдық және локальдық болып бөлінеді. Континенталдық магниттік аномалия 10 – 100 мың км<sup>2</sup>-ге таралады. Ең ірі континенталдық магниттік аномалия Шығыс Сібір мен Зонд аралында орналасқан. Регионалдық магниттік аномалия 1 – 10 мың км<sup>2</sup> ауданды

қамтиды. Ол жер қыртысы құрылысының ерекшеліктеріне байланысты туады. Шығыс Сібірде, Шығыс Еуропада, т.б. аудандарда регионалдық магниттік аномалиялар бар. Локалдық магниттік аномалия ауданы бірнеше м<sup>2</sup>-ден км<sup>2</sup>-ге дейінгі аумақты қамтиды.

Магниттік дауыл – Жердің магнит өрісінің күшті ұйтқуы салдарынан болатын өте қарқынды ауа ағыны (дауыл). Дауыл бірнеше сағаттан бірнеше тәулікке дейін созылады, әрі жер бетінің барлық нүктесінде бір мезгілде өтеді; өте үлкен қарқындылығы (~5.10–2 Э-ке дейін) жоғары ендіктерде байқалады. Магниттік дауыл Күннің активті аймағынан бөлінген плазма ағыны (Күн желі) салдарынан пайда болады. Энергиясы орасан зор бөлшектердің Жер атмосферасының жоғары қабатына енуі және олардың жер магнитсферасымен әсерлесуі нәтижесінде ондағы электрлік токтардың күшеюіне және өндірілуіне (генерациялануына) әкеледі. Магниттік дауыл кезінде одан гөрі күрделірек геофизикалық процесс – магнитсфералық дауыл байқалады. Магниттік дауыл салдарынан радиотолқындарды шағылыстыратын және жұтатын ионосфера қабатының параметрлері айтарлықтай өзгереді. Оның барысында қысқа толқынды радиобайланыс едәуір қиындайды. Магниттік ұйытқу кезінде Жер атмосферасының жоғарғы қабаты қызады да, жылу төменгі – тропосфера қабатына беріледі. Нәтижесінде, тропосферада әр түрлі циркуляциялық қозғалыстар мен циклондар пайда болады.

Магниттік меридиан – геомагнит өрісінің күш сызығының Жер бетіндегі проекциясы. Барлық магниттік меридиан күрделі қисық сызықтар түрінде Жердің оңтүстік және солтүстік магниттік полюсіне жиналады. Бақылаушы (құрал) орны арқылы өтетін және геомагнит өрісінің осы нүктедегі кернеулік векторы болатын вертикаль жазықтықты магниттік меридиан жазықтығы деп атайды. Магниттік меридиан мен географиялық меридиан жазықтықтары аралығындағы бұрыш, яғни дәл осы маңдағы жер беті нүктесі магниттік бұрылу деп аталады. Жердің магниттік меридианымен қатар геомагниттік меридиан ұғымы да жиі қолданылады. Ол жер бетінің қарастырылатын нүктесі арқылы өтетін жазықтық пен солтүстік және оңтүстік геомагнит полюстерін қосатын түзу сызықтың жер бетіндегі қиылысу сызығы болып табылады.



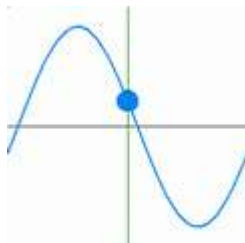
### Өзін-өзі бақылау сұрақтары:

1. Магнетизм дегеніміз не?
2. Магнит туралы сипаттама
3. Магниттік аномалия дегеніміз не?

## 5 бөлім. Бірфазалық айнымалы токтың электр тізбектері

### 10 дәріс. Айнымалы электр тоғы

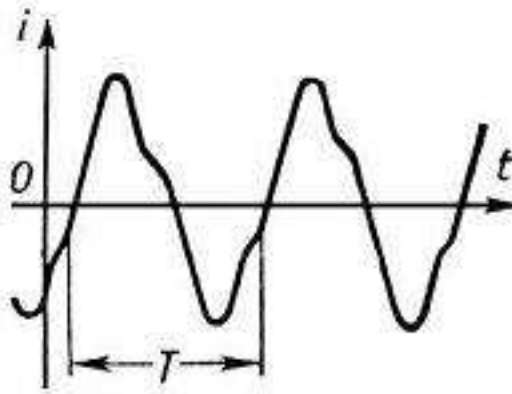
**Айнымалы ток, кең мағынасында** — бағыты мен шамасы периодты түрде өзгеріп отыратын электр тоғы. Ал *техникада* айнымалы ток деп ток күші мен кернеудің период ішіндегі орташа мәні нөлге тең болатын периодты ток түсініледі. Айнымалы ток байланыс құрылғыларында (радио, теледидар, телефон т.б.) кеңінен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



### Сипаттамалар

Ток күші (және кернеу) өзгерісі қайталанатын уақыттың (секундпен берілген) ең қысқа аралығы период ( $T$ ) деп аталады (1-сурет). Айнымалы токтың тағы бір маңызды сипаттамасы — жиілік ( $f$ ). Дүние жүзі елдерінің көпшілігіндегі және Қазақстандағы электр энергетикалық жүйелерде пайдаланылатын стандартты жиілік — 50 Гц, ал АҚШ-та 60 Гц. Байланыс техникасында жиілігі жоғары (100 кГц-тен 30 ГГц-ке дейін) айнымалы ток пайдаланылады. Арнайы мақсат үшін өндіріс орындарында, медицинада және ғылым мен техниканың басқа салаларында әр түрлі жиіліктегі айнымалы ток, сондай-ақ импульстік ток қолданылады. Ток кернеуін кемітпей түрлендіруге болатындықтан іс жүзінде айнымалы токты электр энергиясын жеткізуде және таратуда кеңінен пайдаланады.



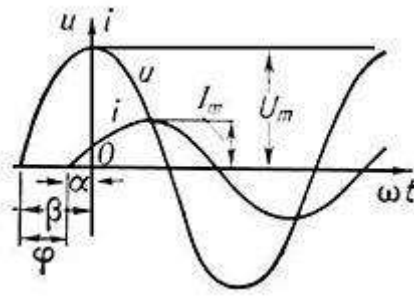


## Өндірілуі

Айнымалы ток айнымалы кернеу арқылы өндіріледі. Ток жүріп тұрған сым төңірегінде пайда болатын айнымалы электрлі магниттік өріс айнымалы ток тізбегінде энергия тербелісін тудырады, яғни энергия магнит немесе электр өрісінде периодты түрде бірде жиналып, бірде электр энергиясы көзіне қайтып отырады. Энергияның тербелуі айнымалы ток тізбектерінде реактивті ток тудырады, ол сым мен ток көзіне артық ауырлық түсіреді және қосымша энергия шығынын жасайды. Бұл — айнымалы ток энергиясын берудегі кемшілік. Айнымалы ток күші сипаттамасының негізіне айнымалы токтың орташа жылулық әсерін, осындай ток күші бар тұрақты токтың жылулық әсерімен салыстыру алынған. Айнымалы ток күшінің осындай жолмен алынған мәні әсерлік мән (немесе эффективтік) деп аталады әрі ол период ішіндегі ток күші мәнінің математикалық орташа квадратын көрсетеді. Айнымалы токтың әсерлік кернеу ( $U$ ) мәні де осы сияқты анықталады. Ток күші мен кернеудің осындай әсерлік мәндері айнымалы токтың амперметрлері және вольтметрлері арқылы өлшенеді.

## Таралуы, түрленуі

Айнымалы токтың үш фазалық жүйесі жиі қолданылады. Тұрақты токқа қарағанда айнымалы токтың генераторларымен қозғалтқыштарының құрылымы қарапайым, жұмысы сенімді, мөлшері шағын әрі арзан. Айнымалы ток әуелі шала өткізгіштер арқылы, ал одан кейін шала өткізгішті инверторлар көмегімен жиілігі реттелмелі басқа айнымалы токқа түрлендіріледі. Бұл жағдай жылдамдығын бірте-бірте реттеуді талап ететін электр жетектерінің барлық түрі үшін қарапайым әрі арзан қозғалтқыштарын (асинхронды және синхронды) пайдалануға мүмкіндік береді.



2-сурет.

### Өзін-өзі бақылау сұрақтары:

1. Айнымалы тоғына сипаттама беріңіз
2. Артықшылықтары мен кемшіліктері
3. Өндірілуі және таралуы

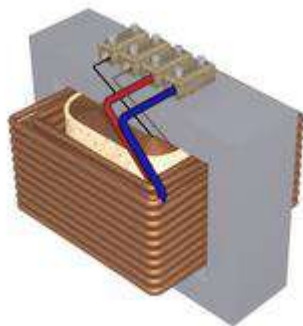
## 6 бөлім. Трансформаторлар

### 11 дәріс. Трансформатор туралы жалпы мағлұматтар

**Трансформатор** (лат. *transformo* – түрлендіремін) – кернеулі айнымалы тоқты жиілігін өзгертпей басқа кернеулі айнымалы токқа түрлендіретін статикалық электромагниттік құрылғы. Трансформатордың жұмыс істеу принципі электро-магниттік индукция құбылысына және параметрлік эффектiге негiзделген. Негізгi элементтерi магнитөткізгiш және онда орналасқан бiрiншi реттiк орамалар (БРО) мен бiр немесе бiрнеше екiншi реттiк орамалардан (ЕРО) тұрады. Трансформатордың барлық орамалары бiр-бiрiмен индуктивтi түрде, ортақ магнит өрiсiмен байланысқан. Бiрқатар Трансформаторларда екiншi реттiк орама қызметiн бiрiншi реттiк ораманың бiр бөлiгi атқарады, мұндай Трансформаторларды автотрансформаторлар деп атайды. Бiрiншi реттiк орамаларның шықпаларын (Трансформатордың кiрiсi) айнымалы кернеу көзiне, ал Екiншi реттiк орамаларның шықпаларын жүктемеге қосады. Бiрiншi реттiк орамалардағы айнымалы ток магнитөткізгiште айнымалы магнит ағынын, ал Екiншi реттiк орамалардағы өзара индукция электр қозғаушы күш (ЭҚК) тудырады. Бiрiншi және екiншi реттiк орамалардағы кернеулердiң қатынасы олардағы орамдар санының қатынасына тең болады. Түрлендiретiн ток түрiне қарай 1 фазалы және 3 фазалы Трансформаторлар болады. Атқаратын қызметiне қарай олар күштiк немесе қоректендiру Трансформаторлары (электр энергиясын таратуға арналған), жоғары кернеулі сынақ Трансформаторлары, ток немесе кернеу импульстерiн түрлендiру үшiн қолданылатын импульстiк Трансформаторлар, үлкен токтар мен

кернеулерді өлшеуге арналған өлшеуіштік Трансформаторлары, жоғары жиілікті кернеулерді түрлендіруге арналған радиожиілікті Трансформаторлар және радиоэлектрондық құрылғылардың қоректендіруші блоктарында қолданылатын радиотрансформаторларға, т.б. бөлінеді. *Импульстік Трансформаторлар* мен *қоректендіру Трансформаторлары* бірнеше Гц-тен 2 МГц-ке дейінгі жиілікте, радиожиілікті Трансформаторлар 500 МГц-ке дейінгі жиілікте жұмыс істейді. Трансформаторлардың магнитөткізгіштігі магниттік өтімділігі жоғары материалдардан (мысалы, электртех. болат таспаларынан, магнитодиэлектриктер мен фериттерден) жасалады. Электрмен жабдықтау жүйелерінде, негізінен майлы Трансформаторлар қолданылады. Күштік Трансформаторлар Қазақстанда Кентау трансформатор зауытында шығарылған. Қазіргі кезде электр-механикалық жабдықтар осы зауыттың негізінде құрылған *Трансформатор ААҚ*-да шығарылады.

**Трансформатор** — айнымалы токтың кернеуін жоғарылатуға немесе төмендетуге арналған электр приборы. Үй жағдайында, трансформаторды пайдаланып, электр приборын кернеуі 127 В желілен кернеуі 220 В желіге және керісінше қосуға болады. Егер трансформатор жоғары кернеулі желіге ауыстырылып қосылса, онда оны кернеуі 220 В желіге қосуға болмайды. Өйткені одан алынатын жоғары кернеу (380 В-тан астам) трансформаторлық және ол арқылы қосылған электр приборларының бұзылуына әкеліп соқтыруы мүмкін. Трансформатор таңдаған кезде оның қуаты электр приборларын бір мезгілде қоректендіруге арналған құрал-жабдықтардың жалпы қуатынан кем болмауын есте сақтаған жөн.



Әр түрлі құралдар мен қондырғылар тұтынатын кернеу өте кең диапазонда өзгереді. Тіпті бір электр қондырғысы әр түрлі кернеу пайдалануы мүмкін. Қуаттың тұрақты дерлік мәнінде айнымалы ток кернеуінің ток күшімен қатар өзгеруін айнымалы токтың трансформациясы дейді. Айнымалы токтың трансформациясын жүзеге асыратын құрал трансформатор деп аталады. Ол электромагниттік индукция құбылысының негізінде жұмыс істейді. Бұл құралды орыс ғалымы П . Н . Яблочков (1878 ж.) ойлап тапқан, кейін оны (1882 ж.) И . Ф . Усагин жетілдірді.

### Өзін-өзі бақылау сұрақтары:

1. Трансформатор дегеніміз не?
2. Трансформатордың даму тарихы
3. Трансформатор түрлері және атқаратын қызметі

## 12 дәріс. Қарапайым трансформатордың құрылысын және жұмыс жасау принципі

Трансформатордың жұмыс істеу принципі электромагниттік индукция принципіне негізделген. Бірінші ретті орамдар арқылы айнымалы ток өткен кезде ферромагниттік өзекшеде айнымалы магнит ағыны пайда болады. Бұл магнит ағыны өз кезегінде екінші ретті орамдарды тесіп өтетін болғандықтан осы орамдарда индукциялық ЭҚК - ін туғызады. Егер екінші ретті орамдар тұтынушыларға қосылған болса, онда бұл тізбектен де айнымалы ток өтеді. Ал бұл айнымалы ток өзекшеде қайтадан өзінің айнымалы магнит ағынын туғызады. Екінші орамдардың туғызған магнит ағыны өзекшедегі толық магнит ағынын кемітеді, бұл өз кезегінде бірінші ретті орамдардағы өздік индукция ЭҚК - інің кемуіне алып келеді. Өздік индукция ЭҚК - інің кемуінен бірінші ретті тізбекте ток арта бастайды. да, қоректендіруші кернеудің мәні өздік индукция ЭҚК - іне теңескенде жүйеде тепе - теңдік орнайды. Орамдар санының бір - біріне қатынасын  $n_1/n_2$  қатынасын  $K$  трансформациялау коэффициенті деп атайды.  $K > 1$  болғанда төмендеткіш трансформатор,  $K < 1$  болса жоғарлатқыш трансформатор болып табылады. Бірінші және екінші орамдардағы ток күші, кернеу мен орам сандарының арасында мынандай байланыс бар:

$$U_1/U_2 = I_1/I_2 = n_1/n_2 = K$$

Энергияның сақталу заңына сәйкес

$$P_2 = P_1 - P_{\text{ор}} - P_{\text{өз}}$$

Трансформатордың пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК)

$$\eta = P_2/P_1$$

Бүгінгі күннің технологиялары ПӘК - і 97 - 98% болатын трансформаторлар жасауға мүмкіндік береді. Трансформатордың электр энергиясын тасымалдаудағы рөлі ерекше. Электр энергиясын қашық аралықтарға тасымалдау күрделі ғылыми - техникалық мәселе болып табылады. Бұл жердегі негізгі мәселе энергия шығынымен байланысты. Өткізгіштердің қызуынан болатын энергия шығыны Джоуль - Ленц заңына сәйкес тізбектегі ток күшінің квадратына пропорционал, яғни

$$Q = I_2^2 * R_t.$$

Олай болса, тасымалдау кезіндегі бос шығынды азайту үшін тасымалданатын қуатты кемітпестен, ток күшін мүмкіндігінше азайту

қажет. Оның бірден - бір жолы кернеудің шамасын аса жоғары жүздеген мың вольтқа көтеру. Жоғарғы вольтты электр тасымалдау жүйелерінің болуы осымен байланысты. Электр энергиясын өндіретін жерде кернеуді трансформаторлардың көмегімен 400 - 500 мың вольтқа дейін жоғарылатады да, тасымалдап жеткізген соң энергияны тұтынатын жерде керісінше өндірістік 220 вольтқа дейін кемітеді.

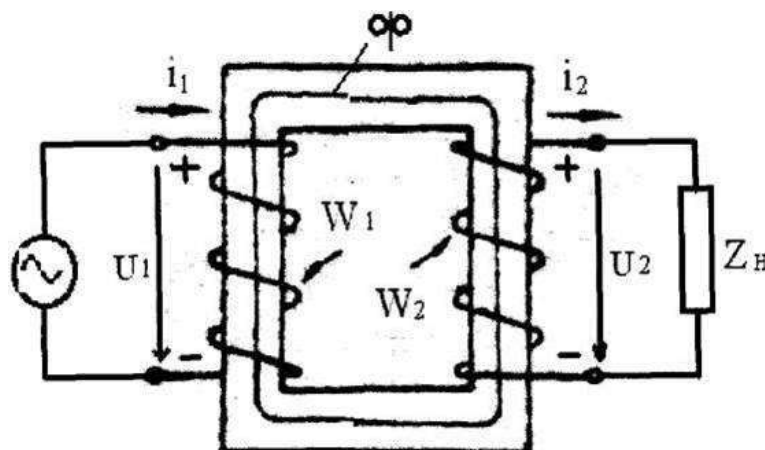
### Өзін-өзі бақылау сұрақтары:

1. Трансформатор не үшін қажет?
2. Трансформатор құрылысы туралы не білеміз?
3. Трансформация коэффициентінің формуласы?
4. Төмендеткіш және жоғарылатқыш трансформатор дегеніміз не?

### 13 дәріс. Қорғаныштық ажырату

Трансформатор энергияны электромеханикалық түрлендіру құрылғысы болмағанымен, ол энергия жүйесінің айнымас құрамдас бөлігі. Трансформаторлардың көмегімен айнымалы ток энергия жүйелерін кеңінен қолдану мүмкін болды. Күштік трансформаторлар арқылы кернеудің ең тиімді шамаларындағы электр энергияны өндіру, тасымалдау мен пайдалану жүзеге асырылады. Трансформаторлар сонымен ток мәндері төмен және төмен вольтты электронды және басқару тармақтарында жоғарғы қуат шарттарында жүктеме мен көз импеданстарын келістіру үшін, бір тармақты екіншісінен изоляциялау үшін, уақыттық токпен байланысын сақтай тұрақты ток тармақтарын ажырату үшін, түзеткіштерді қамтамасыз ету үшін кеңінен қолданады. Трансформаторлардың өлшегіш, пісіргіш және басқа арнайы түрлері бар.

Қарапайым трансформатор бір ортақ өзекке бекітілген екі орамадан тұрады (сур 2-1). Егер екі ораманың бірі бірінші орама айнымалы кернеу көзіне қосылған болса, бұл ораманың тоғы  $i_1$ , өзекшеде айнымалы магнит ағымын қоздырады. Бұл ағымның өлшемі бірінші орамадағы кернеу мәніне  $U$  және бірінші орамадағы орамдар санына  $W_1$  байланысты.

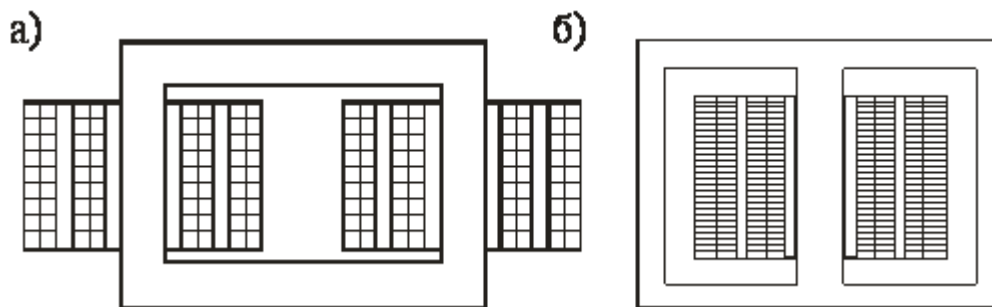


2.1 – сурет - Қарапайым трансформатордың сызбасы

Бұл ағым екінші орамамен байланыста болғаннан, бұл орамада оның орамдар санына  $W_2$  пропорционал ЭҚК индукциялайды. Егер екінші орама қысқыштарына кез келген кедергілі жүктемені жалғасақ, онда тармақ бойынша  $i_2$  тоғы ағып, қысқыштарда өлшемі ЭҚК және екінші орамадағы кедергіге түсетін кернеудің азаюына тәуелді  $U_2$  кернеуі орнығады. Бірінші және екінші орамдар саны арасындағы кедергіні тандай отырып трансформаторда кеекті кернеу қатынастарын орнатқызу болады.

Ферромагнитті өзек орамалар арасындағы магнитті байланысын күшейтеді. Өзектің болуы екі орамамен байланысты және ауаға қарағанда анағұрлым үлкен өтімділігі бар ағымның белгілі бір жол бойынша тұйықталуына әкеледі. Құйынды токтардан өзектегі шығындарды азайту үшін өзекті шихттік етіп жасайды. Шихттік дегеніміз бір-бірінен изоляцияланған жұқа (0,35-0,5 мм) электр техникалық болат пластиналардан құралады. Электр техникалық болат қымбат емес, оның қуат шығындары төмен және үлкен индукция мәндерінде үлкен өтімділігімен ерекшеленеді.

Жоғарғы жиілікті төмен қуатты тармақтарда қолданатын кіші трансформаторлардың өзектері ферромагнитті материал ұнтақтарынан пресстелген етіп жасайды. Кең қолданысқа еңген бір фазалы трансформаторлардың өзектерін конструкциялары 2-2 суретте көрсетілген.



2.2 – сурет - (а) өзекті типтегі және (б) қорғаныштық типтегі бір фазалы трансформаторлардың өзектері

Екі орамамен байланысты ағымнан басқа трансформаторда сонымен ауа(не май бойынша) бойынша тұйықталатын шашырау ағымдары бар. Бұл ағымдар шамалы болғанымен трансформатордың жұмысына елеулі әсер етеді. Шашырауды орамалардың арнайы конструкциялары арқылы шешеді.

2.1 суретте тудырады көрсетілген трансформаторды оның екінші тармағы тұйықталмаған ал бірінші тармақ қысқыштарына айнымалы кернеу  $U$  келтірілген деп қарастырайық. Бұл жағдайда бірінші орамада тұрақталған ток

$i_p$  ағады. Бұл ток магнит сымында айнымалы ағым  $\Phi$  тудырады да магниттеуші деп аталады. Бұл ағым өз кезегінде орамдар саны  $W$  болатын бірінші орамада ЭҚК индукциялайды.

$$e = -W \cdot \frac{d\phi}{dt} \quad (2.1)$$

Бұл ЭҚК (жиі қарама қарсы ЭҚК деп аталады)  $r_1$  кедергідегі кернеудің азаюымен бірге келтірілген  $U$  кернеуін теңгеру қажет.

$$U_1 = I_p \cdot r_1 + (-e_1) = I_h \cdot r_1 + W_1 \cdot \frac{d\phi}{dt} \quad (2.2)$$

Үлкен трансформаторларда бос жүріс кезіндегі  $r_1$  кедергідегі кернеудің азаюы кішкентай және қарама қарсы ЭҚК келтірілген кернеу мәніне жақын.

$$U_1 = -e_1 = w_1 \frac{d\phi}{dt} \quad (2.3)$$

Бұл жағдайда кернеу  $U_1 = U_m \cdot \sin \omega t$  магнит ағымы да синусоидалды

$$\Phi = \Phi_m \cdot \sin(\omega t - \pi/R). \quad (2.4)$$

Бұл ағыммен индукцияланатын қарама қарсы ЭҚК лездік мәні модуль бойынша

$$e_1 = W_1 \frac{d\phi}{dt} = w \cdot W_1 \cdot \Phi_m \cdot \sin \omega t = E_m \cdot \sin \omega t, \quad (2.5)$$

мұнда  $\Phi_m$  ағым амплитудасы;

$\omega = 2\pi f$  – бұрыштық жиілік  $f$  герцтерде болғанда.

Бұл ЭҚК әсерлік мәні:

$$E_1 = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} \cdot f \cdot W_1 \cdot \Phi_m \quad (2.6)$$

$$\Phi_m = \frac{44}{4} \cdot f \cdot W_1 \cdot \Phi_m$$

(2.3) теңдігі әсерлік мәндер үшін қолдануға болғандықтан

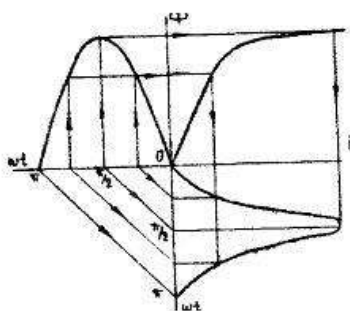
$$\Phi_m = \frac{U}{4,44 \cdot f \cdot w_1}, \quad (2.7)$$

Сонымен егер бірінші орамаға синусоидалды кернеу берілсе, өзекте уақыт бойынша синусоидалды өзгертін ағым пайда болады. Бұл ағымның амплитудалық мәні берілген кернеумен, оның жиілігі мен орамдар санымен

анықталады, яғни орамадағы токтан тәуелсіз болып келеді. Бұл өте маңызды қатынас активті кедергіде кернеудің азаюы ескерілмейтіндей аз болса, кез келген синусойдалды берілген кернеумен жұмыс істейтін құрылғыға қолдануға болады.

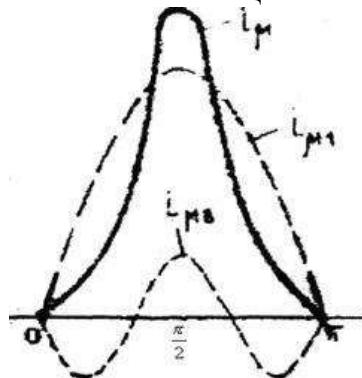
Осындай жағдайда магниттеуші ток өзек материалының магниттік қасиеттеріне тәуелді болады. Ол оның магниттеуші күші (2.7) қатынасқа сәйкес ағым тудыруға жеткілікті болуы керек. Болаттың сызықтық емес қасиеттеріне байланысты магниттеуші ток қисығының түрі синусоидадан өзгеше болады (сурет 2.3). Бұл қисықты жасағанда гистерезис эффектінің ескермейтін өзектің идеалданған мінездемесі  $\Phi(i_p)$  қолданылады. Егер өзектегі құйынды токтар мен оларға сәйкес шығындар жоқ деп есептесек, магниттеуші ток сипаты бойынша индуктивті және берілген кернеуден  $30^\circ$  қалады деп есептеуге болады.

Синусойдалды ағым  $\Phi$  үшін құрылған бұл токтың  $\omega t$  функциясындағы қисығы, 4 шаршыда көрсетілген. Алынған қисықта негізгі жиілік гармоникасынан басқа әсіресе үшіншісі аса көрінетін жоғарғы жиілік гармоникалары да кіреді (сурет 1.4).



2.3 – сурет - Магниттеуші ток қисығының түрін анықтау

Нақтылығында трансформатордың магниттеуші тогінің, фазасы берілген кернеумен тең, өзектегі гистерезис пен құйынды токтардан активті қуат шығындарынан болатын және ораманың өте кіші активті кедергісімен ерекшелінетін негізгі жиіліктің активті құрамдас бөлігі бар.



2.4 - сурет - Магниттеуші тогінің қисығын ыдырату



Магниттеуші ток мәні өте кішкентай(номиналды токтан не бары 5% болғандықтан трансформатордың жүктемедегі тогінің түрін өзгерте алмайды.

Сондықтан магниттеуші токтың синусоидаль еместігі жай есептеулерде ескерілмейді, ол тура сондай әсерлік мәні мен жиілігі бар, нақты қисықтағыдай орташа қуаты бірдей эквивалентті синусойда ретінде алынады.

Бірақ екінші жағынан магниттеуші токтың қисығындағы жоғарғы гармониктардың бар болуы қажет, егер олар болмаса өзектің магнитті ағымы синусоидальды емес, бұл екіншілік ЭҚК пен кернеудің синусоидальды еместігіне әкеледі. Бұл тұтынушылар үшін тиімсіз. Сондықтан мысалы үшфазалы күштік трансформаторларда магниттеуші токтың үшінші гармоникасы еш бөгетсіз өту үшін арнайы шаралар қолданылады.

Бұл мақсатта әсіресе үлкен қуатты үшфазалы трансформаторларда орамалардың кем дегінде бірін үшбұрыш түрінде қосуға тырысады. Бұл жұлдыз түрінде қосылған орамаларында үш фазада бірдей фаза уақыттық жылжуы бар токтың үшінші гармоникалары аға алмауымен байланысты.

#### **Өзін-өзі бақылау сұрақтары:**

1. Трансформатордың қорғаныштық ажыратудың мақсатын атау
2. Қорғаныштық ажырату құрылғысының жұмыс жасау принципін түсіндіру
3. Үшфазалы трансформатордың құрылысын және жұмыс жасау принципін айқындау

### **8 бөлім. Электрлік өлшеу және электр өлшеуіш аспаптар 14 дәріс. Электр өлшеуіш аспаптар туралы жалпы мағлұмат**

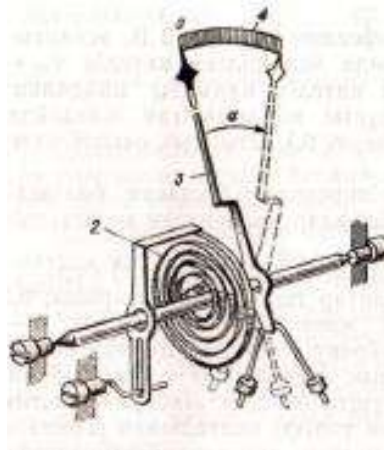
Электр аппараттарын пайдаланғанда токты, кернеуді, кедергіні, қуатты, жиілікті, электр энергиясының шығынын өлшеуге тура келеді. Ол үшін әртүрлі электр өлшеуіш аспаптарын қолданады.

Өлшеу — өлшеуіш аспаптар арқылы тәжірибе жолымен физикалық шамаларды анықтау.

Электр өлшеуіш аспаптарының көпшілігі қозғалатын және қозғалмайтын бөліктерден тұрады. Қозғалатын бөлік нұсқама тіл көрсеткішімен және фосфорлы қоладан жасалған қайтым серіппесімен біріккен орауышта немесе болат якорьдан тұрады.

Өлшеуіш аспаптардың жұмыс істеу принциптерін, олардың атқаратын міндетіне байланысты, былай түсіндіруге болады: электр тогы аспап арқылы жүріп айналдыру моментін тұғызады, айналдыру моментінің әсерімен спираль серіппесінің 2 қарсы әрекетін жеңеді, қозғалатын бөлік *абұрышына* бұрылады (48-сурет). Бұл жерде нұсқама тіл 3 шкала 4 бойы мен қозғала отырып өлшенетін шаманы көрсетеді. Аспапты ажыратқаннан соң айналдыру моменті жоғалады, қозғалатын бөлік серіппенің серпімділігінің салдарынан алғашқы орнына қайта оралады.

Қоршаған ортаның температурасын өзгерген кезде серіппе серпімділігі өзгереді. Ол қозғалатын бөлікті белгілі бір шамаға бұрады. Өлшеу алдында аспаптың нұсқама тілі шкаланың бастапқы (ноль) бөлігіне қарсы тұруы керек. Нұсқама тілдің бұлай қойылуы түзеткіш (корректор) 1 арқылы жасалады.



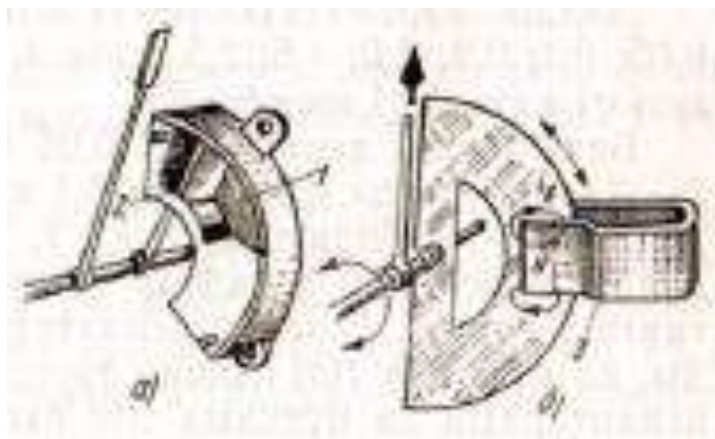
48 Сурет – Электр өлшеуіш аспаптың қозғалатын бөлігінің құрылысы

Пайдалану жағдайына байланысты аспаптың қозғалатын бөлігі тез тынышталуы керек. Бұл ауалы немесе магниттік тыныштандырғышымен іске асырылады. Ауалы тыныштандырғышта (49а-сурет) қозғалатын белігін тежеу үшін тыныштандырғыш камерасындағы ауаны сығу немесе сирету салдарын пайдаланса, магниттік тыныштандырғышында магниттік тежеу принципін (құйынды ток әсері) пайдаланады (49б-сурет). Үйкелісті азайту және дәлдікті жоғарылату үшін кейбір аспаптарда қозғалу жүйесінің осін қатты тастардан (рубин, сапфир, агат) жасалынған өкшеліктегі кернеге бекітеді.

Өлшеуіш аспаптары олардың атқаратын міндетіне өлшенетін токтың тегіне, жұмыс жасау принципіне, дәлдік класына, сыртқы пішініне, өлшеу кезіндегі қалпына, қолдану өзгешелігіне байланысты бөлінеді.

Атқаратын міндетіне байланысты аспаптар амперметрге, вольтметрге, омметрге, санағышқа, жиілік өлшеуіштерге т. б. бөлінеді. Өлшеуіш аспаптарын тұрақты немесе айнымалы ток тізбектерінде қолдануға болады. Бірақта айнымалы ток тізбегіне де, тұрақты ток тізбегіне де қосылатын аспаптар бар.

Жұмыс жасау принципіне байланысты электр өлшеуіш аспаптары мынадай кеңінен таралғап жүйелерге бөлінеді: электромагнитті, магнит-электрлік, электродинамикалық, индукциялық, электрстатикалық, жылу-электрлік және дірілдік.



49 Сурет – Тыныштандырғыш құрылысы: а) ауалы тыныштандырғыш камерасы; б) поршень; в) тұрақты магнит

Абсолют дәл аспаптар болмайтындықтан, аспап көрсетулерінің нағыз өлшенетін шамадан айырмашылығы болады. Аспаптардың көрсетуі мен өлшенетін параметрдің нақты мәнінің айырмашылығы абсолют қателігі деп аталады. Мысалы, егер энергия көзінің кернеуі 100 В, ал тізбекке қосылған вольтметр шкаласы 150 В болса және оның көрсетуі 103 В болса, онда абсолют қателік мөлшері  $\Delta A = U_x - U_K = 103 - 100 = 3$  В.

Абсолют қателігінің өлшенетін параметрдің нақты мөлшеріне қатынасы аспаптың салыстырмалы қателігі деп аталады

$$\gamma_{\text{сал}} = (\Delta A) \quad (5.1)$$

Егер абсолют қателігі 3 В, ал өлшенетін параметр 50 және 100 В болса, онда салыстырмалы қателік бірінші өлшеуде  $(3/50) \cdot 100\% = 6\%$ , екінші өлшеуде  $(3/100) \cdot 100\% = 3\%$  болады. Осыдан салыстырмалы қателік аспап шкаласының басында оның соңындағысынан көп болады. Бұл жағдайды әмбебап аспаптардың (авометрлердің) өлшеу шегін таңдауда ескеру керек. Өлшеулерде ең аз қателік аспаптар шкаласының соңғы үштен бір бөлігінде болады.

Сонымен, нұсқама тілді өлшеуіш аспаптарының қателігін олардың салыстырмалы қателігімен бағалау ыңғайсыз, өйткені, олардың абсолют қателігі барлық шкала бойында шамамен алғанда бірдей болады, демек, өлшенетін параметрдің азаюымен бірге салыстырмалы қателік тез өседі. Нұсқама тілді өлшеуіш аспаптардың қателігін бағалау үшін процентпен көрсетілетін абсолют қателік көрсетуінің  $A$  аспаптың ең үлкен (номинал) көрсетуіне  $A_n$  қатынасымен анықталатын келтірілген қателік қолданылады яғни

$$\gamma_{\text{пр}} = (\Delta A / A_n) \cdot 100\% \quad (5.2)$$

Жоғарыда қаралған жағдайда абсолют қателік 3 В, аспаптың ең үлкен көрсетуі 150 В болса, онда келтірілген қателік  $\gamma_{\text{пр}} = (3/150) \cdot$

100% =2%. Келтірілген қателік қалыпты пайдалану шартында (20°С температурада, дұрыс қондырылған жағдайда, сырттық магнит өрісінің жоқ кезінде, т. б.) аспаптың негізгі қателігі деп аталады.

Дәлдік дәрежесі бойынша өлшеуіш аспаптар 8 класка бөлінеді: 0,05; 0,1; 0,2; 1,0; 1,5; 2,5 және 4. Цифрлар процентпен көрсетілген негізгі қателікті көрсетеді.

Бақылаушы аспаптарда 0,05 және 0,1 класс дәлсіздігі бар.

Дәлдік класы 0,05 және 0,1 аспаптар тексеру аспаптарына; 0,2 және 0,5 — лабораториялық; 1, 1,5 және 2,5 — техникалық; 4—дәлдік класы бар аспаптар оқып, үйрену үшін жасалынған аспаптарға жатады. Тексеру аспаптарының шкалалары айналы болады, ал нұсқама тілі пышақ тәрізді ұшты болады. Лабораториялық аспаптардың да нұсқама тілі пышақ тәрізді болғанымен шкаласы айналы болмауы мүмкін. Техникалық және оқу аспаптарының нұсқама тілі найза тәрізді болып келеді, әрі шкаласында айна болмайды.

Айналы шкала — күмістелген шыны тілігі. Ол доға тәрізді шкала ойығының астына орналасып, аспап көрсетімін үлкен дәлдікпен оқуға мүмкіндік береді.

Айна шкаласы бар аспаптардың көрсетуін анықтағанда бақылаушы нұсқама тіл айна шкаласындағы өз бейнесін жауып тұратындай бағытпен қарауы керек.

Сыртқы пішініне байланысты аспаптар дөңгелек, квадрат, тікбұрышты және сектор тәрізді болады. Қолдану өзгешелігіне байланысты орнықты (қондырылған жерге бекем бекітіліп қойылады) және тасымал, ал өлшеу кезіндегі қалпына байланысты тік ( $\perp$ ), көлбеу ( $\curvearrowright$ ) немесе белгілі бір бұрышпен орналасатын ( $\angle$ ) аспаптарға бөлінеді.

Өндірісте шығарылатын электр өлшеуіш аспаптары пайдалану өзгешелігіне байланысты үш А, Б және В группаға бөлінеді. Олар пайдалану ортаның рұқсат етілген температурасымен анықталады. А группасына жататын аспаптар үшін  $0 \div -35^{\circ}\text{C}$ ; Б —  $30 \div +40^{\circ}\text{C}$ ; В<sub>1</sub> —  $40 \div +50^{\circ}\text{C}$ ; В<sub>2</sub> —  $50 \div +60^{\circ}\text{C}$  қоршаған ортаның температурасы рұқсат етілген. Аспаптардың Б және В группасына жататындығы олардың шкаласында көрсетіледі. А группасына жататын аспаптардың шкаласында ешнәрсе көрсетілмейді.

Өлшеуіш аспаптардың шкаласында шартты таңбалармен және сандармен мынандай мәліметтер көрсетіледі: аспап арналған ток тегі, аспап жүйесі, оқшаулама кернеуі, өлшеу кезіндегі орналасу қалпы, дәлдік класы, шығарылған жылы, аспап номері және олардың пайдалану группасы.

Аспаптарды пайдаланғанда мынадай негізгі ережелерді сақтау керек: аспапты іске қосар алдында түзеткіш арқылы нұсқама тілін шкаланың нольдік бөлігін келтіру керек; аспапты ол арналған тиісті ток тізбегіне қосу керек, ал өлшеу кезінде аспапты тиісті қалпында орналастыру керек.

### **Өзін-өзі бақылау сұрақтары:**

1. Электрлік өлшеу туралы жалпы мәлімет беру
2. Электр өлшеуіш аспаптар түрлері
3. Электр өлшеуіш аспаптың қозғалатын бөлігінің құрылысы
4. Дәлдік кластарын атау

### **15 дәріс. Кернеуді өлшеу. Вольтметрдің өлшеу шегін ұлғайту**

Ток пен кернеуді өлшеу үшін әртүрлі жүйелі өлшеуіш аспаптар – амперметрлер мен вольтметрлер қолданылады. Мөлшері кіші токтарды өлшеу үшін гальванометрлер, микроамперметрлер, миллиамперметрлер, ал мөлшері аз кернеулерді өлшеу үшін милливольтметрлер, микровольтметрлер қолданылады. Амперметрді жүктемеге тізбектеп қосқанда ол өлшенетін тізбектегі токқа әсерін тигізбеуі керек. Сондықтан оның кедергісі энергия қабылдағышының кедергісінен аз болуы тиісті. Амперметрдің кедергісі аз болса, ол тұтынатын қуат та аз болады. Тізбекке қосылған вольтметр өлшенетін кернеуге әсерін тигізбеуі керек, сондықтан қабылдағыштар кедергісіне параллель қосылған вольтметр кедергісі, қабылдағыштар кедергісінен үлкен болуы керек. Үлкен мәнді вольтметр кедергісінде ток мөлшерлі болады, сондықтан ол тұтынатын қуат та аз.

Өлшеуіш аспаптардың өлшеу шегінен үлкен мөлшердегі ток пен кернеуді өлшеу үшін тұрақты ток тізбегіндегі шунттар мен қосымша кедергілер қолданылады, ал айнымалы токта – өлшеуіш ток немесе кернеу трансформаторлары қолданылады.

Егер амперметрден шкала шегінен асатын токты өлшеу керек, онда ампертерге параллель шунт қосады. Шунт жүктемемен тізбектеле қосылады да, ал амперметр шунтқа параллель қосылады. ***Шунт деп отырғанымыз жуан константан немесе манганиннен жасалған жалпақ тілікше.***

Шунт кедергісін мынадай формуламен анықтайды: мұндағы – шунт кедергісі, - аспаптың өлшеу шегі неше есе өсетіндікті көрсететін сан. Шунтта төрт түйіспелер болады: оның екеуіне аспап, ал қалған екеуіне – электр тізбегінің жалғаушы сымдары қосылады. Осылай қосқан кезде аспап көрсетімдері түйіспелердің өткелдік кедергілеріне байланысты болмайды. Мөлшері шкала шегінен асып түсетін кернеуді өлшеу үшін вольтметрге қосымша кедергіні тізбектеп қосады. Егер қосымша резистордың кедергісі вольтметр орамасы кедергісінен 9 есе көп болса, онда екеуіне ортақ кернеудің 0,9-ы қосымша кедергіге, тек 0,1-і вольтметрдің орамасының кедергісіне түседі. Бұл кезде аспаптың өлшеу шегі 10 есе кеңейтіледі. Қосымша резистордың кедергісі мынадай формуламен анықталады: , бұл жерде – аспаптың өлшеу шегінің неше есе кеңейтілуін көрсететін сан. Шунттар мен қосымша резисторларды аспаптың ішіне орналастырады, не болмаса өлшеу кезінде аспап қысқыштарына қосатындай етіп бөлек жасайды.

### **Өзін-өзі бақылау сұрақтары:**

1. Кернеуді өлшеу аспабы

2. Вольметрге сипаттама беру
3. Вольтметрдің өлшеу шегін ұлғайту

## 16 дәріс. Кедергілерді өлшеу

Кедергілерді өлшеу үшін амперметрге және вольтметр тәсілін пайдалануға болады. Сыналатын резисторға қосылған вольтметр көрсетімін, сол резисторға тізбектеп қосылған амперметр көрсетіміне бөлінген бөлінді арқылы оның кедергісін анықтайды  $R=U/I$ . Кедергілерді тікелей өлшеу үшін *омметр* мен *мегаомметр* деп аталатын аспаптар қолданылады. Олар схемаға тізбектеп не параллель қосылады.

Омметр – ішкі кедергісі  $R_0$  және қосымша кедергісі  $R_k$  магнит-электрлік жүйедегі өлшеу аспабы болып табылады. Жұмыс кернеуі қосылмай тұрған желінің оқшауламасының кедергісін мегаомметрмен өлшейді. Оның бір қысқышын тексерілетін өткізгіш сымына қосады, ал екіншісін жерге қосады. Мегаомметр индукторының тұтқасын айналдырып аспап шкаласынан өлшенетін кедергінің мәнін оқиды. Мұндағы индуктор кішкене магнитоэлектрлік генератор болып табылады.

*Қуат пен энергияны өлшеу*

Тұрақты ток тізбегіндегі қуатты өлшеу үшін арнаулы аспап керек емес, өйткені қуатты  $P=UI$  вольтметр мен амперметр көрсетімдерімен есептеп шығаруға болады. Айнымалы ток тізбегіндегі қуат кернеу мен токқа ғана емес, арасындағы фаза ығысуына да тәуелді:  $P = UI\cos\varphi$ . Сондықтан айнымалы ток қуатын өлшеу үшін арнаулы аспап – электродинамикалық немесе ферродинамикалық жүйедегі ваттметр қолданылады. Электродинамикалық ваттметрдің айналдырушы моменті кернеу мен ток көбейтіндісіне пропорционал. Ваттметрдің айнымалы ток тізбегіне қосқан кезде екі орауыштағы ток бағытының бірдей игеруі айналдырушы моментке әсер етпейді. Бірақ ваттметр орауыштағы токтың фазасын  $180^0$ -қа ал айналдырушы моменттің бағытын өзгертеді.

Ферродинамикалық ваттметрлердің дәлдігі төмен. Оларды гистерезис әсеріне байланысты тұрақты ток тізбегінде қолдануға болмайды.

### **Өзін-өзі бақылау сұрақтары:**

1. Кедергілерді өлшеуге арналған аспапқа анықтама беру;
2. Аспаптың бөліктерін анықтау және көрсету;
3. Өлшеуіш аспаптың шкаласын бөліктерге бөліп белгілеу.

## 17 дәріс. Мегаомметр

Электр құрылғылардың қауіпсіз және апатсыз жұмысын қамтамасыз ету үшін электрлік машиналар орамының, кабель жилаларының изоляция кедергісінің шамасын әрдайым бақылау қажет, изоляция кедергісінің шамасы ПУЭ ұсынатын мүмкін шамадан төмен болмауы керек. Электрлік машиналар, кабель жилаларының орамының тұрақты токқа изоляциясын өлшеу ескі үлгідегі М=1101М (М-4100/1-S) генераторы 100; 500; 1000;

2500 В кернеуді өндіретін тұрақты тоқ генератордың қол жетегісі бар мегомметр көмегімен және М-4102/2 және М-4102/3 типті жартылай өткізгішті элементтік базадағы, 500...1000...2500 В сыналатын кернеуді туғыздыратын, өлшеу кезінде дәлдігі үлкен, заманға сай мегомметрлер көмегімен жүзеге асырады. Тұрақты тоққа изоляциясының кедергісі изоляцияның негізгі көрсеткіші болып табылады, және изоляцияның кедергісін өлшеу электр жабдықтар мен электрлік тізбектердің барлық түрлерінің қосу-жөндеу сынақтарының ажырамас бөлігі болып табылады. Мегомметр кернеу көзінен - тұрақты тоқ генераторынан, магнитоэлектрлік логометрден және қосымша кедергіден құралады. Шкаланың жұмыс бөлігіндегі негізгі қателік оның ұзындығынан  $\pm 1\%$  құрайды. Изоляцияның үстінгі бөлігінде өтетін ағым тоқтары мегомметр көрсеткішіне әсер етпеуі үшін, әсіресе дымқыл ауа райы болғанда өлшеулерді өткізген кезде, мегомметрді Э (экран) қысқышын пайдалана отырып өлшенетін объектіге қосады. Мұндай өлшеу схемасы кезінде изоляция үстінен өтетін ағым тоқтарын логометр орамынан өтіп жерге қарай бұрып жібереді. Э ұшын соңғы муфта воронкаяның жанында, кабельдің изоляцияланған қабығында орналастырылған тоқты бұратын электродқа қосады. Изоляция кедергісінің шамасы үлкен дәрежеде температураға тәуелді. Изолция кедергісін оның температурасы  $+5^{\circ}\text{C}$  төмен болмаған кезде өлшеу дұрыс. Одан төмен температураларда өлшеу нәтижелері ылғалдылықтың тұрақсыз жағдайының арқасында изоляцияның шынайы сипаттамасын көрсетпейді.

Негізінен, изоляцияның ылғалдылығын электрлік машиналар мен трансформаторлардың изоляциясын гигроскопиялық кептіру қажеттілігі жөнінде сұрақтарды шешу үшін анықтайды. Абсорбция коэффициенті бойынша ылғалдылықты анықтау кернеуді қосудан кейін әр түрлі уақыт аралықтарында алынған мегомметр көрсеткіштерін салыстыруына негізделген.

Абсорбция коэффициенті мына өрнектен анықталады

$$K_{аб} = \frac{R_{60}}{R_{15}} \quad (1.1)$$

мұндағы  $R_{60}$  және  $R_{15}$  - МОм көрсетілген изоляция кедергісі, яғни мегомметр кернеуін қосқаннан кейін 60 және 15 с кейін өлшенген.

10...30 $^{\circ}\text{C}$  температурасы кезінде электрқозғалтқыштың ылғалды емес орамы үшін  $K_{аб} = 1,3...2,0$ , ал электрқозғалтқыштың ылғалданған орамы үшін абсорбция коэффициенті бірге жақын. Бұл құрғақ және ылғалды изоляцияның абсорбциялық көлемінің заряд ұзақтылығымен түсіндіріледі. Абсорбция коэффициентінің шамасы изоляцияның температурасынан қатты тәуелді, сондықтан салыстыру үшін өлшенген немесе бір температураға келтірілген шамалармен қолдану дұрыс. Абсорбция коэффициенті  $+10^{\circ}\text{C}$  төмен емес температура кезінде өлшенеді.

## *Мегомметрмен жұмыс істеу кезінде қауіпсіздік техникасы*

Изоляция кедергісін өлшеу схемасы 1 суретте көрсетілген. Өлшеуді бастамай тұрып сынақталатын объектіде кернеу жоқтығына көз жеткізу керек, изоляцияны шаң мен кірден мұқият тазарту керек және 2...3 минутқа объектіні оның мүмкін қалдық зарядтарын жою үшін жерге тұйықтау керек. Өлшеуді аяқтағаннан кейін сынақталатын объектіні разрядтау қажет. Мегомметрді сынақталатын аппаратқа немес желіге жалғау үшін изоляциясында кедергілері үлкен (әдетте 100 МОм кем емес) жеке сымдарды қолдану дұрыс. Қолдану алдында мегомметрді, әдетте бақылау тексеріске салу керек, ол тұйықталмаған және қысқа тұйықталған сымдар кезінде шкала бойынша көрсеткіштерді тексеруіне негізделген. Бірінші жағдайда көрсеткіш тілі МОм шкаласының  $\infty$  «шексіздік» белгісінде тұру керек, екінші жағдайда – МОм шкаласының нөл жанында. Егер көрсеткіш тілінің ауытқуы негізгі қателікке сай келетін көрсетілген белгілерден ара қашықтықтан асатын болса, онда құрал бұзылған болып саналады. Қысқыштар арасындағы қақпақтың үсті тазалықты ұстау қажет. Қысқыштар арасындағы аралқытардың ластануы үлкен кедергілерді өлшеу кезінде қосымша қателіктерге әкелуі мүмкін.

### **Өзін-өзі бақылау сұрақтары:**

1. Электр машиналары мен электр қондырғылардың орамасындағы кедергіні өлшейтін аспапты атау
2. Аспаптың өлшеуіш қондырғысы туралы түсіндіру
3. Мегомметрді тексеру жұмыстарын жүргізу

### **18дәріс. Әмбебап электр өлшеуіш аспап**

Электрлік аспаптар көп жағдайда мезеттік мәндерді немесе электрлік шамалар, болмаса бейэлектрлік, электрлікке түрленген шамаларды өлшеуші аспап. Барлық аспаптар аналогты болып және сандық болып бөлінеді. Біріншісі көптеп бөлінген шкала бойынша қозғалатын нұсқардың арқасында өлшенетін шаманың мәнін көрсете алады. Кейінгісі өлшенген мәнді сан түрінде көрсете алатын сандық дисплеймен қамтамасызданған.

Сандық аспаптар көп өлшеулерде мықтырақ болып келеді, себебі бұл нақты, көрсеткіштерді есептегенде ыңғайлы сонымен қатар әмбебап болып келеді. Сандық әмбебап өлшеуіш аспаптар ("мультиметрлер") және сандық вольтметрлер тұрақты токқа орташа және жоғары нақтылы кедергіні, айнымалы токтың кернеуі мен күшін өлшеу үшін пайдалана аламыз.

Аналогты аспаптарды сандық аспаптар ақырындап қолданыстан шығаруда, дегенмен де бұлар бағасы төмен және шешімі нақтылықты аса керек етпейтін кезде пайдалана аламыз. Кедергінің мәні өте дұрыс, нақтылы өлшей алатын және толық кедергі үшін (импеданс) өлшеуіш көпірлер және басқа өлшеуіштер бар. Уақыт аралығында өлшенетін шаманың өзгеру шамасын жазып алу үшін тіркеуші құрылғылар - таспалы өздігінен жазатын



құралдар және электронды осциллографтар, аналогты және сандық аспаптар пайдаланылады.

Барлығына дерлік сандық өлшеуіш аспаптарда (қарапайымынан бөлек) күшейткіштер және кейіннен аналогты-сандық түрлендіргіштің (АСТ) көмегімен сандық формаға өзгертін, кіріс сигналын кернеуге түрлендіру үшін өзгеде электронды блоктар пайдалан аламыз. Өлшенген мәнді көрсете алатын сан жарық диодты (ЖИД), вакуумдық люминесцентті немесе сұйық кристалды (СК) индикаторға (дисплей) шығара алады. Аспап көбінесе кіріктіріме микропроцессорды басқаруы бойынша жұмыс атқарады, ал қарапайым аспаптарда микропроцессор (АСТ) мен бірдей интегральді схемада біріктіре аламыз. Сандық аспаптар сырттай компьютерге қосу жұмысы ыңғайлы болады. Өлшеулердің кейбір түрлерінде бұндай компьютер аспаптың өлшеу функцияларын біріктіреді сонымен қатар аталғандарды өңдеу үшін ақпараттарды жіберу командасын көрсетеді.

Аналогты-сандық түрлендіргіштер. АСТ-дің үш негізгі бөлігі бар: интеграциялаушы, жүйелі жақындау және параллелді. Интеграциялаушы АСТ уақытқа байланысты кіріс сигналын нормаландыра алады. Бұл үш түрдің ең нақтылысы, десекте ең "баяу" жұмыс атқаратыны. Интеграциялаушы АСТ өзгеру уақыты 0,001-50 секунд аралығында және бұдан жоғары диапазонда болады, қателігі 0,1-0,0003% аралығында болады. Жүйелі жақындау АСТ қателік шамасы біршама жоғарылау (0,4-0,002%), дегенменде түрлендіру уақыты ~10мкстен ~1 мсқа шейін болады. Параллелді АСТ - өте шапшаң әрекет жасаушы, бірақ туралығы төмен: бұлардың түрлену уақыты 0,25 нс, қателік - 0,4-2% құрайды.

### *Дискреттеу тәсілдері*

Сигнал сандық формаға түрлендіру уақыт аралығында өлшенген мәндерді сақтау және уақыттың жеке кезеңдерінде оны шапшаң есептеу жолымен уақытқа байланысты дискреттеледі. Есептелген дискретті мәндердің кезектілігі сигналдың форматы бар түзу емес кескінімен дисплейде көрсетілуі әбден мүмкін жағдай; бұл мәндерді квадратта жасап және бір-біріне қосып, сигналдың ортақ квадраттық мәнін шеше аламыз; бұларды өсу уақытын, максимальді мәнін уақытқа байланысты нормалы жиілік спектрін және т.б. есептеу үшін пайдалана аламыз.

Уақытқа байланысты дискреттеу сигналдың бір бөлігінде ("шынайы уақыт") яки (тізбекті немесе туынды таңдау) қайталанатын бөліктер қатарымен жасалуы мүмкін. Сандық вольтметрлер мен мультиметрлерді шаманың квазисті статистикалық мәндерді өлшей алады және соны сандық формамен көрсете алады. Вольтметрлер көбінесе тұрақты тоқтың кернеуін өлшейді, ал мультиметрлер тұрақты және айнымалы ток кернеуін, ток күшін, тұрақты токқа кедергіне және кейде температураны өлшеуде мүмкін.

Мұнда 0,2- 0,001% қателікте жалпы берілгендегі көптеп таралған бақылау-өлшеу аспаптары 3,5- яки 4,5- мәнді сандық дисплейі бар. "Жартылай бүтін"

белгі- осы дисплей белгілеулердің номиналды саны шек арқылы шығатын сандарды көрсете алатындығына шарттылық көрсеткіш. Мысалы, 1-2 В диапазонда 3,5- мәнді (3,5-разрядты) дисплейде 1,999 В дейін кернеу нәтижесін көрсетіп береді. Толық кедергі өлшеуіштері. Аталған конденсатордың сыйымдылығын, резистордың кедергісін, индуктивтілік катушкасының индуктивтілігін сонымен қатар конденсатордың толық кедергісін немесе резистор мен индуктивтілік катушкасын есептейтін және көрсететін арнайы құралдар. 0,00001 пФ - 99,999 мкФ сыйымдылықпен, 0,00001 Ом - 99,999 кОм кедергі, 0,00001 мГ - 99,999 Г индуктивтілікті өлшеуге мұндай типтегі аспаптар кездеседі. Өлшеуі 5 Гц - 100 МГц жиіліктерде орындалуы мүмкін, дегенмен де ешқандай аспап жиіліктің түгел диапазонын жасай алмайды. 1 кГц жуық жиілікте қателігі 0,02% болуы мүмкін, дегенменде нақты жиілік диапазондары мен өлшейтін мәндердің шекарасы қасында төмендей алады екен. Біршама аспаптарда катушканың мықтылығы немесе өлшеніп алынған мәндер есептелген конденсатор шығынының коэффициенті сияқты туынды мәндерін де көрсетуі мүмкін.

Кернеу, тоқ күші және тұрақты тоқтағы кедергіні өлшеуге алналған тұрақты магнитпен және көптеген ораммен қозғалыстағы бөлікпен аналогты магнитті электрлік аспаптар пайдаланылады. Типті осындай аспаптар 0,5-5% қателікте бола алады. Бұлар қарапайым түрде сонымен қатар қымбатта емес (мысалы - тоқ пен температураны көрсететін көлік аспаптары), дегенмен де қандай бір санды нақты қажет санайтын кезде пайдалана алмаймыз. Өлшеу көпірлері. Өлшеу көпірі – көп жағдайда резистор, конденсатор және индуктивтілік катушкаларынан құралған 4 иіндісі бар электрлік тізбек, аталған құрамдардың параметрлерінің бөлінділерін табуға жасалған. Тізбектің кері полюстерінің бір бөлігіне қуат көзі, екіншісіне – нөлдік детектор жалғанады. Өлшеуіш көпірлер тек ғана өлшеудің максималды нақты керек ететін кездерде пайдаланамыз. (Нормалы нақтылықпен өлшеу сандық құралдарды пайдаланған ыңғайлы, себебі бұлар пайдаланғанда жеңіл). Айнымалы тоқтың өте керемет трансформаторлық өлшеу көпірлері 0,0000001% қателікте (қатынас өлшеу) беріледі. Кедергіні өлшеу үшін қарапайым көпір тапқыр Ч.Уитстонның атына берілген. Тұрақты тоқтың қос өлшеу көпірі. Резисторға 0,0001 Ом сонымен қатар осыдан үлкен кедергіні белгілемей, мыс сымдарын жалғау өте ауыр.

1 Ом кедергіде осындай сымның бола білгені 0,01% қатені көрсетеді, дегенменде 0,01 Ом кедергі 10% қате болады. Схемасы 2-суретте берілгеннен қос өлшеу көпірі (Томсондық көпір) кіші номиналды үлгі резисторларының кедергісін өлшеу үшін ыңғайластырылған. Осындай 4 полюсті көрсеткіш резисторларының кедергісін солардың тоқ қысатын зажимдары (с1, с2 және с3, с4) бойынша тоққа солардың потенциалды қысатындарында ( $R_s$  резисторының  $r_1$ ,  $r_2$  және  $R_x$  резисторының  $r_3$ ,  $r$ , 2-сурет) кернеу бөліндісі тұрғысында есептейді. Омындай әрекетпен қосушы сымның кедергісі анықтай алатын кедергіні өлшеу салдарына қате кетілуі берілмейді.  $m$  және  $n$  екі қосымша иіндер с2 мен с3 қысқыштары бойынша байланыстыратын сымдардың бір әсерін әрекет жасатпайды.

Мұндай иіндердің  $m$  және  $n$  кедергісін

$$M/m = N/n$$

формуласы есептейтіндей жасап алады. Сосын,  $R_s$  кедергісін өзгертіп алып, 0-ге келтіреді және де  $R_x = R_s (N/M)$  есептейді

### **Өзін-өзі бақылау сұрақтары:**

1. Ампер-вольтметрдің атқаратын қызметін атау;
2. Аспаптың жабдықталуын айқындау;
3. Көпірмен кедергіні өлшеу

## **19 дәріс. Электр қуаты мен энергиясын өлшеу**

Тұрақты ток тізбегіндегі қуатты өлшеу үшін арнаулы аспап керек емес, өйткені қуатты  $P=UI$  вольтметр мен амперметр көрсетімдерімен есептеп шығаруға болады. Айнымалы ток тізбегіндегі қуат кернеу мен токқа ғана емес, арасындағы фаза ығысуына да тәуелді:  $P = UI \cos \varphi$ . Сондықтан айнымалы ток қуатын өлшеу үшін арнаулы аспап – электрдинамикалық немесе ферродинамикалық жүйедегі ваттметр қолданылады. Электродинамикалық ваттметрдің айналдырушы моменті кернеу мен ток көбейтіндісіне пропорционал. Ваттметрдің айнымалы ток тізбегіне қосқан кезде екі орауыштағы ток бағытының бірдей игеруі айналдырушы моментке әсер етпейді. Бірақ ваттметр орауыштағы токтың фазасын  $180^\circ$ -қа ал айналдырушы моменттің бағытын өзгертеді.

Ферродинамикалық ваттметрлердің дәлдігі төмен. Оларды гистерезис әсеріне байланысты тұрақты ток тізбегінде қолдануға болмайды.

*Физикалық шаманың мәні* - физикалық шаманың мәнін қабылданған өлшем бірлігі түріндегі сан түрінде бағалау.

*Тікелей өлшеу* - тікелей тәжірибе барысында физикалық шаманың мәнін өлшеу.

*Жанама өлшеу* - тікелей өлшенетін физикалық шама мен қажетті өлшенетін шаманың өзара тәуелділігін қолдана отырып өлшеу тәсілі.

*Өлшеу құралдары* - өлшеуге арналған нормаланған метрологиялық қасиеттері бар техникалық құралдар.

*Өлшеу аспабы* - өлшеу ақпарат сигналын қабылдауға ыңғайлы пішінге түрлендіретін өлшеу құралы.

Абсолют дәл аспаптар болмайтындықтан, аспап көрсетулерінің нағыз өлшенетін шамадан айырмашылығы болады. Аспаптардың көрсетуі мен өлшенетін параметрдің нақты мәнінің айырмашылығы *абсолют қателігі* деп аталады.

Абсолют қателігінің өлшенетін параметрдің нақты мөлшеріне қатынасы аспаптың *салыстырмалы қателігі* деп аталады  $\gamma_{\text{сал}} = \frac{\Delta A}{A}$ .

### **Өзін-өзі бақылау сұрақтары:**

1. Электр тізбегінің берілген аймағындағы пайдаланылатын тұрақты токты анықтау;
2. Индукциялық есептегіштер қолданылатын мақсатын анықтау;
3. Есептегіштердің шамаларын атау

## **9 бөлім. Электроника негіздері**

### **20 дәріс. Электрониканың физикалық негіздері. Электрондық эмиссия**

**Электроника** – ғылым мен техниканың вакуумда, газда, сұйықта, қатты дене мен плазмада, сондай-ақ олардың бір-бірімен жанасу шекарасында байқалатын электрондық және иондық құбылыстарды зерттеуге және оларды қолдануға арналған саласы. Оның физ. Э. және тех. Э. деп аталатын басты екі саласы бар. Физикалық Э. электрондық және иондық құбылыстарды, электрондық және иондық приборларды, құрылғылар мен қондырғыларды құрастыру принципін, электрондық және иондық приборлардың көмегімен электр энергиясын қабылдау, түрлендіру және беру принциптерін, электрондар мен иондар ағынының затқа әсер ету механизмін теор. және тәжірибелік жолмен зерттейді. Техникалық (қолданылмалы) Э. электрондық және иондық приборларды, құрылғылар мен қондырғыларды ғылымда, өнеркәсіпте, байланыста, а. ш-нда, құрылыста, көлікте, т.б. салаларда пайдаланудың теориясы мен практикасын қамтиды. Э. пайда болмастан бұрын электр доғасы (1802), газдағы солғын разряд (1850), катод сәулелері (1859), т.б. ашылып, қыздыру шамы (1873) құрастырылды. Ғылым мен техниканың дербес саласы ретінде Э. тек 19 ғ-дың соңы мен 20 ғ-дың басында қалыптасты. Бұл кезеңде термоэлектрондық эмиссия (1883), фотоэлектрондық эмиссия (1889) құбылыстары ашылды, электронды сәулелік түтік (1897), вакуумдық диод (1904), вакуумдық триод (1907), кристалдық детектор (1900 – 05) жасалды. Радионың ойлап табылуы (1895) Э-ның одан әрі дамуына шешуші ықпал етті. Э-ны адамның іс-әрекетінің әр алуан саласында пайдалану нәтижесінде ой еңбегі мен дене еңбегінің өнімділігін күрт арттыруға, өндірістің экон. көрсеткіштерін жақсартуға, басқа тәсілдермен орындалмайтын кейбір мәселелерді шешуге мүмкіндік берді. Тех. Э. радиоэлектроника, өнеркәсіптік Э., көліктік Э., мед. Э., геол. Э., ядр. Э., және т.б. жеке салаларға бөлінеді. Ал тех. Э-ның құрылғылары мен жүйелері ақпараттық Э. (атқарушы тетікті технол. процесс пен биол. нысанды басқару, өлшеу, қадағалау мақсатында қажетті ақпаратты қабылдау, жинақтау, өңдеу, сақтау, беру мәселелеріне арналды), энергет. Э. (электр энергиясын өндіру, түрлендіру және беруге арналады) және технол. Э. (материалдарды не бұйымдарды мех., термиялық, т.б. өңдеу мақсатында затқа эл.-магн. өрістің не бөлшектер ағынының тікелей әсер етуіне арналады) болып 3 класқа ажыратылады.

#### **Өзін-өзі бақылау сұрақтары:**

1. Термоэлектронды эмиссия туралы жалпы түсінік беру;
2. Үште екі заңын зерттеу.

### **21 дәріс. Жартылай өткізгіштік аспаптардың құрылысы**

Жартылай өткізгіштер өткізгіштік жағынан диэлектриктер мен металдар арасында орналасқан. Олар өзара меншікті және қоспалы болып, ал соңғысы р- және n-текті болып екіге бөлінеді.

Жартылай өткізгіштерге негізінен Менделеев кестесінің IV тобының элементтері Si (кремний), Ge (германий) жатады. Олардың кристалл торының алмаз, графит торына (тетраэд) ұқсастығын ескере отырып, олардың өте қатты денелер қатарына жататынын білеміз.

Аталған элементтермен қатар жартылай өткізгіштерге меншікті кедергілері  $10 - 10 \text{ Ом} \cdot \text{см}$  аралығында орналасқан әр түрлі тотықтар мен қосындылар да (мысалы, GaAs, InSb т.б) жатады.

Жартылай өткізгіштердің электр тоғын өткізу қасиетін зоналық теория тұрғысынан айқындап, дәлелдеген жөн. Бұл теория бойынша әрбір атомның құрылысында бірнеше электрондық қабаттар, яғни энергетикалық деңгейлер болады. Тұрған деңгейіне байланысты әрбір электронға өзіндік орбита сәйкес келеді. Электронның осы энергетикалық деңгейін сипаттау үшін физикада 4 кванттық сан еңгізілген: 1 - «бас» кванттық сан; 2 - «орбиталық» кванттық сан; 3 - «орбиталық магниттік» кванттық сан; 4 - магнит спині.

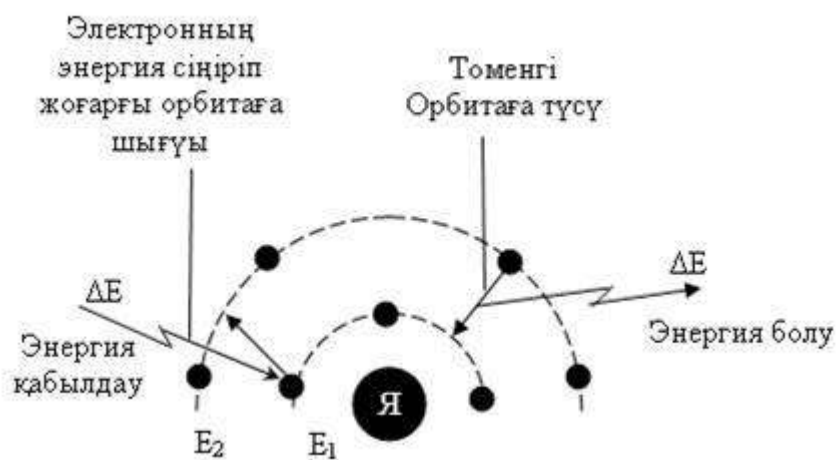
Осы қабылданған сандардың физикалық мәндерін түсіну үшін мынадай физикалық ұқсастыққа жүгінуге болады. Мәселен, өз алдына жеке дара алынатын атом жер шарына ұқсас дедік. Онда атом орбитасында айналып жүрген электрондардың, былайша айтқанда, жер серіктерінің күйін сипаттау үшін қандай анықтамалық көрсеткіштер енгізуіміз керек? Біріншіден, жер серігінің орбитасының ең алыс (апогей) және ең жақын (перигей) шектерін белгілеуіміз керек. Осы шамаларға атом құрылысындағы орбитасының апогейі мен перигейін көрсетеді.

Айтылған екі шама тек орбита көрсеткіштері болып қалады да, электронның өз жағдайын толық бағалай алмайды. Ондай анықтаманы алу үшін қосымша тағы екі шарт енгізуіміз керек: а) электрон орбитасының кеңістік бойынша бағалануы – орбиталық магниттік кванттық сан; ә) электронның өз қозғалысының орбита кеңістігіне бағдарлануы немесе өз осі бойынша оңға немесе солға қарай айналуы (магниттік спин).

Осы аталған төрт сан арқылы электронның энергетикалық деңгейіне толық баға беруге болады.

Бор постулаттары бойынша электрон шексіз өмір сүру үшін тек белгілі бір рұқсат етілген орбитада ғана (кванттық сандарына сәйкес) айналуы керек, яғни тек белгілі энергетикалық деңгейде өмір сүруі тиіс. Тек осындай жағдайда ғана электронның энергиясы

шағындалмай, ол шексіз өмір сүре алады. Егер электрон тыйым салынған деңгейге (орбитаға) өтетін болса, онда оның энергиясы бірте - бірте шағындала келіп, ол түбінде ядроға құлап түскен болар еді. Сондықтан әрбір атомның электрондары тек белгілі бір рұқсат етілген энергетикалық деңгейлерде ғана өмір сүреді де, ал бір деңгейден екінші деңгейге (рұқсат етілген) ауысуы сырттан энергия қабылдаумен немесе сыртқа энергия шығарумен ұштасады. Мысалы, электрон жоғарғы орбитадан төменгі орбитаға ауысты делік. Бұл электронның жоғарғы энергетикалық деңгейден төменгі энергетикалық деңгейге ауысуымен сәйкес келеді де, артық энергия сыртқа жылу немесе сәуле ретінде бөлініп шығады. Ал электронның төменгі деңгейден жоғарғы деңгейге шығуы электронның сырттан қосымша энергия алуына байланысты (2.1 - сурет). Суреттегі  $E_1$ ,  $E_2$ - энергетикалық деңгейлердің шамалары, ал  $\Delta E = E_1 - E_2$  – олардың айырымы (қабылданатын немесе бөлінетін энергия мөлшері).



2.1 – сурет. Электрондардың энергетикалық деңгейлерін ауыстыруы

Жоғарыда жеке дара алынған атомның энергетикалық деңгейлерін қарастырдық. Ал өмірде атом жеке күйде кездесе бермейді де, оны біз белгілі бір қасиеттері бар атомдар жиынтығы, яғни зат ретінде білеміз. Мұндай жағдайда, атомдардың бір - біріне өзара әсер етуіне байланысты, олардың энергетикалық деңгейлері тарамдала, кеңі келе, энергетикалық зоналарға айналады екен (Зоналық теория деп аталуы да осыдан). Сонда жоғарыда аталған үш энергетикалық

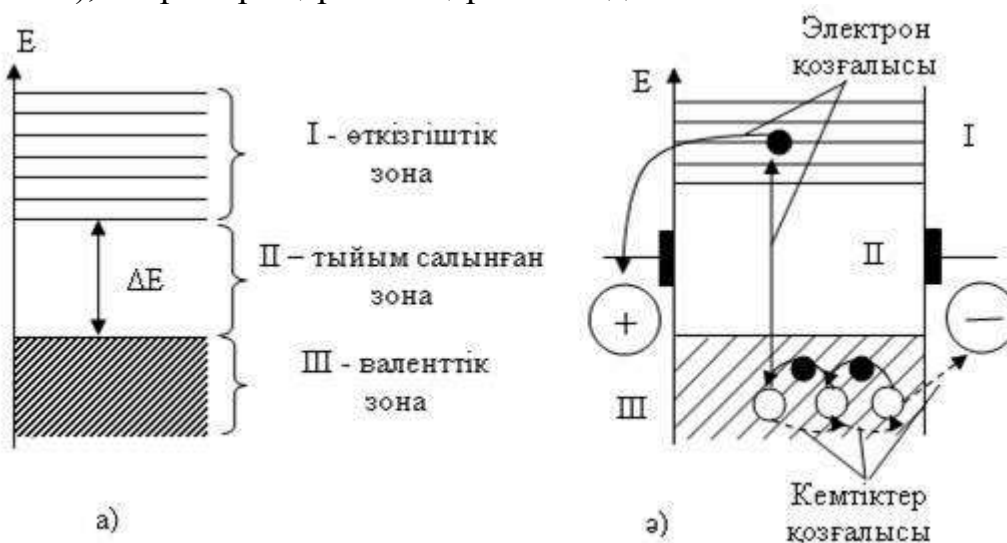
деңгейге үш энергетикалық зона сәйкес келеді де, (2.2,а - сурет), олар былай аталады:

1 - өткізгіштік зона (электрондар осы зонаға өткен жағдайда өткізгіштік электр тоғы пайда болады);

2 - тыйым салынған зона (электрондар бұл зонада бола алмайды, өйткені, егер энергиясы  $\Delta E$ -ден артық болса, 1- зонаға өтеді, ал кем болса, онда кері, валенттік 3- зонаға қайтады);

3 - валенттік электрондармен толтырылған зона.

Валенттік зонадан электрондар кете қалған жағдайда, онда бас орындар – кемтіктер пайда болады. Электрондар қозғалысының тоқтың пайда болатыны тәрізді, кемтіктер қозғалысынан да ток құралады. Мұндай кемтіктер өткізгіштігі бар дейді. Бірақ екі өткізгіштіктің де пайда болу себебі – электрондар қозғалысы: тек біріншісінде электрон орнын бірден ауыстырып, ток өткізуге тікелей қатысады да (электронның 3 - зонадан 1 - зонаға ауысуы, 2.2,ә - сурет), ал екіншісінде электрон орнын сатылап ауыстырады. Мұнда бірінші кезекте пайда болған бос орын – кемтікті көрші атомның электроны толықтырады да, кемтік көрші атомға ауысады; ал келесі кезекте пайда болған бос орынды үшінші атомның электроны толықтырады т.с.с. (2.2,ә - суреттің 3 - зонасын қараңыз). Ал электрондар мен кемтіктер қозғалысының бағыты сыртқы қосылған кернеу бағытымен анықталады да (2.2,ә - суретте кернеудің бағыты +, - таңбаларымен көрсетілген), олар өзара қарама – қарсы болады.



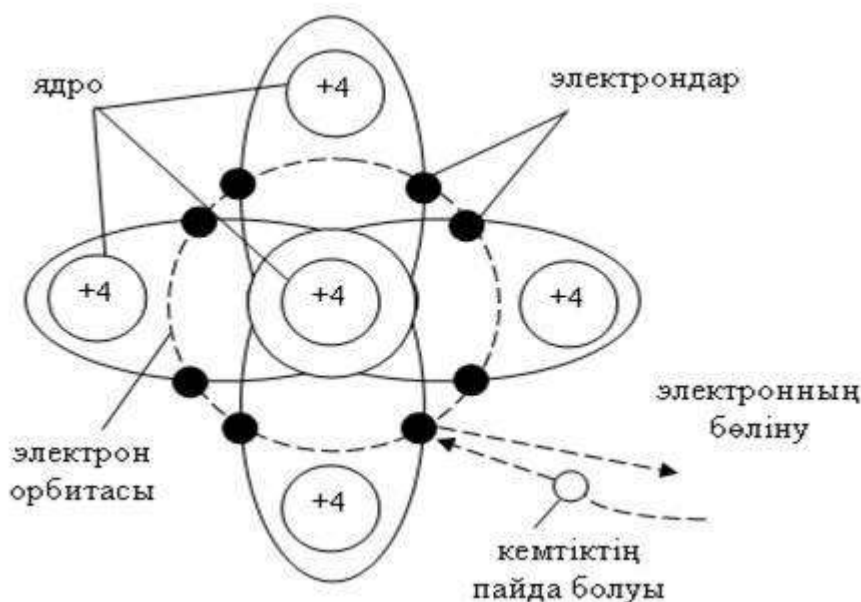
а - зоналар құрылымы, ә - электронөкемтік қозғалыстары

2.2 - сурет. Зоналар құрылымы және қозғалыстары

Мұнда оқырман байқап отырғандай, электрондардың кемтіктерге қарағанда орындарын бірден ауыстыратындығына байланысты электрондық өткізгіштік кемтіктік өткізгіштікке қарағанда әлде қайда жылдам болып шығады. Сондықтан да электрондық өткізгіштік негізінде жасалған электрондық аспаптар кемтіктік негізінде аспаптардан тездік жағынан болсын, жиілігі жағынан болсын басым келеді.

Заттардың өткізгіштік жағынан өзара жіктелуіне зоналық теория тұрғысынан да баға беруге болады. Мысалы, тыйым салынған зонаның ені шамамен 0,5 - 3 эВ аралығында болса, онда ондай заттар жартылай қатарына жатады, ал егер одан кем болса, өткізгіштерге, ал артық болса, онда диэлектриктерге жатады.

Электрон – кемтік жұбының пайда болуын кристалл торынан да көруге болады. Мысал ретінде Ge торын алайық. Әрбір атомның жоғарғы қабатында төрт электрон (4 валентті болғандықтан) бар. Көрші атомдар өзара бір-бір электрондарымен алмаса отырып, коваленттік байланыс құрады да, алынған кристалл торы тетраэд болып шығады. Күрделі кеңістік құрылым болғанына қарамастан, осы кристалл торын қарапайым жазықтық кейіпте де көрсетуге болады (2.3 - сурет).



2.3 – сурет. Кристалл торында электрон-кемтік жұбының пайда болуы

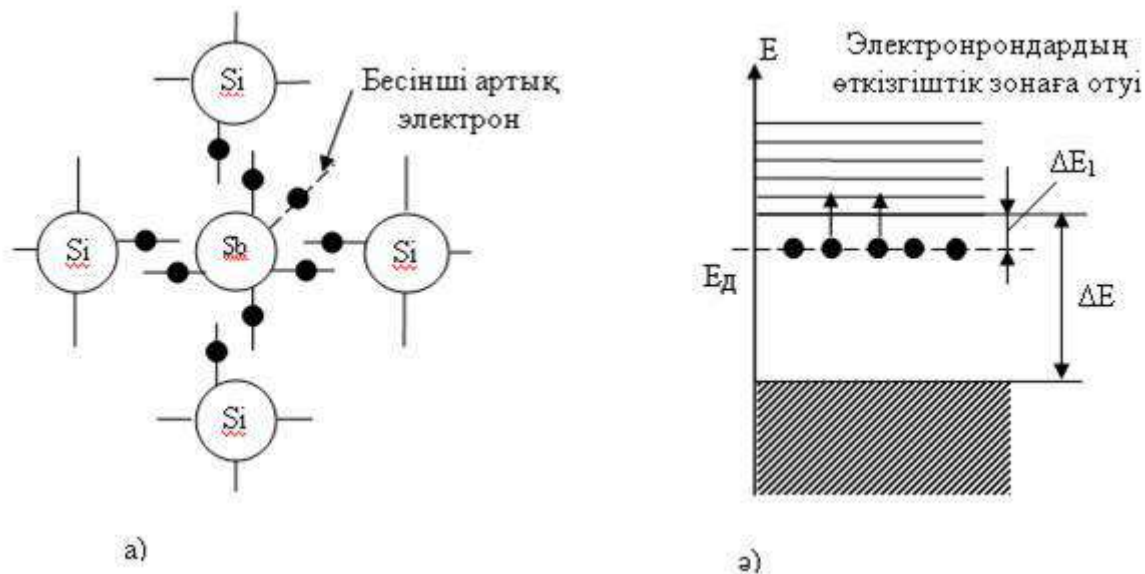
Суретте әрбір Ge атомы +4 (ядро заряды) белгісімен өрнектеліп, ал электрон жұптары орбита деңгейлерінде көрсетілген (суретте



электрондардың толық саны тек орталық атомда ғана берілген). Көріп отырғанымыздай, осы орталық атомның сыртқы қабатында (орбитасында) 8 электрон бар (4 өз электроны, 4 көрші атомдардан алмастырылған). Бұл, әрине бір сипатты атомдар құрылысынан тұратын Ge торының өте берік құрылым екендігін дәлелдейді.

Енді берілген сурет бойынша өткізгіштік қасиеттің пайда болу жолын талдап көрелік. Белгілі бір себеппен (жылу, сәуле т.б) кристалл торынан бір электрон босап шықты делік (2.3 - суретте үзікті сызықпен көрсетілген). Босаған электрон электр тоғын өткізуге бірден кірісе алады да, бұдан пайда болған өткізгіштік *электрондық немесе n- текті (negativ* сөзінің бас әрпінен ) өткізгіштік деп аталады. Ал электронның босаған орны кемтік болады да, оған байланысты өткізгіштік кемтіктік немесе p - текті (positive – оң текті) деп аталады. 2.3 - суретте электрон боялған қара дөңгелекпен, ал кемтік боялмаған дөңгелекпен кескінделіп, олардың пайда болу бағыттары үзікті және үзікті-нүктелі сызықтармен көрсетілген.

Көрсетілген электрон - кемтік жұбының пайда болуына байланысты туған өткізгіштік жартылай өткізгіштердің *меншікті өткізгіштігі* болып табылады. Меншікті өткізгіштің шамасы өте аз. Мысалы, бір электрон - кемтік жұбының пайда болу мүмкіндігі шамамен  $2 \cdot 10^9$  атомға сәйкес келеді екен. Сондықтан да электрондық аспаптар жасауда жартылай өткізгіштердің тікелей таза түрі пайдаланылмай, олардың белгілі бір қоспалы түрлері қолданылады. Қоспа ретінде Менделеев кестесінің III (In, B, Al) және V топтарының (As, Sb) элементтері пайдаланылады. Мәселен ретінде 5 валентті қоспаның әсерінен зерттеп көрелік. Нақтылық үшін негізгі жартылай өткізгіш ретінде кремнийді (Si), ал қоспа ретінде сурьманы (Sb) алайық. Алып отырған қоспамыз 5 валентті болғандықтан оның жоғарғы орбитасында 5 электрон болуы керек. Оның төртеуі көрші Si атомдарымен коваленттік байланысқа түседі де, ал бесіншісі бұл байланыстан тыс, оқшау қалады (2.4,a - суретті қараңыз).



а- кристалл торы және б - оның зоналық диаграммасы

2.4 – сурет. n жартылай өткізгішінің кристалл торы

Осы артық қалған электронның ядроға тартылыс күші өте әлсіз болады да, оған аздап энергия бергеннің өзінде де, ол кристалл торынан босап шығып, тоқ өткізуге қатыса алады.

Ал егер осы электрон атом құрылымын тастап кете қойған жағдайда Sb атомы қандай күйде болар еді? Осы қалған оң зарядталған (электрон кеткендіктен) қоспа атомын электр тоғын түзе алатын кемтікпен салыстыруға бола ма? Болмайды екен! өйткені Sb атомы оң зарядталғанымен кремнийдің кристалл торымен мықты байланыста қалып, бір атомға ғана тән, өткізгіштік тоққа үлесін қоса алмайтын, қозғалмайтын ион құрады. Ал, кемтік дегеніміз – екі атомға бірдей тән, кез келген электронмен толықтырылып, орнықты атом құрылысын бере алатын бос орын.

Жоғарыда аталған Sb қоспамыз жартылай өткізгішке электрондық немесе n-текті өткізгіштік береді де, *донор* деп аталады (артық электронын беріп отыр). Зоналық теория бойынша донордың энергетикалық деңгейі тыйым салынған зонада (басқа элемент болмағандықтан) өткізгіштік зонаның түбіне жақын орналасып, электрондардың өткізгіштік зонаға өтуін көп жеңілдетеді (2.4,б - сурет). Суретте көрсетілгендей, донордың энергетикалық деңгейі (E) электрондарға бай да, оның үстіне олардың өткізгіштік зонаға өтуіне бар болғаны  $\Delta E$  энергиясы (2.4,б - сурет) қажет. Бұрынғы таза жартылай өткізгіштің тыйым салынған зонасының еніне ( $\Delta E_0$ -ге) қарағанда, бұл әлдеқайда аз:  $\Delta E \ll \Delta E_0$ .

*n* жартылай өткізгішінде электрондар *негізгі заряд тасушылар* деп аталады. Өте аз болғанымен мұнда кемтіктер де бар (меншікті өткізгіштің арқасында). Олар – *негізгі емес заряд тасушылар*.

Егер де біз, қоспа ретінде үш валентті элемент алатын болсақ, онда оның маңайында бір электронның жетіспейтіндігі байқалар еді (8 болу үшін). Осы жетіспеушілікке байланысты кез келген көрші атомның электроны осы орынға ауыса алады. Онда қоспаның атомы теріс зарядталып, қозғалмайтын теріс ион құрады да, ал кеткен электронның бос орны кемтік болып шығады. Мұндай жартылай өткізгіш *кемтіктік немесе p-текті жартылай өткізгіш болып*, ал қоспа *акцептор* деп аталады.

*p* - текті жартылай өткізгіште негізгі заряд тасушылар кемтіктер де, негізгі емес *i* – электрондар болып табылады. Жоғарыда донорға байланысты ескертілгендей, кемтікті бөліп алған жағдайда, акцептор атомы қозғалмайтын теріс ионға айналады. Зоналық теория тұрғысынан акцептордың энергетикалық деңгейі тыйым салынған зонада валенттік зонаның төбесіне жақын орналасып, кемтіктердің осы деңгейден валенттік зонаға ауысуын жеңілдетеді.

Қорыта келгенде, жартылай өткізгіштер меншікті, қоспалы болып екіге бөлінеді. Меншікті жартылай өткізгіштер өмірде тікелей аз қолданылғанымен, электрондық аспаптарға қажетті қоспалы жартылай өткізгіштердің (*p* -, *n* -текті) негізі болып табылады. Олай болса, біз неге өте таза жартылай өткізгіштік шикізат алуға тырысамыз? Ол үшін тіпті ғарышта тәжірибе жасауға ғарышкерлерімізге тапсырма береміз. Оның себебі мынада. Белгілі бір сапалы электрондық аспап жасау үшін тек белгілі бір қасиетті қоспалы жартылай өткізгіш қажет. Оны алу үшін тек белгілі бір мөлшерде ғана қоспа қосуымыз қажет. Ал қанша қоспа қосқанымызды анық білу үшін бастапқы негізгі шикізатымыз өте таза болуы тиіс. Оның тазалығына қойылатын талаптың күштілігі соншалықты, көзе көрінбейтін шаң - тозаңның әрі-бері бөлшегін есептеуімізге тура келеді. Мысалы, кәдімгі өзіміз демалатын 1 м<sup>3</sup> ауада 50 млн шаң - тозаң болады екен. Ал электрондық аспаптың жоспарланған қасиетін қамтамасыз ететін таза жартылай өткізгіш алу үшін « 1 м<sup>3</sup> ауадағы шаң - тозаңның саны 3 - 3.5 мыңнан аспауы керек. Сол себептен де электрондық өндірістің электрондық аспаптар

жасайтын цехтары арнайы таза ауамен қамтамасыз етіліп, олар *таза өндірістік жай* деп аталады.

### **Өзін-өзі бақылау сұрақтары:**

1. Диод түсініктеме беру
2. Айнымалы тоқтың түзеткіші болатын электрондық элементтерін атау
3. Бір және екі жартылай жиілікті түзеткіштердің жұмысын график арқылы түсіндіру
4. Түзеткіштердің сызбасын атау

### **Практикум – 60 сағат**

#### **Зертханалық жұмыс және техника қауіпсіздігі ережелері:**

Электр техникасының зертханасында жұмыс жасаған кезде, білім алушы келесі ережелерді орындауы қажет:

1.Зертханалық жұмысқа кірісер алдында, ішкі тәртіппен және техника қауіпсіздігі ережелерімен танысуы қажет:

2.Техника қауіпсіздігі бойынша нұсқау алып, журналына қол қоюы қажет.

3.Зертханада жұмыс жасаған кезде өзімен бірге жұмыс орнын заттарды әкелуге тыйым салынады.

4.Зертханада дауыстап сөйлесуге, жұмыс жабдықтарын тастауға, бір стендтен келесіне ауысуға тыйым салынады.

5.Зертханалық жұмысқа кірісер алдында, білім алушылар бригадаға топпен бөлінеді.

6.Электр тізбегін жинауда қорек кернеу ажыратылған және зертханалық практикадағы жалғау сымдарын қатаң схемаға сәйкес жүргізу қажет.

7.Электр тізбегін жинау кезінде, жалғау сымдарының түйін болып оратылмауын және бүгілмейін қадағалау қажет.

8.Жиналған электр тізбегі оқытушыға тексеру үшін көрсетіледі.

9.Тізбек жалғанылғаннан кейін кернеу астына қосу тек зертханашы немесе оқытушы қатысқан кезде рұқсат етіледі.

10.Электр тізбегінде ақаулықты анықтаған кезде қорек көзін тораптан ажыратып, оқытушыға ескеру қажет.

11.Жиналған электр тізбегін ауыстыру және түзету кезінде тек қорек кернеуі ажыратылған кезде жүргізуге рұқсат етіледі.

12. Конденсатормен жұмыс жасаған кезде, оның қыспақтарында, тораптан ажыратылған кезде де, бірнеше уақытқа электр заряддары сақталатынын есте сақтау қажет.

13.Электр аппараттар мен стендтегі приборлар зақымдаған кезде, сонымен қатар түтін, спецификациялық иіс немесе шоқ пайда болғанда, дереу қорек көзінен ажыратқыш арқылы стендті айырып, оқытушыға ескерту қажет.

14.Зертханалық жұмысты орындағаннан кейін, қорек көзін ажыратып, электр тізбегі және жұмыс орны жиналады.

15.Стендпен жұмыс жасаушы электртоғына түскен жағдайда, дереу стендті қорексіздендіріп, есінен танған жағдайда дәрігерге дейінгі алғашқы көмек көрсету қажет.

## **Зертханалық-практикалық жұмыс 1. Конденсаторлардың жалғануы**

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

**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.

Конденсатордың зарядты жинақтау қабілетін көрсететін физикалық шама – электр сыйымдылығымен біз алдыңғы сабақта танысқанбыз.

Өткізгіштің электр сыйымдылығы мынандай факторларға байланысты өзгереді:

1. Өткізгіштің электр сыйымдылығы оған екінші зарядталмаған өткізгішті жақындатқанда артады;
2. Екінші өткізгішті жерге жалғау бірінші өткізгіштің электр сыйымдылығын арттырады;
3. Қатты диэлектриктің болуы жүйенің электр сыйымдылығын арттырады;
4. Диэлектриктің қалыңдығын азайтса, өткізгіштер жүйесінің сыйымдылығы артады;

5. Диэлектриктің диэлектрик өтімділігі артқанда, жүйенің электрсыйымдылығы артады;

6. Өткізгіштердің бір-бірімен айқасу ауданын арттырғанда жүйенің электрсыйымдылығы артады;

Конденсаторларды сыртқы механикалық әсерлерден қорғау үшін оларды арнайы корпустармен қаптайды.

Конденсаторды схемада мына түрде белгілейміз:  
Халықаралық стандарт бойынша конденсаторларды жұмыс істеу принциптеріне байланысты тізбекте шартты түрде былай белгілейміз:

### ГОСТ 2.728-74

бойынша белгіленуі	Сипаттамасы
	Тұрақты сыйымдылығы бар конденсатор
	Поляризацияланған конденсатор
	Айнымалы сыйымдылығы бар конденсатор

Сипаттық тағайындалуына қарай конденсаторларды шартты түрде жалпы және арнайы қолданыстағы конденсаторлар деп бөлуге болады. Жалпы қолданыстағы конденсаторларға кең тараған төмен вольтты конденсаторлар жатады және олар құралдар мен аппараттардың көптеген түрлерінде қолданылады. Ал қалған конденсаторлардың барлығы арнайы қолданыстағы конденсаторлар деп аталады.

Оларға жоғарғы вольтты, импульстік, бөгетті жойғыш, дозиметриялық және т.б. конденсаторлар жатады.

#### Өзін-өзі бақылау сұрақтары:

1. Эксперименталды құрылғының жұмыс жасау принципін білу
2. Конденсаторлардың тізбектей және параллель жалғау
3. Жалғау формуласын жазу

### Зертханалық-практикалық жұмыс 2. Кедергілердің тізбектей, параллель және аралас жалғануы

Өткізгіштерді тізбектей және параллель жалғау — электр тізбектері элементтерінің екі негізгі жалғау түрі.

#### Өткізгіштерді тізбектей жалғау

## Өткізгіштерді тізбектей жалғау

Егер бірінші өткізгіштің соңы екінші өткізгіштің басымен, екіншінің соңы үшіншінің басымен жалғанса, онда мұндай қосуды тізбектей жалғау деп атайды.

$$1. I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

$$2. U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$3. R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

## 2-жағдай: Өткізгіштерді параллель жалғау

Егер өткізгіштердің басын бір ғана А нүктесінде, ал ұштарын екінші бір В нүктесінде жалғасақ, онда мұндай жалғауды өткізгіштердің параллель жалғау деп атайды.

Электр тізбегінің екі өткізгіштен артық өткізгіштер түйісетін нүктесін түйін (суретте А және В нүктелері) деп атайды.

Назар аударындар:

\*\*\* Өткізгіштерді тізбектей жалғағанда олардың ұзындықтары артатындықтан тізбек бөлігінің кедергісі артады. Ал параллель жалғағанда олардың көлденең қимасының ауданы артатындықтан тізбек бөлігінің кедергісі кемиді.

\*\*\* Өткізгіштердің кедергісі бірдей болғанда :

а) тізбектей  $R = 2R_1$

б) параллель  $R = R_1 / 2$

\*\*\* Кедергі әр түрлі болса:

$$R = (R_1 * R_2) / (R_1 + R_2)$$

Өткізгіштерді параллель жалғағанда, бөліктің толық кедергісі әрқашан бөліктегі ең аз кедергіден кіші болады.

1. Өткізгіштердегі кернеу түсуі өткізгіш кедергісінің шамасына тура пропорционал:

$$U_1 : U_2 : \dots : U_n = R_1 : R_2 : \dots : R_n$$

Өткізгіштердегі ток күштерінің қатынасы осы өткізгіштердің кедергілерінің кері шамаларының қатынасына тең:

$$I_1 : I_2 : \dots : I_n = 1/R_1 : 1/R_2 : \dots : 1/R_n$$

Суретте тізбектей жалғанған үш өткізгіштің сұлбасы берілген. Кедергісі  $R_1=36$  Ом өткізгіштегі кернеудің төмендеуі  $U_1 = 9$  В. Кедергісі  $R_2=64$  Ом болатын өткізгіштің кернеуін және олардың ұштарындағы кернеу  $120$  В болғандағы өткізгіштің  $R_3$  кедергісін анықтаңдар.

Жауабы: 16 В, 480 Ом

Суретте параллель жалғанған екі өткізгіштің сұлбасы берілген. Кедергісі  $R_1=44$  Ом өткізгіш арқылы  $I_1 = 5$  А ток өтеді.  $I_2 = 0,8$  А ток өткендегі өткізгіштің  $R_2$  кедергісін анықтаңдар.

Жауабы: 275 Ом

Кедергілері 20 Ом және 30 Ом болатын екі резистор кернеуі 24 В электр тізбегіне жалғанған. Тізбекке екі резисторды тізбектей және параллель жалғағандағы ток күші қандай? Жауабы: 0,48 А; 2

#### **Өзін-өзі бақылау сұрақтары:**

1. Резисторлардың жалғану түрлерін атау
2. Резисторлардың тізбектей, параллель және аралас жалғануының формуласын жазу.

#### **Зертханалық-практикалық жұмыс 6. Негізгі өткізгіштер мен геометриялық параметрлер және материалдардың нақты кедергілерінің тәуелділігін зерттеу**

**Жұмыс мақсаты:** Ван-дер-Пау әдісі бойынша жартылай өткізгіштердің меншікті кедергесін, негізгі заряд тасушылардың концентрациясын және холлдық қозғалғыштығын анықтау.

**Жұмыста қолданылатын жабдықтар:**



1. P-348 потенциометр.
2. ПЗ6-1 типті тұрақты ток көзі.
3. МСР-63 кедергілер магазині.
4. М2020 тілді қондырғы.
5. Қоректену көзі УИП-1 (600 В; 0,6 А).
6. Холл датчигі ДХГ-120.

## ҚЫСҚАША ТЕОРИЯЛЫҚ КІРІСПЕ

### *Холл эффектісі*

Холл эффектісі үлгіге бір бірімен қиылысатын электрлік және магниттік өрістер әсер еткенде холлдық потенциалдардың айырмашылығы деп аталатын жағдайдан пайда болады.

Егер электр өрісі (E) әсерінен пайда болатын қозғалатын заряд тасушының ығысу жылдамдығы ( $V_d$ ) үлгі бойынша бағытталса, ал магнит индукцияның векторы (B)  $V_d$ -ге перпендикуляр болса, онда ол Лоренц күші әсерінен  $F_{\text{Л}}=e[V_d \cdot B]$  бастапқы бағытынан қырының біреуіне ауысады. Нәтижесінде үлгінің ішінде көлденең электр өрісі пайда болады. Бұл өріс онымен байланысты Лоренц күшіне тең болғанша өсе береді. Онда

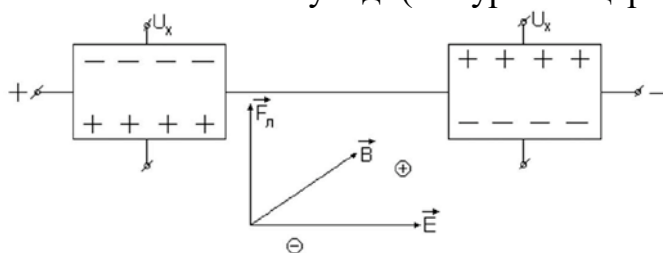
$$e E_z + e [V_d \cdot B]_z = 0 \quad E_z = V_x \cdot B_y \quad (1)$$

Үлгідегі ток тығыздығы  $j_x = env_x$  болғандықтан, (1.1.) берілуді мына түрде жазуға болады:

$$E_z = (1/en) j_x \cdot B_y = R [j \cdot B]_z \quad (2)$$

мұнда  $R = 1/en$  (3) - Холл коэффициенті.

Лоренц күші әсерінен заряд тасушылар өздерінің таңбаларына тәуелсіз бір бағытқа ауысады. Сондықтан Холлдың электр қозғаушы күшінің (Э.Қ.К) полярлығы үлгінің өткізгіштік типіне тәуелді (1-суретке қараңыз).



1- сурет. *n*- және *p*-типті жартылай өткізгіштерде өтетін Холл эффектісі.

Практикада  $E_z$  және  $j_x$  анықталмайды, ал Холл Э.Қ.К. және үлгімен өтетін ток  $J$  анықталады. Сондықтан (1.2.) формуланы қолайлы түрде жазуға болады

$$U_x = R (J_x B_x) / d \quad \text{немесе} \quad R = (U_x d) / J_x B_y, \quad (4)$$

мұнда  $d$ - магнит өрісі бағытында алынған үлгінің өлшемі.

Расында келтірілген Холл тұрақтысының элементар қорытындысы дәл емес. Больцманның кинетикалық тепе-теңдігіне негізделіп Холл эффектісін одан дәл қарастырғанда Холл коэффициенті заряд тасушылардың шашырау механизімін  $r$  константа арқылы есепке алу керектігін көрсетеді. Онда  $R = r/en$ .  $r$

шамасы холл-фактор деп аталады және былайша анықталады  $r = \frac{\mu_{n1}}{\mu_p}$ , мұнда

$\mu_{n1}$  - холдық қозғалғыштығы,  $\mu_p$  - өткізгіштігінің қозғалғыштығы. Акустикалық фонондарда шашырау кезінде ковалент кристалдар үшін  $r = 3\pi/8$ . Қоспа иондарда шашырау кезінде  $r = 315\pi/512 = 1,93$ , ал бейтарап қоспаларда  $r=1$ . Аралас өткізгіштік үшін Холл тұрақтысы жалпы жағдайда тек қана қозғалғыштықтардан және екі түрлі заряд тасушылардың концентрацияларынан тәуелді болмайды, онымен бірге магнит өрісінің шамасына тәуелді. Әлсіз өрістер жағдайында, басқаша айтқанда мынадай шартта

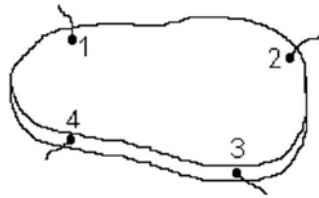
$$B \ll \max \{ 1/\mu_e, \mu_p \}. \quad (5)$$

Холл тұрақтысы мына берілумен анықталады

$$R = r/e (\mu_e^2 n_p - \mu_e^2 n_e) / (\mu_p n_p + \mu_e n_e)^2. \quad (6)$$

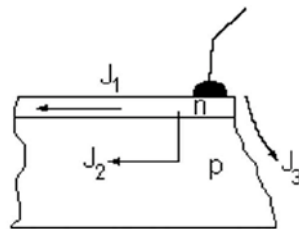
### ***Ван-дер-Пау әдісі***

Ван-дер-Пау жартылай өткізгіштердің меншікті кедергісі мен Холл коэффициентін кез келген контурлы жұқа пластиналарда немесе қабаттарда анықтау әдісін берген. Онда түйіспелер үлгі периметрі бойынша орналыстырылады (2- сурет).



2- сурет. Ван-дер-Пау әдісі бойынша жұқа пластинада түйіспелердің орналасуы

Жиі жағдайда төсеніш-жартылай өткізгішті қабат қос қабатты құрамы болып табылатын үлгілерде өткізіледі. Мұндай жағдайда нақты нәтижелерді алу үшін қабаттың кедергісі төсеніштің кедергісінен өте көп кем болу керек. Егер төсеніш изолятордан немесе компенсацияланған жартылай өткізгіштіктен жасалса, ондай жағдайдың орындалуы қыйын емес. Егер де өлшемдер  $p$ - $n$ -ауысуы бар үлгілерде өткізілсе, онда  $p$ - $n$ -ауысумен өтетін токтың  $J_2$  және беттік токтың  $J_3$  шамаларын (3- сурет) азайтуға тырысқан жөн. Бұл екі токтың қосындысы өлшенетін токтың  $J_1$  шамасынан 5%-тен аспау керек.



3-сурет.  $p$ - $n$ - ауысуы бар холдық үлгідегі токтың үлестірілуі

Ван-дер-Пау конфигурациясы кезінде қабаттық Холлдың коэффициентін магнит өрісін үлгісінің жазықтығына перпендикуляр қосқанда  $J_{24}$  токтың бағытына перпендикуляр  $V_{13}$  кернеуінің өзгеруімен табылады.  $R_s$  коэффициентті мына формуламен есептейді:

$$R_s = 10^8 \cdot (V_x d) / J_B .$$

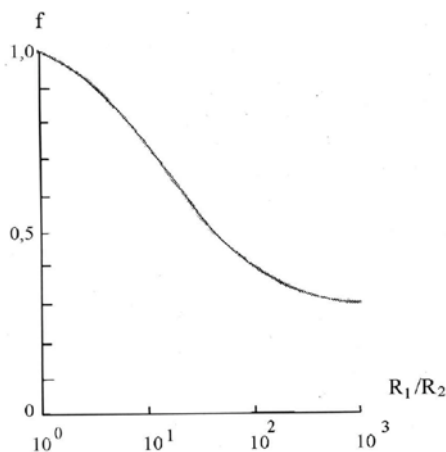
Қабаттық меншікті кедергісі  $\rho_s$  симметриялық конфигурация жағдайында басқа екі түйіспенің арасында ток  $J_{34}$  болғанда екі көршілес түйіспелердің арасындағы потенциал айырмашылығымен  $V_{12}$  табылады.

$$\rho_s = (\pi / \ln 2) \cdot (V_{12} / J_{34}) .$$

Егер электрод жүйесі симметриялы болмаса, онда  $\rho$ -ны анықтағанда геометриясына түзету кіргізу керек. Онда

$$\rho_s = (\pi h / 2 \ln 2) \cdot (R_1 + R_2) f (R_1 / R_2),$$

мұнда  $R_1 = V_{12}/J_{34}$ ,  $R_2 = V_{14}/J_{23}$ , ал  $f(R_1/R_2)$  - түзеткіш функция немесе  $f$ -фактор (4-сурет).



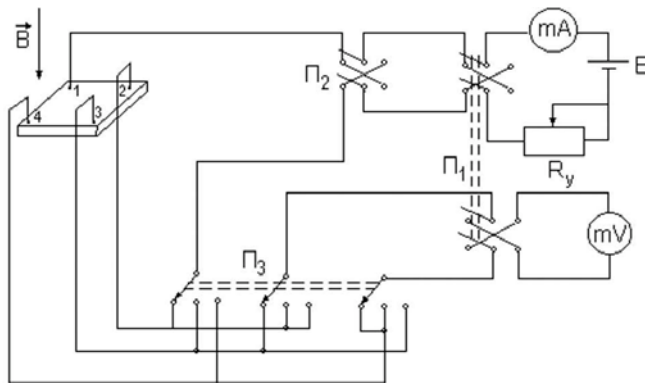
4- сурет.  $f(R_1/R_2)$  түзеткіш функцияның графигі

Егер үлгідегі түйіспелер пластинкалы пышақ тәрізді болып жасалса, және үлгі қырының барлық қалыңдығы пластинаның бет жазығына перпендикуляр қысылып тұрса, (9) формуласы дұрыс болады. Егер де түйіспелер үлгінің жазық бетінің бір жағынан жасалса, онда олардың формасымен және пластинаның шетінен орналасу қашықтығына тәуелді қателік пайда болады.

### ӨЛШЕУ ҚОНДЫРҒЫСЫ ЖӘНЕ ӨЛШЕУ ӘДІСІ

Келтірілген қондырғыда электрөткізгіштік және Холл эффектсінін өлшеуі Ван-дер-Пау әдісі бойынша өткізіледі. Қондырғыда компенсациялық өлшеуіш жартылай автоматталған потенциометрдің Р348 негізінде жиналған сұлбесі қолданылған, және тұрақты магнит өріс және үлгімен өтетін тұрақты ток қолданылған.

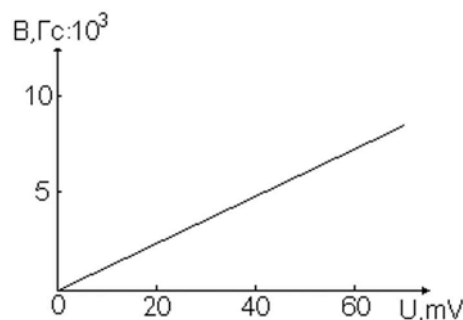
Зерттелетін үлгі шала изоляцияланған төсеніштегі эпитаксиалды өсірілген жартылай өткізетін қабат болып табылады. Қабаттың бетінде периметр бойынша төрт нүктелі омдық түйіспелер салынған, олардын көмегімен үлгіні өлшеу сұлбесіне қосады. Өлшеу қондырғысының сұлбесі 5 -суретте келтірілген.



5-сурет. Электрөткізгіштікті және Холл эффектсінін анықтайтын сұлбе

Мұнда Б - ПЗ6-1 типті тұрақты токтың көзі,  $R_y$  - МСР-63 кедергілер магазині, оның көмегімен үлгі арқылы өтетін токтын шамасы қойылады, токтың шамасы М2020 қондырғымен өлшенеді.

$\Pi_1$  ауыстырып қосқыштың көмегімен потенциометрдің қысқыштарындағы керек полярлықты сақтап үлгіден өтетін токтың бағытын өзгертуге болады.  $\Pi_2$  ауыстырып қосқышпен үлгіден өтетін токтың бағытын өзгертеді, ал  $\Pi_3$  ауыстырып қосқышпен өлшеу түрін таңдауға қолданады. Магнит өрісі В УИП-1 (600 В; 0,6 А) көзден қоректендірілетін электромагнитте пайда болады. Электромагниттің саңылауындағы магнит өрісі индукциясы В ДХГ-120 Холл датчигімен калибрленген график бойынша (6-сурет) осы қондырғыда өлшенеді.



6- сурет. Холл датчигін градуирлеу графигі.  $I = 12$  мА.

Есеп шығарғанда мына формулаларды қолдану қолайлы:

$$R_s = 10^8 (V_1 h / J B) \quad [\text{см}^3 / \text{Кл}^{-1}]$$

$$\rho_s = [\pi r (V_1 + V_2)] / (2 \ln 2 J) * f(R_1 / R_2) \quad [\text{Ом} \cdot \text{см}]$$

$$n = 1 / e R_s \quad [\text{см}^{-3}]$$

$$\mu = R_s / \rho_s \quad [\text{см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{сек}^{-1}],$$

### ЖҰМЫС ТАПСЫРМАСЫ

1. Өлшеулерді өткізуден бұрын ток көздерін және Р348 фотокүшейткішті электр желісіне жалғап 30 минуттың ішінде қыздыру керек.
2. Р348 потенциометрдің техникалық жазбасын оқып, инструкция бойынша қондырғыны жұмысқа дайындау керек.
3. Холл ЭҚК-шін өлшеу.
4. Жұмыс түрін таңдайтын ауыстырып қосқышты "Х" күйіне қою.
5. МСР-63 кедергілер магазинінің көмегімен үлгімен өтетін токтын шамасын 1 мА-ге тең қою керек.

6. Потенциометрдің көмегімен магнит өрісінің және үлгімен өтетін токтын екі бағыттағы ЭҚК-тің шамаларын өлшеу. Өлшеу нәтижелерін таблицқа кіргізу.

7. Меншікті кедергіні өлшеу.

8. 5-ші пункт бойынша операцияларды жасау.

9. Жұмыс түрлерін ауыстырып қосқышты кезектеп  $I_1$  және  $I_2$  күйге ауыстырып әр жағдайдағы үлгі арқылы токтын екі бағытпен өтетін ЭҚК-тің шамаларын өлшеу.

10. 10-13 формулалар бойынша зерттелетін үлгінің параметрлерін есептеу.

**ТҮСІНДІРМЕ:** барлық өлшемдерді жүргізгенде үлгімен өтетін токтын бастапқы қойылған шамасына тең болуын байқау керек.

### **Өзін – өзі бақылау сұрақтары:**

1. Электр және магнит өрісі болған жағдайда заряд тасушылардың қозғалысын сипаттап береңіз.
2. Жартылай өткізгіштердегі заряд тасушылардың типтеріне тәуелді Холл құбылысын және ЭҚК-тің таңбасын түсіндіріп береңіз.
3. Холл эффектісін зерттегенде қандай физикалық ақпаратты алуға болады?
4. Жартылай өткізгіштердің қандай физикалық қасиеттері Холлдық ЭҚК-нің шамасына өз ықпалын тигізеді?
5. Холлдық датчиктердің көмегімен магнит өрісінің индукциясын қалай өлшеуге болады?
6. Неліктен Холл электродтарының арасындағы потенциалдар айырымын магнит өрісінің қарама-қарсы бағытында екі рет өлшеу керек?

## **Зертханалық-практикалық жұмыс 7. Кедергілердің параллель және тізбектей жалғанған кедергілерін зерттеу**

### **1. Жұмыстың мақсаты.**

Қарапайым электр тізбегін жинауға, электр тізбегіне өлшеу аспаптарын қосуға машықтану. Ток пен кернеуді өлшеп үйрену, тұрақты токтың сызықты электр тізбектері үшін Ом және Кирхгоф заңдарының орындалуын тексеру. Тұрақты токтың электр тізбектеріндегі параллель және тізбектей қосылыстардың ерекшеліктерін зерттеу.

### **2. Алдын- ала дайындық**

2.1. «Тұрақты токтың сызықты электр тізбектері» тақырыбын, берілген зертханалық жұмыстың мазмұнын меңгеру және бақылау сұрақтарына дайындалу.

2.2. Зерттелетін тізбектердің шартты схемаларын сызу.

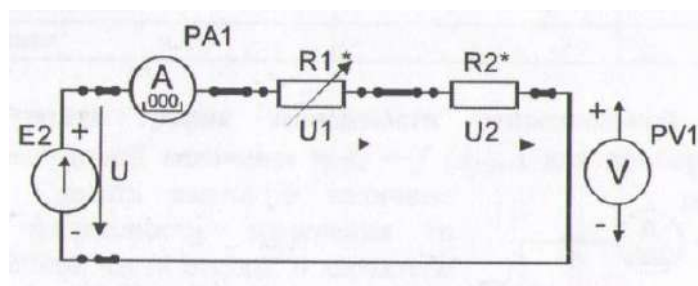
### **3. Жұмыстың орындалу тәртібі**

3.1. Зертханалық қондырғымен танысу

3.2. Элементтері тізбектей қосылған тұрақты токтың сызықты электр тізбегін жинаңыз (1- сурет).

1- кесте

Нұсқа	1	2	3
E2, В			
R1*			
R2*			



1- сурет.

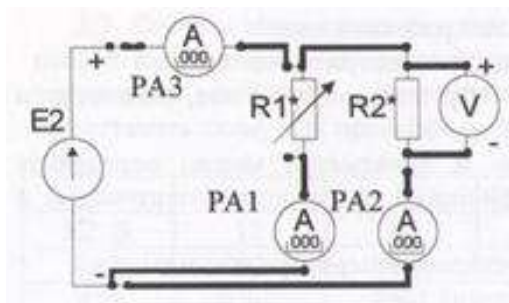
3.3. Стенді және E2 кернеу көзін қорек көзіне қосыңыз. E2 көздің шығысындағы клеммаларға вольтметрді қосып, берілген нұсқадағы кернеудің мәнін беріңіз. PV1 вольтметрін резисторлардың сәйкес ұяшықтарына қоса отырып, R1 және R3 резисторларындағы (тұтынушылар) кернеудің шамасын және тізбектегі I тоқты өлшеңіз. Өлшеу нәтижелерін 2-кестеге енгізіңіз. R1 кедергісінің шамасын өзгертіп, өлшеуді қайта жүргізіңіз. E2 қорек көзін өшіріңіз. Өлшеу нәтижелері бойынша әр тұтынушының (R1, R2) кедергісінің шамасын және жалпы (эквивалент) кедергіні  $R_{\Sigma}$  есептеу керек. Есептеу нәтижелерін 5- кестеге енгізу керек. Стенді өшіріңіз.

3.4. Өлшеу нәтижелерін салыстырып, әр тұтынушының кедергілерінің суммасы тізбектің жалпы кедергісіне тең болатын болмайтындығын тексеріңіз. Кирхгофтың екінші заңының орындалатынына көз жеткізу қажет. Бір резистордың кедергісінің шамасы өзгергенде тізбектің жұмыс істеу режимі мен басқа да элементтердің жұмыс істеу режимі өзгереді, себебін түсіндіріңіз.

2 кесте

Нұсқа	Өлшенді			
	Тізбектің кірісіндегі кернеу U, В	Тізбектегі ток, I, А	Тұтынушыдағы кернеу, В	
			U1	U2
1				
2				
3				

3.4. Резисторлары параллель қосылған тұрақты токтың сызықты электр тізбегін жинаңыз (2- сурет). Тізбектің элементтері мен кернеудің шамасын кестеге толтырыңыз (3- кесте). Жиналған тізбектің дұрыстығын тексертіңіз.



2- сурет

3 кесте

Нұсқа	1	2	3
E2, В			
R1*			
R2*			

3.5. Тұрақты кернеу көзі E2 қосыңыз. Тізбектің барлық бөлігіндегі ток пен кернеуді өлшеңіз. Нәтижелерді 4- кестеге енгізіңіз.

3.6. R1 кедергісінің шамасын әр-түрлі 3 мәнге өзгертіп, өлшеуді қайта жүргізіңіз. Қорек көзін өшіріңіз. Өлшеу нәтижелері бойынша R1, R2 резисторларының кедергілерін, тізбектің жалпы кедергісін  $R_{\Sigma}$ , жеке тармақтардың өткізгіштігін  $g_1, g_2$  және тізбектің  $g_{\Sigma}$  өткізгіштігін есептеңіз. Есептеу нәтижелерін 6- кестеге енгізіңіз. Кирхгофтың бірінші заңынын орындалатынына өз жеткізіңіз.

3.7. R1 резистордың кедергісінің шамасы өзгергенде тізбектің жұмыс істеу режимі мен басқа да элементтердің жұмыс істеу режимі өзгереді, себебін түсіндіріңіз.

4- кесте

Нұсқа а	Өлшенді			
	U, В	I <sub>1</sub> , А	I <sub>2</sub> , А	I <sub>3</sub> , А
1				
2				
3				



## 4. ӨЛШЕУ НӘТИЖЕЛЕРІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ ӨНДЕУ

### 4.1 Тізбектей жалғанған электр тізбегі үшін есептеу

5 кесте

Есептелді		
Тұтынушының кедергісі, Ом		Тізбектің эквивалентті кедергісі, $R_{\Sigma}$ , Ом
R1	R2	

### 4.2 Параллель жалғанған электр тізбегі үшін есептеу

6 кесте

Есептелді					
R1, Ом	R2, Ом	$g_1$ , См	$g_2$ , См	$G_{\Sigma}$ , См	$R_{\Sigma}$ , Ом

#### Өзін – өзі бақылау сұрақтары:

1. Сақтау заңын атау;
2. Өткізгіш кедергілерінің параллель және тізбектей жалғай білу;
3. Зертханалық мониторда сызбаны жалғау.

#### Зертханалық-практикалық жұмыс 8. Кирхгофтың 1 және 2 заңы

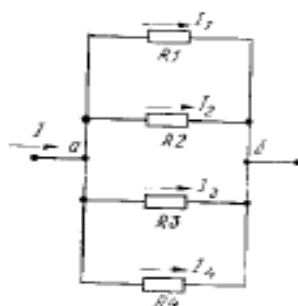
##### 1.1 Кирхгофтың бірінші заңы

Тізбектеп қосылған энергия көзі мен тұтынушылардан тұратын электр тізбектерінде барлық тізбектегі ток, ЭҚК және кедергі не-месе қандай да болмасын тізбек участкесіндегі ток, кернеу және кедергі арасындағы қатынас Ом заңымен анықталады.

Бірақ, көбінесе іс жүзінде қолданылатын тізбектерде ток қандай да болмасын бір жерден шығып, әр түрлі жолменен тарап бір немесе бірнеше нүктелерде ұшырасады. Ұшырасу

нүктелерінде бір-неше өткізгіш сымдар түйісіп ұштасады. Мұндай түйісу нүктелерін түйіндер (түйін нүктелері) деп атайды, ал қатар жатқан екі түйіндерді қосатын тізбек учаскесін тізбек тармағы деп атайды.

Тұйықталған электр тізбегінде электр зарядтары оның бірде бір нүктесінде жиналып қала алмайды. Өйткені бұл тізбек нүктелерінің потенциалдарын өзгертуге алып келер еді. Сондықтан қандай да бір түйінге белгілі уақыт бірлігінде келетін электр заряды, осы түйіннен сол уақыт бірлігінде кететін зарядқа тең.



5 Сурет – Тарам тізбегі

Айталық, *a* түйінінде (5-сурет) тізбек төрт тарамға тармақталады да қайтадан *b* түйінінде қосылады. Тізбектің тармақталмаған бөліктеріндегі токты *I* арқылы, ал тарамдардағы токтарды *I<sub>1</sub>*, *I<sub>2</sub>*, *I<sub>3</sub>*, және *I<sub>4</sub>* арқылы сәйкес белгілейік. Онда мұндай тізбектегі токтар арасында мынандай байланыс болады:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \tag{1.18}$$

Егер түйінде бағыттары әртүрлі тогы бар бірнеше өткізгіш сымдар ұшырасса, онда теңдіктің сол белігінде түйінге келетін токтар-дың қосындысы жазылады, ал оң жағында түйіннен кететін токтар-дың қосындысы жазылады. Бұл формула Кирхгофтың бірінші заңы болып табылады. Кирхгофтың бірінші заңын былай тұжырымдауға болады: *электр тізбегіндегі түйінге (түйін нүктесіне) келетін токтар-дың қосындысы, осы түйіннен кететін токтардың қосындысына тең немесе электр тізбегінің түйін нүктесіндегі токтардың алгебралық қосындысы нольге тең*. Бұл жерде түйінге келетін токтарды оң, ал түйіннен кететін токтарды теріс токтар деп карайды.

### 1.2 Резисторларды (параллель) қатарлап және аралас қосу

Қатарлап (параллель) қосылған деп электр тізбегіндегі элементтердің тек бір ғана кернеу астында болуын айтамыз. Параллель қосылған резисторларда (5-суретті қараңыз) ток төрт тармаққа тармақталады. Мұндай жағдайда тізбектің жалпы кедергісі азаяды

немесе жеке тармақтар өткізгіштіліктерінің қосындысына тең тізбектің жалпы өткізгіштілігі көбейеді.

Бұл айтылғандарға оңай көз жеткізуге болады. Ол үшін параллель қосылған өткізгіштердің санының көбеюін өткізгіштің көлденең қима ауданының өскендігіне бара-бар деп қараса болғаны. Сонымен барлық өткізгіштер жиынтығының өткізгіштілігін  $g$  әрпімен, ал әрбір жеке өткізгіштердің өткізгіштілігін  $g_1, g_2, g_3$  және  $g_4$  деп белгілесек, мынадай теңдеу аламыз:

$$g = g_1 + g_2 + g_3 + g_4 \quad (1.19)$$

Өткізгіштілік кедергіге кері шама болғандықтан бұл формуланы мынадай түрде жазуға болады:

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4 \quad (1.20)$$

Бұл формулада  $R$  параллель қосылған төрт резисторлардың жалпы немесе балама кедергісі. Балама кедергінің мәні берілген төрт резисторлардың қай-қайсысынан болса да кіші болады.

Алынған теңдеулерді дәлелдейік. Тармақталмаған тарамдағы токты  $I$ , және тарамдардағы сәйкес токтарды —  $I_1, I_2, I_3, I_4$ ,  $a$  және  $b$  нүктелері арасындағы кернеуді —  $U$ , осы нүкте аралығындағы жалпы кедергіні —  $R$  әріптерімен белгілейік. Ом заңы негізінде мынадай теңдіктерді жазайық:

$$I = U/R$$

$$I_1 = U/R_1$$

$$I_2 = U/R_2$$

$$I_3 = U/R_3$$

$$I_4 = U/R_4$$

Кирхгофтың бірінші заңы бойынша:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

немесе

$$U/R = U/R_1 + U/R_2 + U/R_3 + U/R_4$$

Алынған өрнектің екі жағын да  $U$ -ға қыскартып біржолата  $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4$ , теңдегін аламыз, дәлелдеу керегі де осы.

Алынған формула параллель қосылған резисторлардың кез-келген санына дұрыс келеді. Дербес жағдайда, егер электр тізбегінде параллель қосылған екі резисторлар  $R_1$  және  $R_2$  болса, онда мынадай теңдеу жазуға болады:

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2$$

Бұл теңдеуден параллель қосылған екі резисторларды алмастыруға болатын кедергіні  $R$  табамыз:

$$R = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$$

Алынған формула іс жүзінде кеңінен қолданылады. Оны былай тұжырымдауға болады: параллель қосылған екі энергия тұтынушының кедергісі осы тұтынушылар кедергісінің көбейтіндісін сол кедергілердің қосындысына бөлгенге тең.

Егер параллель қосылған бірдей резисторлардың  $R$  саны  $n$  болса, онда мұндай тізбектің жалпы кедергісі бір резистордың кедергісінен  $n$  есе аз болады, яғни  $R_{\text{жалпы}} = R/n$ .

Жоғарыдағы 6-суретке оралып мыналарды жазуға болады:

$$I_1 R_1 = U$$

$$I_2 R_2 = U$$

$$I_3 R_3 = U$$

$$I_4 R_4 = U$$

Бұл теңдеулердің оң жақтары бір-бірімен тең болғандықтан, олардың сол жақтары да тең:

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 = I_3 R_3 = I_4 R_4$$

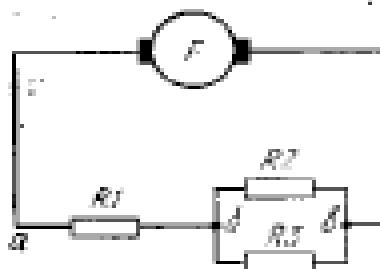
Келтірілген теңдеулерден мынадай қатынастарды аламыз:

$$I_1/I_2 = R_2/R_1; I_2/I_3 = R_3/R_2$$

Бұл қатынастар параллель қатар қосылған резисторлары бар тізбектердегі токтар осы кедергілерге кері пропорционал немесе өткізгіштер өткізгіштілігіне тура пропорционал болып таралатындығын көрсетеді. Сонымен, параллель қосылған резистордың мәні көп болған сайын, ондағы ток мөлшері аз болады және керісінше болады.

Егер түйіндер арасындағы кернеу өзгермейтін болса, онда осы түйіндер арасына қосылған резисторлардағы токтар, оларды тізбектеп қосқаннан өзгешелігі, бір-бірінен тәуелсіз болады. Тізбектен бір немесе бірнеше резисторлар алынып тасталынса, қалған резистор жұмысына олар әсерін тигізбейді. Сондықтан көпшілік жағдайда жарықтандырғыш электр шамдары, электр қозғалтқыштар, тағы басқа электр энергиясын қабылдағыштар электр торабына қатар қосылады. Электр тізбегінің учаскесінде қатар қосылған қабылдағыштар қаралып отырған учаскедегі және жалпы тізбектегі токтарды өзгертуге алып келеді. Мысалы, кедергілері  $R_1 = 10\text{ Ом}$  және  $R_2 = 30\text{ Ом}$  резисторларды, ал кернеуі  $U = 120\text{ В}$  желіге тізбектеп қосқан (6-сурет) кезде тізбектегі ток

$$I = U / (R_1 + R_2) = 120 / (10 + 30) = 3\text{ А.}$$



6 Сурет – Резисторларды аралас қосу

Егер кедергісі  $R_2$  резисторға кедергісі  $R_3 = 60\text{ Ом}$  резисторды қатар қосса, онда тармақталған тізбек бөлігінде де және кедергісі  $R_2$  резисторында да ток мөлшерлері өзгереді. Қатарланған екі тармақтың кедергісі

$$R_{23} = R_2 R_3 / (R_2 + R_3) = 30 \cdot 60 / (30 + 60) = 20\text{ Ом}$$

Тармақталмаған тізбектегі ток

$$I = U/(R_1 + R_{23}) = 120/(10 + 20) = 4\text{A}$$

$R_2$  резисторындағы ток

$$I_2 = (U - I_1 R_1)/R_2 = (120 - 4 \cdot 10)/30 = 2,67$$

тең болады.

Электр тізбегінің учаскесінде резисторларды қатар қосуды берілген учаске тогын азайту үшін қолданады. Жекелеп айтсақ, мұнда шунт деп аталатын қатар қосылған резисторды амперметрлердің өлшейтін токтарының шектерін кеңейту үшін қолданады. Шунтты қолданғанда аспап арқылы өлшенетін токтын тек бір бөлігі ғана өтеді. Шунт тізбектеліп жалғанады да, амперметрді — шунтқа қатар тіркейді.

Егер электр тізбегінде бір-бірімен параллель қосылған резисторлар басқа резисторларға тізбектеліп жалғанса, онда олардың осылай қосуын аралас қосу деп атайды. Аралас қосылған бірнеше резисторларының жалпы немесе балама кедергісін табу үшін алдымен параллель немесе тізбектеп қосылған резисторлардың кедергісін табады, содан соң оларды есептеп табылған бір резистормен алмастырады. Мысалы, *a* және *b* нүктелерінің арасындағы (6-сурет) кедергіні табу үшін, алдымен *b* және *c* нүктелері аралығындағы кедергіні табу керек:

$$R' = (R_2 R_3)/(R_2 + R_3)$$

ал содан соң алынған кедергі мәнін  $R_1$  мәніне қосу керек:

$$R_1 * R = R_1 + [R_2 R_3 / (R_2 + R_3)].$$

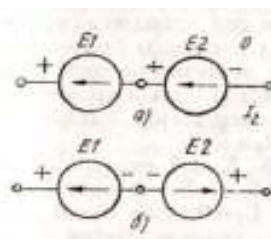
### 1.3 Кирхгофтың екінші заңы

Кирхгофтың екінші заңын былай тұжырымдауға болады: кез келген тұйықталған электр тізбегінде барлық, ЭҚК-дің алгебралық қосындысы, осы тізбекке тізбектеп қосылған кедергілерге түскен кернеулер қосындысына тең, яғни

$$E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E = I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 + \dots + I_n \quad (1.21)$$

Теңдеулерді құрғанда тізбекті айналып өту бағытын анықтап алады және токтарға кез-келген бағыт беріледі.

Егер электр тізбегіне бағыттары бір-бірімен тура келетін екі ЭҚК 7а-суреттегідей сәйкес қосылған болса, онда тізбектің жалпы ЭҚК осы ЭҚК қосындысына тең, яғни  $E = E_1 + E_2$ . Егер тізбекке қосылған екі ЭҚК бағыттары бір-біріне қарама-қарсы болса, яғни 7б-суреттегідей қарсы қосылса, онда тізбектің жалпы ЭҚК осы көздердің ЭҚК айырымына тең:  $E = E_1 - E_2$ .



7 Сурет Электр энергиясы көздерін қосу:

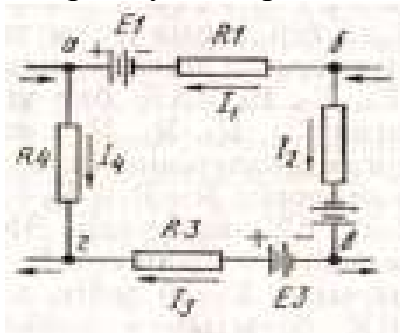
а) сәйкес; б) қарама-қарсы

Электр тізбегіне ЭҚК әртүрлі бағытта болатын бірнеше энергия көзі тізбектеп қосылса, онда жалпы ЭҚК барлық энергия көздерінің ЭҚК-терінің алгебралық қосындысына тең. Алгебралық қосындыны тапқанда бір бағыттағы ЭҚК плюс таңбасымен, ал карама-қарсы бағыттағы ЭҚК минус таңбасымен аламыз.

Әдетте тұйықталған тізбек, 8-суретте көрсетілгендей, күрделі тізбектің бір бөлігі болып табылады. Тұйық тізбек *a*, *b*, *в*, *г* әріптерімен белгіленген. *a*, *б*, *в*, *г* нүктелерінің тарамдалуына байланысты  $I_1, I_2, I_3, I_4$ , токтары мәндерінің айырмашылығы бола отырғанда, олар әртүрлі бағытта болуы мүмкін. Мұндай тізбек үшін Кирхгофтың екінші заңы бойынша былай жазуға болады:

$$E_1 - E_2 - E_3 = I_1(r_{01} + R_1) + I_2(r_{02} + R_2) + I_3(r_{03} + R_3) + I_4 R_4$$

мұндағы  $r_{01}, r_{02}, r_{03}$  — энергия көздерінің ішкі кедергілері;  
 $R_1, R_2, R_3, R_4$  — энергия тұтынушылардың кедергілері.



8 Сурет – Тұйық электр тізбегі

Жеке жағдайда, егер тізбек тармақтары жоқ болса және өткізгіштер тізбектеліп қосылса, онда тізбектің жалпы кедергісі барлық кедергілердің қосындысына тең болады. Егер энергия көзінің сыртқы тізбегі: мысалы, тізбектеп қосылған үш кедергіден  $R_1, R_2, R_3$  тұрса, ал энергия көзінің ішкі кедергісі  $R_0$  болса, онда Кирхгофтың екінші заңына сәйкес мынадай теңдеуді жазуға болады:

$$E = I (r_0 + R_1 + R_2 + R_3)$$

Бірнеше ток көзі болғанда, теңдеудің сол жағында осы энергия көздерінің ЭҚК-інің алгебралық қосындысы болар еді. Екі немесе бірнеше энергия көздерін параллель қосқан кезде олардан өтетін токтардың шамасы жалпы жағдайда бірдей болмайды. Егер параллель қосылған ішкі кедергілері  $R_1, R_2$  және ЭҚК  $E_1, E_2$  екі энергия көздері (9-сурет) қандай да болмасын сыртқы кедергіге  $R$  тұйықталған болса, онда сыртқы тізбек тогын  $I$  және энергия көздерінен ағатын токтарды  $I_1$  және  $I_2$  мынандай формулалармен анықтауға болады:

$$I = I_1 + I_2$$

$$I = U/R$$

$$I_1 = (E_1 - U)/R_1$$

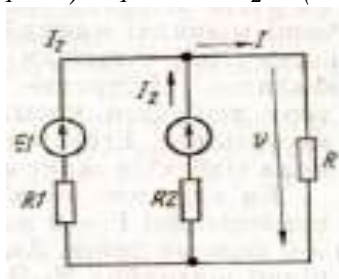
$$I_2 = (E_2 - U)/R_2.$$

Осылардан сыртқы тізбектегі ток

$$I = (E_1 R_2 + E_2 R_1) / (R_1 R_2 + R R_1 + R R_2)$$

Бірінші және екінші энергия көздерінен ағатын токтар

$$I_1 = (E_1 - IR) / R_1 \text{ және } I_2 = (E_2 - IR) / R_2$$



9 Сурет – Энергия көздерін қатарлап қосу

### Өзін – өзі бақылау сұрақтары:

1. Кирхгофтың бірінші және екінші заңдарын атау
2. Кирхгофтың бірінші және екінші заңдарын формулаларын көрсету
3. Энергия көздерін қатарлап қосу

### Зертханалық-практикалық жұмыс 9. Тұрақты тоқтың жұмысы және қуаты

Электр тогының бар екенін оның жылулық, химиялық, магниттік және биологиялық әсерлері бойынша білуге болады дедік. Осы әсерлер арқылы электр тогы, нақты айтқанда электр тогының көзі жұмыс жасайды. Мысалы ток өткенде өткізгіш қызады, соның салдарынан олардың ішкі энергиясы өседі. Ал өткізгіштің ішкі энергиясының артуы ток жұмысының есебінен жүреді, осы жұмысты есептейік.

Сонда электр өрісі  $A=q*U$  жұмыс өндіреді.

Ток күші  $I=q/t$  болғандықтан жұмыс мынаған тең:

$$A=IUt$$

Тізбектің бөлігі үшін Ом заңына сүйеніп Токтың жұмысының өрнегін мына түрде жазуға болады.

$$A=I^2 R t.$$

Тізбектің бөлігіндегі токтың жұмысы ток күшінің кернеуге және жұмыс өндіруге кеткен уақытқа көбейтіндісіне тең.

*Токтың жұмысы джоульмен (ДЖ) өлшенеді. 1ДЖ= 1А\*1В\*1с*

II.Токтың қуаты –Кез келген электр приборы – электр шамы,электр двигателі т.б. уақыт бірлігінде белгілі бір энергия тұтынуға есептелген.

Сондықтан токтың қуаты деген ұғымның маңызы,токтың жұмысы ұғымымен қатар жүреді, яғни бірін –бірі толықтыратын физикалық ұғымдар.

Токтың қуаты  $t$  уақыттағы ток жұмысының сол уақыт аралығына қатынасына тең шама;

$$P=A/t; P = IU; P = I^2R; P = U^2/R$$

### **III.Джоуль-Ленц заңы.**

Егер өткізгіш қозғалмаса, токтың барлық жұмысы өткізгішті қыздыруға жұмсалады. Сол кезде бөлінетін жылу мөлшері мынаған тең болады

$$Q=A=I^2Rt.$$

*Бұл формула Джоуль-Ленц заңын сипаттайды.*

*Тізбектей жалғазан кезде әрбір өткізгіште бөлініп шығатын жылу*

*мөлшері өткізгіштердің кедергілеріне тура пропорционал.*  $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2}$

Кедергілері болатын ЭҚК-і жоқ тізбектің екі бөлігін параллель жалғаса токтың әрбір жеке бөлігінде бөліп шығаратын жылу мөлшері

$$Q_1 = \frac{U^2 t}{R_1}; \quad Q_2 = \frac{U^2 t}{R_2}$$

Осыдан  $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2}$  ЭҚК-і жоқ тізбектің параллель жалғазан бөліктерінде токтың бөліп шығаратын жылу мөлшері осы бөліктердің кедергілеріне кері пропорционал болады.

Өмірмен байланыстыру - өндірісте, тұрмыста қолданыстағы электр приборларының жылуының мөлшері осы заңға негізделген. Заңның тұжырымдамасы: Өткізгіштегі токтың бөліп шығаратын жылу мөлшері ток күшінің квадратына, өткізгіш кедергісіне және электр тогының өту уақытына тура пропорционал

*Бұл заңды тәжірибе жүзінде 1841 жылы ағылшын ғалымы Дж.Джоуль және 1843 жылы Петербург академигі Э.Х.Ленц ашқан. Сонымен электр тогының жылулық әсерін тусіндіретін заң Джоуль-Ленц заңы болды.*

Электр тогының жылулық әсері тұрмыстық, өнеркәсіптік жылу қондырғыларында қолданылады. Олар электр шамдарында, өлшеу техникаларының аспаптарында, электрлік дәнекерлеуде, тағы да басқа көптеген қазіргі заманғы техниканың салаларында пайдаланылады

### **Тәжірибе:**

Кедергісі әр түрлі үш мыс, болат және никелинді өткізгішті тізбектеп қосайық. Тізбекті біртіндеп күшейтеміз. Тоқ тізбектей қосылған барлық өткізгіштерде бірдей. Ал, өткізгіштердегі бөлінген жылу түрліше: алдымен никелинді өткізгіш біршама қызады, тоқты арттырғанда – никелинді және темір қызады да, мыс сым оншалықты қызбайды.

Осы: тәжірибе мынадай тұжырым жасауға мүмкіндік береді:



*Өткізгіштердің қызуы олардың кедергісіне тәуелді. Өткізгіштердің кедергісі үлкен болған сайын, ол қаттырақ қызады.*

**Өзін – өзі бақылау сұрақтары:**

1. Тұрақты 2 А ток өтетін өткізгіштің кедергісін 10 Ом-нан 5 Ом-ға дейін кемітсе, ондағы бөлінетін қуат қалай өзгереді?
2. Өткізгіштің жұмысы 400 Дж, ток күші 40 А. Өткізгіштің 3 минут ішіндегі кедергісі?
3. Кернеуі 4 В шамның 3 минут ішіндегі 250 Дж жұмыс өндіруге жұмсалған ток күші
4. ЭҚК-і 16В, ішкі кедергісі  $r = 2,5$  Ом тоқ көзіне кедергісі  $R = 5,5$  Ом қыздырғыш қосылған. Қыздырғыштағы ток күшінің қуаты қандай?
5. Ток көзі кезек-кезек 9 Ом және 16 Ом кедергілерге тұйықталады. Екі жағдайда да кедергілерде бірдей қуат бөлінеді. Ток көзінің ішкі кедергісі неге тең?

**Зертханалық-практикалық жұмыс 10. Тұрақты ток көздерінің ішкі кедергісі және ЭҚК**

### **Тұрақты ток электр тізбегі**

Қарапайым электр тізбегі (1-сурет) электр энергиясының көзінен  $E$ , энергия тұтынушыдан  $T$  және энергия көзі мен тұтынушыны байланыстыратын екі өткізгіш жалғастырушы сымдардан  $C_1$  және  $C_2$  тұрады. Жалғастырушы өткізгіш сымдар электр энергиясының көзіне оң (+) және теріс (-) полюстер деп аталынатын екі қыс-қыштар арқылы қосылады.

Электр энергиясының көзі механикалық, химиялық, жылулық тағы басқа энергия түрлерін электр энергиясына түрлендіреді. Тұтынушыда электр энергиясы басқа энергия түрлеріне — механикалық, жылулық, химиялық, жарық т. б. айналады. Электр энергиясының көзіне генераторлар қандай да болмасын механикалық қозғалтқыштармен қозғалысқа келетін электр машиналары, аккумуляторлар және гальваникалық элементтер жатады. Электр тұтынушылары ретінде жарықтандырғыш шамдар, электр қозғалтқыштары, электрқыздырғыш аспаптар т. б. пайдаланылады.

Гальваникалық элементтерде, аккумуляторларда бірінші жағдайда гальваникалық элементтер батареяларын, екінші жағдайда аккумулятор батареяларын кұру үшін бір-бірімен жалғастырылады. Электр энергиясының көзі оған өткізгіш сымдар арқылы қосылған энергия тұтынушымен бірге тұйықталған электр тізбегін кұрады. Тұйықталған электр тізбегінде үздіксіз зарядтар қозғалысы пайда болады, оны электр тогы деп атайды.

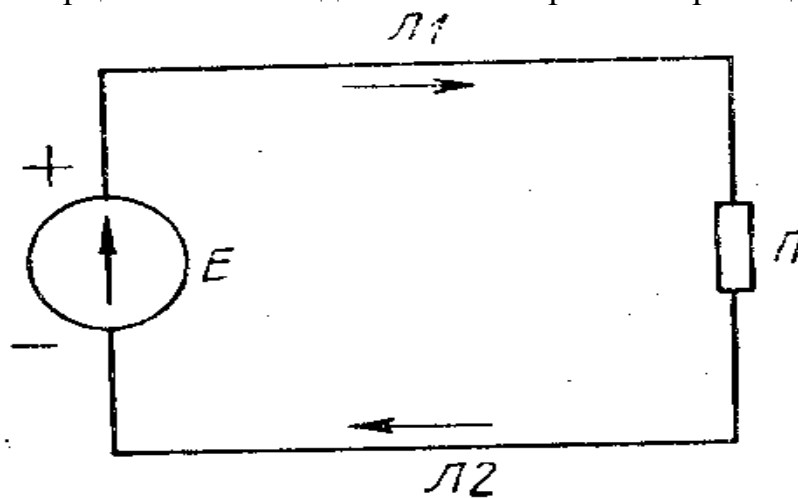
Металл өткізгіштеріндегі тұрақты ток еркін электрондардың тұйық тізбек арқылы қалыптасып бағытталған қозғалысы болып табылады. Сұлбаларда ток пен кернеудің оң бағыттарын плюстен минуске қарап бағдарланған нұсқамалар арқылы шартты түрде белгілеу қабылданған.

Бір-бірінен белгілі қашықтықта орналасқан екі өткізгіштердегі ток осы өткізгіштерге әсер ететін механикалық күш туғызады. Ток өлшемінің бірлігі ампер (А) болады. Халықаралық бірліктер жүйесінде (СИ) ампер — өзгермейтін ток, ол ұзындығы шексіз, өте болмғшы дөңгелек қималы қатар түзу сызық бойымен вакуумде бір-бірімен 1 м қашықтықта орналасқан екі өткізгіштерден өткен кезде, осы өткізгіштер арасында әрбір метр ұзындығына шаққанда  $2 \cdot 10^{-7}$  Н (Ньютон) күш тудырады.

Халықаралық бірліктер жүйесінде күш бірлігі-ньютон (Н) болады.

*Электр тогы өткізгіштің кесе-көлденең щимасы арқылы белгілі уақыт бірлігінде өткен (кулонмен өлшенетін) электр мөлшерін анықтайды.*

Егер өткізгіштен 1 А ток өтсе, онда осы өткізгіштің көлденеңқимасы арқылы 1 с ішінде 1 Кл электр мөлшері өтеді.



1 Сурет – Қарапайым электр тізбегі

Жалғастырғыш өткізгіш сымдар мен энергия тұтынушы сыртқы электр тізбегін құрады. Бұл тізбекте ток энергия көзінің, қысқыштары арасындағы потенциалдар айырымының әсерінен пайда болады және ол потенциалы жоғарырақ нүктеден (оң қысқыш) потенциалы төмендеу нүктеге (теріс қысқыш) қарай бағытталған. Потенциалдар айырымы сияқты потенциал да вольтпен (В) көрсетіледі.

### Электр қозғаушы күш (ЭҚК)

Тұйықталған тізбектегі электр тогы энергия көзінің электр қозғаушы күші әсерінен ағады. Тізбекте ток жоқ болған жағдайда да яғни тізбек ажыратылған кезде де энергия көзінде электр қозғаушы күші

пайда болады. Тізбекте ток жоқболған жағдайда да ЭҚК энергия көзініңқысқыштарындағы потенциалдар айырымына тең. Потенциалдар айырымы сияқты, ЭҚК вольтпен (В) көрсетіледі.

Тұйықталған электр тізбегінде де, ажыратылған тізбетке де ЭҚК энергия көзінің қысқыштарындағы потенциалдар айырымын үзбей ұстап тұрады. Тұйықталған тізбекте ток үздіксізағуы үшін энергия көзі, ішіндегі зарядтар қозғалысы электр өрісі күшінің әсеріне қарама-қарсы бағытталған болуы керек. Зарядтардың мұндай қозғалысы сырттан берілген күштердің әсерінен болады.

ЭҚК бар екендігіне көз жеткізу үшін энергия көзініңполюстеріне жалғастырушы өткізгіш сымдар орнына вольтметр деп аталатын аспапты қосса болғаны. Ол кезде вольтметрдің нұсқама тілі (стрелкасы) белгілі бір бұрышқа ауытқиды.

Энергия көзінің ЭҚК көп болған сайын вольтметр нұсқама тілінің ауытқуы да солғұрлым көп болады.

Бірақ вольтметр төменде көрсетілетіндей, ЭҚК көрсетпейді, ол ток көзінің қысқыштарындағы кернеуді көрсетеді. КернеуЭҚК сияқты вольтпен (В), киловольтпен (кВ), милливольтпен (мВ) өлшенеді.

### **Электр кедергісі**

Кез келген өткізгіштегі электр зарядтарының бағытталған қозғалысына оның молекулалары мен атомдары бөгет жасайды. Сондықтан токтың өтуіне сыртқы тізбекте, энергия көзінің өзі де кедергілер туғызады. Электр тізбегінің электр тогы өтуіне қарсы әрекеттілігін электр кедергісі (қысқаша кедергі) деп атайды.

Тұйықталған электр тізбегіне қосылған электр энергиясының көзі электр энергиясын сыртқы және ішкі тізбектер кедергілерін жеңу үшін жұмсайды.

Электр кедергісі  $R(r)$  әрпімен белгіленеді. Сұлбаларда кедергілер 2 — суретте көрсетілгендей бейнеленеді. Электр тізбегіне қосылатын және кедергілері бар құрылғыларды резисторлар депатайды.

Кедергінің өлшем бірлігі ом болады. Өткізгіш сымында тұрақты потенциал айырымы 1 В болған кездеодан 1 А ток өтсе, онда өткізгіш сымның электркедергісі 1 Ом болады, яғни  $1 \text{ Ом} = 1 \text{ В} / 1 \text{ А}$ . Үлкен кедергілерді өлшеу үшін омнан мың және миллион есе көп бірліктер қолданылады. Олар кило ом (кОм) және мегаом (МОм) депаталады;  $1 \text{ кОм} = 1000 \text{ Ом}$ ;  $1 \text{ МОм} = 1000000 \text{ Ом}$ .

Өткізгіштердің электртогына көрсететін кедергісі олар жасалынған материалға сонымен қоса оның ұзындығы мен көлденең қимасының ауданына байланысты болады. Егер бір материалдан жасалынған екі өткізгішті салыстырсақ, онда көлденең қима аудандары тең болған жағдайда, ұзындау өткізгіштің кедергісі үлкен болады, ал ұзындығы бірдей өткізгіштердің қайсысының көлденең қима ауданы үлкен болса, оның кедергісі аз болады.

Өткізгіш материалдың электрлік қасиеттерін бағалауға меншікті кедергі ( $\rho$ ) қолданылады.

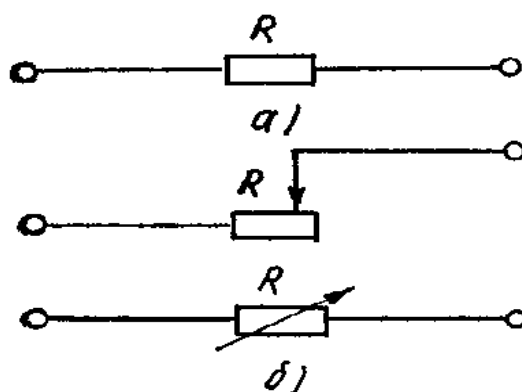
Меншікті кедергі — ұзындығы 1 м, көлденең қима ауданы 1 мм<sup>2</sup> өткізгіш сымның кедергісі. Егер меншікті кедергісі  $\rho$  материалынан жасалған өткізгіштің ұзындығы  $l$  метр, көл-денең қима ауданы  $S$  мм<sup>2</sup> болса, онда барлық өткізгіш кедергісі

$$R = \rho l / S \quad (1.1)$$

Өткізгіштер кедергісі температураға тәуелді болады және де металл өткізгіштердің кедергісі арта түседі.

Әр металл үшін кедергінің температуралық коэффициенті  $\alpha$  деп анықталған, ол өткізгіш температурасын 1С-қа өзгерткен кезде оның бастапқы кедергісінің 1 Омына шаққандағы өсімін анықтайды. Әр түрлі  $T_2$  және  $T_1$  температуралы  $R_2$  және  $R_1$  кедергілердің ара қатынасы былайша анықталады:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(T_2 - T_1)] \quad (1.2)$$



2 Сурет – Кедергінің шартты белгілері:  
а-резистор (кедергі), б – реостат

Бұл ара қатынас температура 100°С төмен болғанда ғана орнында алатынын ескеру қажет.

Реттелетін кедергілерді реостаттар деп атайды. Реостаттар үлкен меншікті кедергілері бар сымдардан, мысалы, нихромнан жасалынады. Реостаттар кедергісі біркелкі немесе сатылап өзгерілуі мүмкін. Сұлбаларда реостаттар 2, б-суретінде көрсетілгендей шартты белгілермен бейнеленеді.

Өткізгіштердің электрооттығын өткізу қабілеттілігі өткізгіштілікпен сипатталады, оның мәні кедергіге кері пропорционал. Өткізгіштіліктің бірлік өлшемі- сименс (1/Ом—См).

Сонымен, кедергі мен өткізгіштілік арасындағы қатынас мынадай:

$$g = I/R \quad (1.3)$$

және

$$R = I/g \quad (1.4)$$

Өткізгіш материалының меншікті кедергісіне кері шамамен-шіктікті өткізгіштілік деп аталады да оны үрпімен белгілейді.

Сонымен, заттың меншікті кедергісі мен меншікті өткізгіштілігі арасында мынадай қатынастар болады:

$$\gamma = I/\rho \quad (1.5)$$

және

$$\rho = I/\gamma \quad (1.6)$$

**Өзін – өзі бақылау сұрақтары:**

1. Толық тізбектің Ом заңын айту;
2. Ашық тізбектің ЭҚК көзі теңдігін жазу;
3. Тоқ көзінің ішкі кедергісін формуласын жазып, есеп шығару

### **Зертханалық-практикалық жұмыс 11. Тұрақты тоқ торапының қуаты**

Токтың қуаты – Кез келген электр приборы – электр шамы, электр двигателі т.б. уақыт бірлігінде белгілі бір энергия тұтынуға есептелген.

Сондықтан токтың қуаты деген ұғымның маңызы, токтың жұмысы ұғымымен қатар жүреді, яғни бірін – бірі толықтыратын физикалық ұғымдар.

Токтың қуаты  $t$  уақыттағы ток жұмысының сол уақыт аралығына қатынасына тең шама;

$$P = A/t = IU = I^2R = U^2/R$$

Джоуль-Ленц заңы.

Егер өткізгіш қозғалмаса, токтың барлық жұмысы өткізгішті қыздыруға жұмсалады. Сол кезде бөлінетін жылу мөлшері мынаған тең болады  $Q = A = I^2Rt$ . Бұл формула Джоуль-Ленц заңын сипаттайды.

Өмірмен байланыстыру-Өндірісте, тұрмыста қолданыстағы электр приборларының жылуының мөлшері осы заңға негізделген. Заңның тұжырымдамасы: Өткізгіштегі токтың бөліп шығаратын жылу мөлшері ток күшінің квадратына, өткізгіш кедергісіне және электр тогының өту уақытына тура пропорционал

Бұл заңды тәжірибе жүзінде 1841 жылы ағылшын ғалымы Дж.Джоуль және 1843 жылы Петербург академигі Э.Х.Ленц ашқан. Сонымен электр тогының жылулық әсерін тусіндіретін заң Джоуль-Ленц заңы болды.

**Өзін – өзі бақылау сұрақтары:**

1. Кедергінің ұлғайған кездегі кернеудің өсуі бойынша сұрағына жауап беру;

2. Тұрақты ток тізбегінің қуатының формуласын жазу;
3. Джоуль Ленц заңын атау

## **Зертханалық-практикалық жұмыс 12. Электр тоғының жылулық әсері. Джоуль – Ленц заңы**

Тұйықталған тізбектегі ЭҚК, кедергі және ток арасындағы байланысты Ом заңымен өрнектеуге болады. Ом заңын былайша тұжырымдауға болады: *тұйықталған тізбектегі ток электр қозғаушы күшіне тура пропорционал және барлық тізбектің кедергісіне кері пропорционал.*

Тізбектегі ток ЭҚК әрекетінен пайда болады; энергия көзінің ЭҚК көп болған сайын, тұйықталған тізбектегі токта көп болады. Тізбекке кедергісі ток өтуіне бөгет жасайды, сондықтан тізбекке кедергісі өскен сайын ток мөлшері азаяды.

Ом заңын мынадай формуламен өрнектеуге болады:

$$I = E / (R + r_0) \quad (1.7)$$

немесе

$$E = I (R + r_0) \quad (1.8)$$

мұндағы  $R$  — тізбектің сыртқы бөлігінің кедергісі;  
 $r_0$  — энергия көзінің ішкі кедергісі.

Келтірілген формулаларда ток ампермен, ЭҚК вольтпен, кедергі оммен көрсетілген.

Барлық тізбектің кедергісі:

$$R + r_0 = E / I \quad (1.9)$$

Ом заңы барлық электр тізбегіне ғана емес, оның кез келген бөлігіне де тура келеді. Егер тізбек учаскесінде энергия көзі жоқ болса, онда бұл бөлікте оң зарядтар потенциалы жоғарылау нүктеден потенциалы төмендеу нүктелерге ауысады. Энергия кезі осы учаскенің басы мен соңы аралығындағы потенциалдар айырымын ұстап тұрады да оған белгілі мөлшердегі энергия жұмсайды. Осы потенциалдар айырымын қаралған учаскенің басы мен соңы аралығының кернеуі деп атайды.

Сонымен, Ом заңын тізбектің учаскесіне қолдана отырып алатынымыз:

$$I = U / R \quad (1.10)$$

Ом заңын былайша тұжырымдауға болады: *электр тізбегі учаскесіндегі ток, учаске ұштарындағы кернеуді оның кедергісіне бөлгенге тең болады.*

Тізбек учаскесіндегі кернеу ток пен осы учаске кедергісінің көбейтіндісіне тең, яғни

$$U = IR \quad (1.11)$$

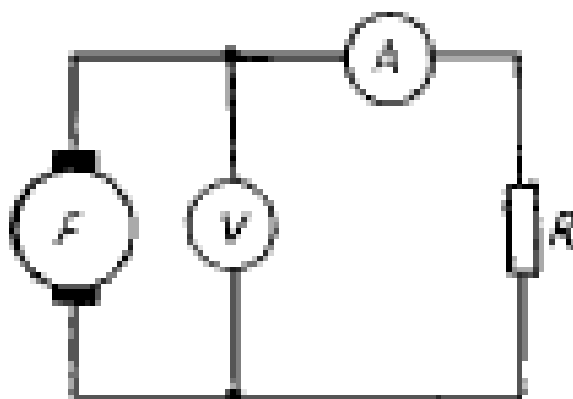
Ом заңы формуласынан тұйықталған тізбек үшін алатынымыз:

$$E = IR + Ir_0 = U + Ir_0 \quad (1.12)$$

мұндағы  $IR$  — кернеудің  $R$  кедергісінде кемуі, яғни сыртқы тізбекке түскен кернеу немесе энергия көзінің (генератордың) қысқыштарындағы кернеу  $U$ ;

$Ir_0$  — кернеудің  $R_0$  кедергісінде кемуі, яғни энергия көзінің (генератордың) ішіне түскен кернеу.

Тізбектегі тоқты өлшеу үшін амперметр (миллиамперметр) деп аталатын аспап қолданылады. Кернеу, жоғарыда айтылғандай, вольтметрмен өлшенеді. Амперметрді қосу үшін ток тізбегі ажыратылады, ажыратылған сымдардың екі ұшын амперметрдің қысқыштарына қосады (3-сурет). Сонда аспап арқылы барлық өлшенетін ток жүреді. Вольтметр берілген учаскеге тіскен кернеуді көрсетеді. Егер вольтметрді сыртқы тізбектің бас жағына — энергия көзінің полюстеріне қоссақ, онда ол барлық сыртқы тізбекке түскен кернеуді көрсетеді. Бұл әрі энергия көзінің қысқыштарындағы кернеу болып табылады.



3 Сурет – Амперметрмен вольтметрді қосу сұлбасы

Энергия көзінің (генератордың) қысқыштарындағы кернеу ЭҚК мен осы энергия көзінің ішкі кедергісіне түскен кернеу айырымына тең, яғни

$$U = E - IR_0 \quad (1.13)$$

Егер сыртқы тізбектің кедергісін  $R$  азайтсақ, онда тізбектің жалпы кедергісі  $R + r_0$  де азаяды, ал тізбектегі ток көбейеді. Токтың көбеюіне байланысты энергия көзінің ішкі кедергісіне түсетін кернеу ( $IR_0$ ) өседі, өйткені энергия көзінің ішкі кедергісі  $r_0$  тұрақты болып қала береді. Демек, сыртқы тізбектің кедергісі азайған кезде энергия көзінің қысқыштарындағы кернеу де азаяды. Энергия

көзінің қысқыштарын кедергісі нольге жақын өткізгіш сымдармен қосса, онда тізбектегі ток

$$I = E/R_0 \quad (1.14)$$

Бұл формула қаралып отырған энергия көзі тізбегіндегі ең үлкен ток мөлшерін **анықтайды**. Сыртқы тізбек кедергісінің іс жүзінде нольге тең болғандығы жұмыс тәртібін қысқа тұйықталу деп атайды.

Ішкі кедергілері өте аз энергия көздері үшін, мысалы электр генераторлары (электр машиналары) және қысқылдық аккумуляторлар үшін қысқа тұйықталу өте қауіпті — аталған энергия көздері істен шығып қалуы мүмкін. Қысқа тұйықталу, мысалы, энергия көзімен қабылдағышты қосатын сымдардың оқшауламасының істен шығуынан болуы мүмкін.

Оқшаулағыш жамылғысы түсіп қалған металл (әдетте мыс) сымдары өз ара түйіскенде өтсе кедергі тудырады. Оны тұтынушы кедергісімен салыстырғанда нольге жақын деп қарауға болады.

Электр аппаратын қысқа тұйықтау тогынан қорғау үшін әртүрлі сақтандырғыш құрылғыларын қолданады.

### Өзін – өзі бақылау сұрақтары:

1. Жылулық тогының әсері туралы айту;
2. Қуат шығындары туралы анықтама беру;
3. Қуат шығындарына азайту тәсілдерін атау.

### Зертханалық-практикалық жұмыс 13. Өткізгіштің электр тогымен қызуы

Ток күші электр тізбегінің ең негізгі сипаты болып табылады. Электр тізбегімен жұмыс атқарғанда мынаны ескеру керек: ток күші 1 мА дейін қауіпсіз болып табылады. Ток күші 100 мА асқанда адам ағзасына қауіпті, тіпті өлімге әкеп соғады. Электр құралдарымен жұмыс жасағанда өте ұқыпты болып, сақтық шараларын сақтау керек, әйтпесе адам өмірі қауіпке ұшырауы мүмкін.

Электр тогының бар екенін оның жылулық, химиялық, магниттік және биологиялық әсерлері бойынша білуге болады дедік. Осы әсерлер арқылы электр тогы, нақты айтқанда электр тогының көзі жұмыс жасайды. Мысалы ток өткенде өткізгіш қызады, соның салдарынан олардың ішкі энергиясы өседі. Ал өткізгіштің ішкі энергиясының артуы ток жұмысының есебінен жүреді, осы жұмысты есептейік. Сонда электр өрісі  $A=qU$  жұмыс өндіреді.

$$A=qU; \quad I=q/t$$

Тізбектің бөлігіндегі токтың жұмысы ток күшінің кернеуге және жұмыс өндіруге кеткен уақытқа көбейтіндісіне тең:

$$A=IUt \quad \text{егер } I=U/R; \quad U=IR; \quad A=IUt=I^2Rt=U^2t/R=Q$$

SI жүйесінде жұмыс Джоульмен (Дж) өлшенеді.  $1 \text{ Дж} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ В} \cdot 1 \text{ с}$

Токтың жұмысын өлшеуге арналған құрал электр санауыш деп аталады





$$I=U/R; U=IR; A=IUt=I^2$$

$$Rt=U^2t/R=Q$$

Өткізгіштерді тізбектей жалғау үшін  $A=I^2Rt$

Өткізгіштерді параллель жалғау үшін  $A=U^2t/R$

Токтың қуаты  $t$  уақыттағы ток жұмысының сол уақыт аралығына қатынасына тең:

$$P=A/t=IU$$

$$\text{егер } I=U/R; U=IR; P=IU=I^2R=U^2/R$$

$$1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с}, 1 \text{ Дж} = 1 \text{ Вт} \cdot \text{с}$$

$$1 \text{ Вт} \cdot \text{сағ.} = 3600 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ гВт} \cdot \text{сағ} = 100 \text{ Вт} = 360\,000 \text{ Дж}$$

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} = 1000 \text{ Вт} = 3\,600\,000 \text{ Дж.}$$

Өткізгіш неге қызады: Өткізгіш бойымен ток өткенде, өткізгіш қызады, яғни электр энергиясы ішкі энергияға айналады.



Ағылшын физигі Ресей физигі  
(1818-1889)



Джеймс Джоуль Эмилий Христианович Ленц

(1804-1865)

Тоғы бар өткізгіштің бөлініп шығатын жылуының мөлшерін ток күшінің квадраты, өткізгіштің кедергісіне және өткізгіш бойымен ток жүретін уақыттың көбейтіндісіне тең:

$$Q=I^2Rt$$

Есеп №1

Қуаты 100 Вт электр шамы күніне 6 сағ. жанады. 1 ай (30 күн) ішіндегі токтың атқарған жұмысын тап, 1 кВт\*сағ біздің қалада 7 теңге тұрады?

Берілгені:

$$P=100 \text{ Вт}$$

$$t=6 \text{ сағ} \cdot 30=180 \text{ сағ}$$

$$\text{Тариф}=7 \text{ теңге}$$

$$A=? \text{ кВт} \cdot \text{сағ}$$

құны- ?

Шешуі:

$$A=P \cdot t$$

$$A = 100 \text{ Вт} * 180 \text{ сағ.} = 18000 \text{ Вт*сағ} = 18 \text{ кВт*сағ}$$

$$\text{құны} - 7 \text{ теңге} * 18 \text{ кВт*сағ} = 119 \text{ теңге}$$

Жауабы:  $A = 18 \text{ кВт*сағ}$ , құны 119 теңге

№1

Мұнай араластырғышты іске қосатын электрқозғалтқышының қуаты 1900 Вт. Электрқозғалтқыш 2 сағ ішінде 14400 Кл зарядты өткізетін орамның кедергісін анықтаңдар. (Жауабы:  $R = 475 \text{ Ом}$ )

№2

Әрқайсысы 6 В кернеуге, 0,6 А ток күшіне есептелінген екі шам 2 мин жанды. Осы уақыт аралығында әр шамдағы және екі шамдағы электр тогының атқаратын жұмысын анықтаңдар? (Жауабы:  $A = 432 \text{ Дж}$ )

№3

Мұнай мен су қоспасының кедергісі 1200 Ом. Сорғыту қондырғысы 3с жұмыс істегенде, ондағы 5,5А токтың атқаратын жұмысын анықтаңдар.

№4

Жүкшығырын айналдыратын электрқозғалтқышы 9120Дж-ге тең жұмыс атқарады. 4А ток күшінде 24 Кл заряд өткендегі электромотордың қуатын табыңдар.

Атауы	Белгіленуі	Өлшем бірлігі	Формуласы	Ережесі
Электр тогының жұмысы	A	Дж	$A = IUt$	Электр тогының жұмысын ток кернеу және жұмысты істеуге кеткен уақыттың көбейтіндісіне керек
Электр тогының қуаты	P	Вт	$P = A/t = IU$	Токтың қуатын табу үшін өткізгіштегі ток күшін және кернеуді өлшеп, олардың көбейтіндісін табу керек
Джоуль-Ленц заңы	Q	Дж	$Q = I^2 Rt$	Жылумөлшерін есептеу үшін ток күшінің квадратын, кедергіні, уақытты өз ара көбейту керек

**Өзін – өзі бақылау сұрақтары:**

- 1) Ток күшін өлшейтін құрал – (амперметр)
- 2) Қуатты өлшем бірлігі – (Ватт)
- 3) Атомның теріс заряд талған бөлшегі – (электрон)
- 4) Кернеуді өлшейтін құрал – (вольтметр)
- 5) Ядроның бейтарап бөлшегі – (нейтрон)

- 6) Электр зарядының өлшем бірлігі – (Кулон)
- 7) Алғаш рет кернеу доғасы үрдісін байқаған орыс ғалымы (Василий Петров)
- 8) 1879 жылы электр шамдарын жетілдіруге ат салысқан әйгілі американдық өнертапқыш. (Томас Эдисон)
- 9) Эдисон шамының орташа жұмыс істеу уақыты қанша сағатты құрайтын. (800-1000)

#### **Зертханалық-практикалық жұмыс 14. Электр тоғының химиялық әсері. Аккумуляторлар**

Аккумулятор (лат. accumulator — жинақтауыш) - химиялық реакция энергиясын электр энергиясына айналдыратын аспап; ол электр және су энергиясын гальвани батареяларының көмегімен жинайды. Ол жиналатын энергия түріне сәйкес электр аккумуляторы, гидравликалық аккумулятор, пневматикалық аккумулятор, жылу аккумуляторы, бу аккумуляторы және инерциялық аккумулятор болып бөлінеді.

- Электр аккумуляторы — электр энергиясын жинап (химиялық энергияға айналдыру арқылы), қажет болғанда сыртқы тізбекке бере алатын химиялық ток көзі. Ол ішінде электролит (қышқыл не сілті) және электродтары бар оқшаулағыш материалдан (эбонит, шыны, пластмасса) жасалған ыдыстан тұрады. Электр аккумуляторы тұрғылықты және тасымалды болып бөлінеді. Тұрғылықты аккумулятор электр, радио, телефон және телеграф стансасында тұрақты ток көзі ретінде, тасымал аккумулятор көшпелі қондырғыларда (көшпелі радиоаппаратураларда, автомобильдерде, ұшақтарда, электркарларда т.б.) қолданылады.
- Газды аккумулятор - қысымдағы газ энергияны сіңіріп сақтайтын аккумулятор.
- Инерциялы аккумулятор - энергиясы айналымдағы серпиде сіңіріп сақталатын механикалық аккумулятор.
- Қышқылды аккумулятор - қышқыл электролит құйылған аккумулятор.
- Механикалық аккумулятор - энергияны механикалық түрмен (мысалы, көтерілген жүк, қысылған серпиде, айналымдағы серпиде) сіңіріп сақтайтын қондырғы.[2]
- Гидравликалық аккумулятор гидравликалық қондырғылардағы сұйық заттың шығыны мен қысымын реттеп отыруға арналады. Құрылымы цилиндр мен плунжерден тұрады. Ол сорғылардан (компрессорлардан) келетін артық сұйық затты (газды) өз қысымымен жинап, шығын көбейгенде оны жұмыс машиналарына беріп отырады. Мұндай аккумулятор гидравликалық және пневматикалық қондырғылардағы сұйық заттың қысымы мен шығынын реттеп отыруға пайдаланылады.
- Пневматикалық аккумулятор пневматикалық қондырғылардағы ауа шығыны мен қысымын реттеу мақсатында сығылған ауа энергиясын жинауға арналады. Ол ауа құбырына жалғанған резервуардан тұрады. Артық ауа резервуарда жиналады да, шығын көбейгенде ауа таратқыш жүйеге беріліп отырылады. Пневматикалық аккумулятор ірі

пневматикалық желілерде, жел электр станцияларында т.б. қолданылады.

- Бу аккумуляторымен көбінесе пайдаланылған буды жинау үшін қуаты аз бу қозғалтқыштары жабдықталады. Одан бу әр түрлі технологиялық мақсаттарға (мысалы: кептіру камералары), сондай-ақ сантехника қондырғылар қажетіне жұмсалады.
- Жылу аккумуляторы жылу қондырғыларында жылу жинауға арналған. Олар айнымалы қысымды және тұрақты қысымды болып бөлінеді. Көбінесе бу-сулы аккумулятор деп аталатын айнымалы қысымды жылу аккумуляторы қолданылады. Онымен бу шығыны тұтынуға байланысты күрт өзгеріп отыратын кішігірім және орташа қуатты жылу электр станциялары жабдықталады. Тұтыну кеміген кезде бу қазанынан жылу аккумуляторына жіберілген артық бу ондағы суға өзінің жылуын береді. Бу шығыны көбейгенде, жылу жүйесіндегі бу қысымының төмендеуі салдарынан қызған су буға айналады. Соның негізінде тұтынушылар буды жалғыз бу қазанынан емес, жылу аккумуляторынан да алады. Тұрақты қысымды жылу аккумуляторы резервуарындағы суды тікелей бу қазанының өзінде де және артылған бумен де қыздыра алады. Жылу аккумуляторы қазандағы бу қысымынан төмен қысымды бумен де жұмыс істей береді. Жылу аккумуляторы жылу қондырғыларының пайдалы әсер коэффициентін көбейтеді, өндіріс цехтарын бумен үзіліссіз бірқалыпты қамтамасыз етеді, ондағы еңбек өнімділігін арттыруға жағдай жасайды.
- Инерциялық аккумулятор қызметін айналып тұратын маховик атқарады. Маховик салмағы мен оның айналу жылдамдығы неғұрлым көп болса, онда жиналатын энергия мөлшері де соғұрлым мол келеді. Инерциялық аккумулятор жел электр станцияларында генератордың, сондай-ақ штамптау станогы, механикалық балға, поршеньді сорғы тағы басқа жұмыс қалпын тұрақтандыру мақсатында қолданылады.
- Қорғасынды аккумулятор — қорғасын қалақшаларынан тұратын аккумулятор, арасы қорғасын оксидімен таятырылады.[1]
- Сілтілік аккумулятор - электролит ретінде сілті ерітіндісі қолданылатын аккумулятор.[1]

Қазақстанда 1970 жылдан Талдықорған қаласында сілтілі және қорғасынды аккумулятор шығарылып келеді. 1975-1985 жылдары Талдықорған аккумулятор зауыты қайта жабдықталды. Бүгінде аккумуляторлар зауытта жартылай автоматты желімен құрастырылады.

Ом заңы кедергісі бар тізбек участкісіндегі кернеу  $U$ , тоқ  $I$  және кедергі  $R$  арасындағы математикалық қатынаспен өрнектеледі.

$$I = U / R, U = I R, R = U / I,$$

мұнда:  $I$  - тоқ, А;

$U$  - кернеу, В;

$R$  - кедергі, Ом.

Тұрақты кедергісі бар тұйықталған тізбекте тоқ кернеуге пропорционал өзгереді.



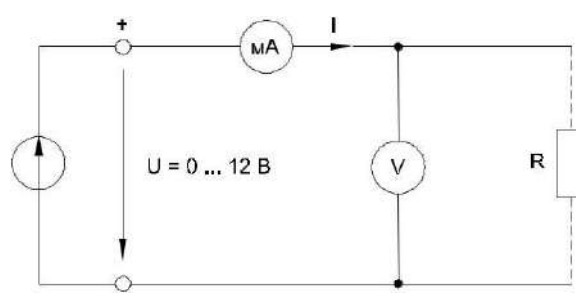
Егер кернеу тұрақты өзгертін болса, онда кедергіге кері пропорционал өзгереді.

### 1-ші эксперимент

Эксперимент жүзінде  $R=Const$  кедергі тұрақты кездегі  $I=f(U)$  және  $U=Const$  кездегі  $I=f(R)$  параметрлерін алып, тәуелділік графиктерін тұрғызыңыз.

### Экспериментті орындау тәртібі

$I=f(U)$  қисығын тұрғызу үшін, 1.1-ші суреттегі сұлба бойынша тізбекті жинап, 1.1-ші кестеде көрсетілген кернеу және кедергі кезіндегі орны бар тоқтарды өлшеңіз.



Сурет 1.1

Кесте 1.1

U, В	0	2	4	6	8	10	12
R=100 Ом кездегі I, mA							
R=150 Ом кездегі I, mA							
R=330 Ом кездегі I, mA							

Өлшенген тоқтарды 1.1 кестеге түсіріп, кедергінің үш мәні кезіндегі  $U=f(I)$  тәуелділік графиктерін тұрғызыңыз.

$I=f(R)$  қисығын тұрғызу үшін, 1.2-ші кестеде көрсетілген кедергіге тәуелді сәйкес 4 В, 8 В, 12 В кернеу кезіндегі орны бар тоқтарды өлшеңіз.

Кесте 1.2

R, Ом	100	150	220	330	470	680	1000
U=12 В I кезде mA							
U=8 В I кезде mA							
U=4 В I кезде mA							

1.2 кестеге өлшеу нәтижелерін өлшенген тоқтарды қойып,  $I=f(R)$  тәуелділіктерін тұрғызу үшін графикке  $I=f(R)$  өлшенген тоқтардың графиктерін (1.3 сурет) тұрғызыңыз.

## Тізбектегі резисторлар

Резисторлардың басқа да сипаттамалық көрсеткіштері қуат, температуралық және жиіліктік тәуелділіктер болып табылады.

Резистордың ватта өлшенетін қуатын (қуат шығыны), мына формуламен есептеуге болады:

$$P = UI; P = U^2/R; P = I^2 R.$$

Резистордың температуралық өзгерісі дайындалатын материалына тәуелді. Резистор кедергісінің өзгерісін былай анықтауға болады:

$$R = R_0 \left( 1 + \alpha (T - T_0) \right),$$

мұнда  $R_0$  - 20 С кездегі резистордың кедергі шамасы,  
- резистор материалының температуралық коэффициенті, - температуралардың өзгерісі.

Резисторлар дайындалатын материалынан өзге, конструкциясы жағынан да ажыратылады. Көбінесе олар тұрақты немесе айнымалы болып келеді.

Жоғарыда аталған барлық сипаттамалар мен резисторлардың ерекшеліктері, оларды күштік және электронды тізбектер үшін таңдаған кезде үлкен мәнге ие.

## Сызықтық резисторлар

Резисторлардың бойынан, оған берілген кернеуге пропорционал өзгертін тоқ өткенде, яғни  $I=f(U)$  функциясы –түзу сызықты болса, мұндай резисторлар сызықтық деп атайды.

### 2-ші эксперимент

Үш резистордың мәні үшін, вольт-амперлік сипаттамасының (ВАС)  $I=f(U)$  тәуелділік графигін тұрғызу қажет.

### Экспериментті орындау тәртібі

Схемаға сәйкес (2.1 сурет) сызықтық резисторы бар электр тізбегін жинап, кестеде көрсетілген кернеуге сәйкес схемаға тұрақты тоқ қорегін беріңіз және алынған нәтижелерді кестеге түсіріп, Ом заңы арқылы  $I = U/R$ ,  $P = UI = I^2 R$ , есептік мәндермен салыстырыңыз.

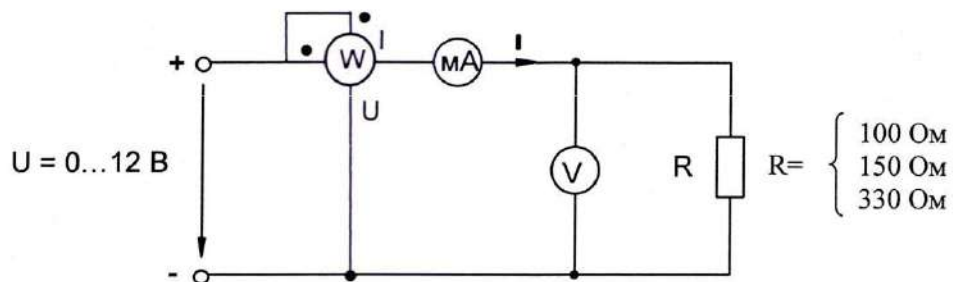


Рис. 2.1

Анықталған нәтижелер арқылы, резисторлардың ВАС графигін тұрғызу

Формула бойынша, резисторда  $P=2Вт$  қуат шығыны болатын кернеу мен тоқты есептеңіз

$$U = \sqrt{PR} \text{ және } I = \sqrt{P/R}$$

$R = 100 \text{ Ом}$ ,  $R = 150 \text{ Ом}$ ,  $R = 330 \text{ Ом}$  кездегі  $U$ ,  $I$  мәндерін анықтау қажет.

Кесте 2.1

U, В			2	4	6	8	10	12
R = 100 Ом	Эксперимент	I, мА						
		P, мВт						
		R, Ом						
	Есептік	I, мА						
		P, мВт						
		R, Ом						
R = 150 Ом	Эксперимент	I, мА						
		P, мВт						
		R, Ом						
	Есептік	I, мА						
		P, мВт						
		R, Ом						
R = 330 Ом	Эксперимент	I, мА						
		P, мВт						
		R, Ом						
	Есептік	I, мА						
		P, мВт						
		R, Ом						

### Теріс температуралы коэффициентті

#### терморезисторлар (термисторлар)

Теріс температуралы коэффициентті терморезисторлар (ТТК), сонымен қатар, термисторлар деп аталатын кедергілер, температураларды арттырған кезде азаяды. Кедергінің өзгерісі қоршаған орта температурасының немесе өзіндегі қызумен, немесе түрлі электрлік жүктемелер кезінде резистордың сууынан болуы мүмкін.

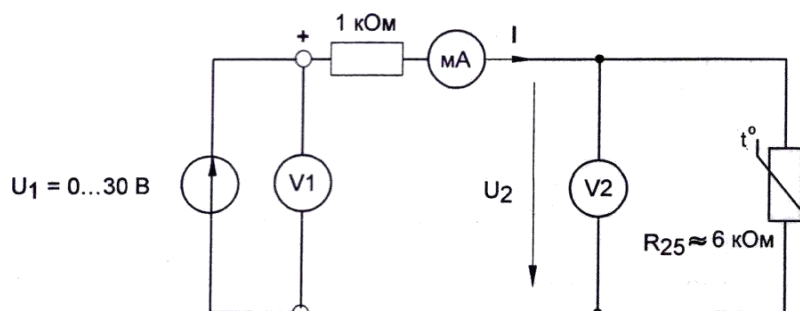
Термистордың сипаттамасы экспонентті, ол айнымалы материал түріне, конструкциясына және температура өзгерісінің түріне тәуелді.

### 3-ші эксперимент

Термистордың  $R=f(U)$  және  $I=f(U)$  тәуелділік графигінің статикалық сипаттамасын тұрғызу. Температуралардың өзгерісі, кернеуді өсірген кезде термистордың өздігінен қызуынан жүреді.

### Тәжірибені орындау тәртібі





Сурет 3.1 ТТК термисторлардың статикалық сипаттамаларын алуудың электр схемасы

Схемаға сәйкес электр тізбегін құрап, 3.1 кестеге сәйкес  $U_1$  кернеуін біртіндеп өсірген кездегі термистордағы ток  $I$  пен кернеуді  $U_2$  өлшеу қажет. Өлшеу аралығы 30 с кем болмайтындай орындалады, өйткені әр өлшем сайын термистордың орнатылған жылулық күйіне жетуі қажет. 15 В-тан жоғары кернеуді, екі тұрақты кернеу көзін: 0...15 В және 15 В, тізбектей жалғау арқылы алуға болады. 1 кОм резистор термистордың қызып кетуін алдын-алу және тоқты шектеу үшін қосылған.

Кесте 3.1

$U_1, \text{В}$	5	10	15	20	25	30
$U_2, \text{В}$						
$I, \text{мА}$						
$R, \text{кОм}$						

Өлшенген нәтижелерді 3.1 кестеге түсіріп, графикке оның қисығын салыңыз.  $R=f(U)$  қисығын тұрғызуға қажет кедергі шамаларын, ток  $I$  пен кернеу  $U_2$  мәндерімен есептеуге болады.

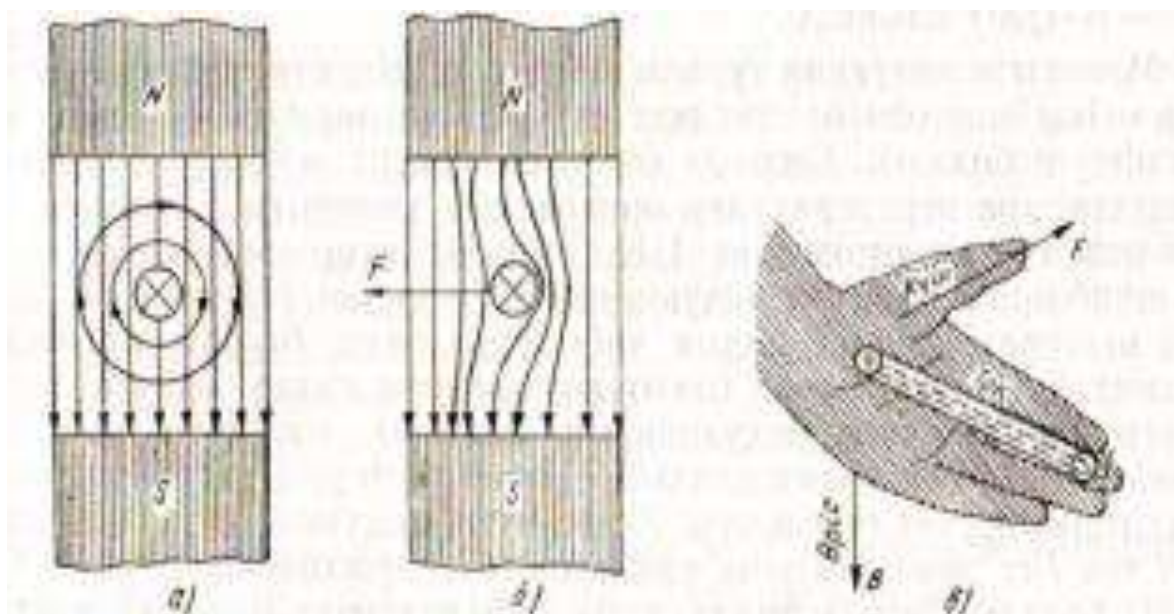
#### Өзін – өзі бақылау сұрақтары:

1. Аккумуляторлар дегеніміз не?
2. Аккумулятордың түрлері және жұмыс жасау принципі?
3. Аккумулятордың сызбада жалғануы

#### Зертханалық-практикалық жұмыс 15. Өткізгіштің магнит өрісі. Буравчик (сол қол) ережесі

Егер де электр тогы өтіп тұрған өткізгішті магниттің магнит өрісіне кіргізсек, онда магнит өрісі мен тогы бар өткізгіштің өзара әрекеттесуі нәтижесінде өткізгіш белгілі бағытта қозғалады. Өткізгіштің қозғалыс бағыты өткізгіштегі токтың бағытына және өрістің магниттік сызықтарының бағытына тәуелді болады.  $N-S$  магниттің магнит өрісінде (15а-сурет) суреттің жазықтығына перпендикуляр орналасқан өткізгіш бар, ол өткізгіш арқылы бізден сурет жазықтығының артына қарай бағытталған ток жүріп жатыр делік. Сурет жазықтығынан бақылаушыға қарай жүретін ток шартты түрде нүкте арқылы белгіленеді, ал бақылаушыдан сурет жазықтығының артына қарай кететін ток айқастырылған сызықпен белгіленеді. Токтың әрекетінен өткізгіштің айналасында өзінің магнит өрісі пайда болады. Біз өарастырып отырған жағдайда осы өріс магнит

сызықтарының бағыты сағат тілі қозғалысының бағытымен сәйкес келетініне, бұранда ережесін қолдана отырып, жеңіл көз жеткізуге болады. Магниттің магнит өрісі мен ток жүруінен пайда болған өрістің өзара әрекеттесуінен, 15б-суретте көрсетілген, қорытынды магнит өрісі пайда болады. Қорытынды өрістің магнит сызықтарының өткізгіштің екі жағындағы қоюлығы әртүрлі. Өткізгіштің оң жағындағы магнит өрістері бірдей бағытты болғандықтан қосылады, ал сол жақтағылары, әртүрлі бағытта болғандықтан: бірімен бірі жарым-жартылай жойылады. Солай болғасын, өткізгішке оң жағынан үлкен, сол жағынан кіші күш әсер етеді. Үлкен күштің әсерімен өткізгіш  $F$  күшінің бағытымен қозғалады. Өткізгіштегі токтың бағытының өзгеруі оның айналасындағы магниттік сызықтардың бағытын өзгертеді, осы себептен де өткізгіштің қозғалу бағыты да өзгереді.



15 Сурет – Магнит өрісіндегі тогы бар өткізгіштің қозғалысы және сол қол ережесі: а) полюстердің магнит өрістері мен өткізгіш тогы; б) нәтиже беретін магнит өрісі; в) сол қол ережесі

Магнит өрісіндегі өткізгіш қозғалу бағытын анықтау үшін сол қол ережесін пайдалануға болады, ол былай деп тұжырымдалады: магнит сызықтары алақанымызды тесіп өтетіндей қылып сол қолымызды жайып ұстасақ, ал қосылған төрт саусағымыз өткізгіштегі токтың бағытын көрсетіп тұрса, онда жазылған бас-бармағымыз өткізгіштің қозғалу бағытын көрсетеді (15в-сурет). Магнит өрісіндегі тогы бар өткізгішке әсер ететін күш өткізгіштен өтіп тұрған токқа да және магнит өрісінің интенсивтігіне де тәуелді болады. Магнит өрісінің интенсивтігі магниттік индукция  $B$ -мен сипатталады. Магниттік индукцияның өлшемі ретінде тесла ( $Tл = В \cdot с/м^2$ ) алынады.

Магниттік индукция туралы магнит өрісінде орналасқан тогы бар өткізгішке осы өрістің әсер ету күшінің шамасы бойынша кесіп-

пішуге болады. Егер де біркелкі магнит өрісінде магниттік сызықтарына перпендикуляр орналасқан, ұзындығы 1 м және 1 А ток өтіп тұрған өткізгішке 1 Н (ньютон) күш әрекет етсе, онда осындай өрістің магнит индукциясы 1 Тл-ға тең. Магниттік индукция векторлық шама болып табылады, оның бағыты магниттік сызықтардың бағытымен бағыттас, сонымен қатар өрістің әрбір нүктесінде магниттік индукцияның векторы магниттік сызыққа жанама бойымен бағытталады. Магнит өрісіндегі ток өтіп тұрған өткізгішке әрекет ететін күш  $F$  магниттік индукция  $B$ -ға, өткізгіштегі ток  $I$ -ге және өткізгіш ұзындығы  $l$ -ге пропорционал, яғни

$$F = Bil \quad (2.1)$$

болады. Бұл формула тогы бар өткізгіш біркелкі магнит өрісінің магниттік сызықтарына перпендикуляр орналасқан жағдайда ғана дұрыс болады. Егер де тогы бар өткізгіш магнит өрісінің ішінде магниттік сызықтарына қарағанда қандайболмасына бұрыш жасап тұрса, онда өткізгішке әрекет ететін күш мынандай болады:

$$F = BIl \sin \alpha \quad (2.2)$$

Егерде өткізгіш магниттік сызықтарды бойлай орналасса, онда  $F$  нольге тең болады, себебі  $\alpha = 0$ .

**Өзін - өзі бақылау сұрақтары:**

1. Сол қол ережесін тұжырымдаңыз
2. Күштің формуласын көрсетіңіз
3. Магнит өрісіндегі тогы бар өткізгіштің қозғалысын айқындау

**Зертханалық-практикалық жұмыс 16. Магниттік өрісінің қасиеттері. Өткізгіштің электр тоғымен ара қатынасы**

Токтың магнит өрісін қоздыратын қасиеті  $F$  әрпімен белгіленетін магниттік қозғаушы күшпен (МҚК) сипатталады. Магниттік қозғаушы күш тұйықталған магниттік сызықтың бойымен таралады және магнит өрісін тудыратын токқа тең болады да ток сияқты ампермен өлшенеді.  $I$  - тогы бар түзу өткізгіштің магниттік қозғаушы күші осы токтың шамасына тең, яғни

$$F = I \quad (2.3)$$

Одан да үлкен өріс қоздыру үшін орам саны  $w$  орауыш арқылы ток жүргізеді, ал сандық орауыштың әрбір орамы  $I$  магниттік қозғаушы күшіне ие болғандықтан, орауыштың жалпы магниттік қозғаушы күші (МҚК):

$$F = wI \quad (2.4)$$

тең болады.

Магниттік сызық ұзындығының бірлігіне сәйкес келетін магниттік қозғаушы күшті магнит өрісінің кернеулігі деп атайды, ол  $H$  әрпімен белгіленеді және де ампер бөлінген метр (А/м) өлшемімен немесе көбіне одан 100 есе артық өлшеммен:  $A/cm = 100 A/m$  өрнектеледі.

$$H = F/l \tag{2.5}$$

мұндағы,  $l$  — магниттік сызықтың ұзындығы

Магнит өрісінің кернеулігі, магнит индукциясы сияқты, векторлық шама болып табылады. Изотроптық ортада (барлық бағыттарда бірдей магниттік қасиеттері бар орта) магнит өрісінің кернеулігі векторының бағыты сол нүктедегі магниттік сызықтың бағытымен сәйкес келеді.

Егер де магниттік сызық ұзындығының түгел бойында физикалық жағдайлар бірдей болса, онда өріс кернеулігін табу тіпті оңай.

Дербес жағдайда, түзу өткізгіштің айналасындағы магнит өрісінің сызықтары шеңбер болып келеді, әр шеңбердің ұзындығы

$$l = 2\pi x \tag{2.6}$$

мұндағы  $x$  — центрі өткізгіш осінде орналасқан өрістің қарастырылып отырған нүктесі арқылы жүргізілген шеңбердің радиусы. Әдейі алынып отырған шеңбердің барлық нүктелеріндегі жағдайлар бірдей және өріс кернеулігі

$$H = I/2\pi x \tag{2.7}$$

сондықтан да өткізгіштен алыстаған сайын өріс кернеулігі азая береді. Бұл өрнекті мына түрде жазуға болады

$$I = Hl = H2\pi x \tag{2.8}$$

Егер де магнит өрісі бір ғана емес, ал  $I$  тогы бар  $w$  - өткізгіштермен тудырылса, онда магниттік қозғаушы күш

$$\sum I = F = wI = Hl = H2\pi x \tag{2.9}$$

Сонымен контур бойындағы магниттеуші күш осы контурмен шектелген бетті тесіп өтетін толық токқа тең болады. Табылған қатынас толық ток заңы деп аталады.

Егер де ұзындығы  $l = 2\pi x$  қарапайым контур бір бағыттас  $I_1$  токтары бар  $n$  өткізгіштермен және қарама-қарсы бағытталған

$I_2$ токтары бар  $m$  өткізгіштермен тесіліп өтсе, онда толық ток заңы мынандай түрге келеді:

$$F = nI_1 - mI_2 = NI = H2\pi x \quad (2.10)$$

Электр-техникалық қондырғылардың көбісінде магниттік сызық бойындағы магнит өрісінің кернеулігі өзі жүріп өтетін бөлімшелердің материалына және де қималарына байланысты өзгеріп отырады. Бұл жағдайда магниттік сызық бөлімшелерге бөлінеді, оның әрқайсысының ішінде магнит өрісінің кернеулігін тұрақты деп есептеуге болады. Егер де магнит өрісі орам саны до орауыш арқылыөтіп жатқан  $I$  тогы арқылы қозатын болса, онда осындай қондырғылар үшін толық ток заңы мынандай формуламен анықталады:

$$\sum I = wI = H_1l_1 + H_2l_2 + \dots + H_kl_k \quad (2.11)$$

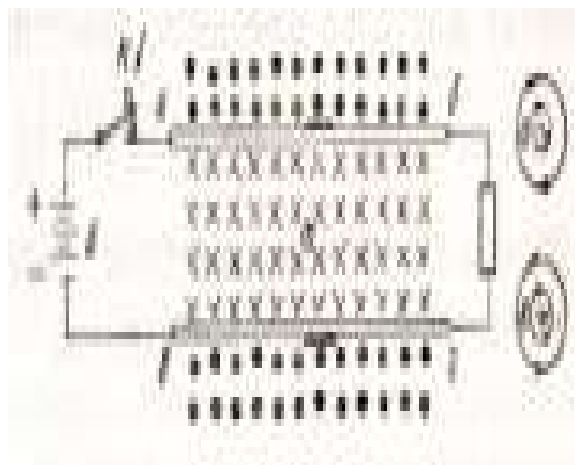
яғни магниттік қозғаушы күш өріс кернеулігінің магнит тізбегінің тиісті бөлімшелерінің ұзындығына көбейтіндісінің қосындысына тең болады. Жалпы түрде келтірілген толық ток заңы электр машиналары мен аппараттардыңмагнит өрісін есептеу үшін кеңінен қолданылады.

**Өзін - өзі бақылау сұрақтары:**

1. Толық ток заңын тұжырымдау
2. Магнит өрісінің кернеулігі
3. Токтың магнит өрісін қоздыратын қасиеті

**Зертханалық-практикалық жұмыс 17. Электромагниттік индукция. Өзіндік индукция**

Сым орамнан өтіп жатқан магниттік ағын өзгерген кезде, бұл орамда индукцияныңЭ. Қ. К-і туады. Осындай құбылысты орамда жүріп жатқан ток шамасы жағынан немесе бағыты өзгерген жағ-дайда да бакылауға болады. Индукцияның электр қозғаушы күшінің осылай туу процесін өзіндік индукция деп атайды. Өздік индукцияны, мысалы, токтыңтізбегін ажыратқанда немесе тұйықтағанда да бакылауға болады. Ажырату сәтінде тізбектегі магниттік ағынның жоғалуына байланысты өздік индукция ЭҚК-індукцияланып, ол токты өзгертпеуге тырысады. Тізбектеп жүріп жатқан ток арқылы пайда болатын магниттік ағын тұйықталу сә-тінде өседі де ал туған өздік индукцияныңЭҚК-і токтың артуына қарсылық жасайды.



20 Сурет - Өздік индукция ЭҚК-нің пайда болу сұлбасы

Сонымен, тізбекті тұйықтағанда өздік индукция ЭҚК-нің қарсы әрекетінен ток лезде өзгеріп кетуі мүмкін емес, ал ажыратқанда тағы да өздік индукцияның ЭҚК-нің қарсы әрекетінен токтың тізбектегі жоғалуы лезде аяқталмайды, ол жәйлап жүреді.

Өздік индукция құбылысы орамаларға ғана емес, сонымен қатар түзу өткізгіштерге де тән. Бұл жағдайда өздік индукция ЭҚК-і екі өткізгішпен немесе өткізгіш пен жермен, егер ол тізбектің элементін құрса, шектелген контурда пайда болатын магнит өрісі арқылы туады.

Екі түзу *ab* және *bc* өткізгіштер (20-сурет) *B* батареясының тізбегіне *K* кілттің көмегімен қосылған деп алайық. Кілт *K* тұйықталғанда тізбекте ток пайда болады. Кілт *K* тұйықталғаннан кейінгі бірінші сәттерде *ab* және *bc* өткізгіштерінен құралған контурды біртіндеп өсе түсетін магниттік ағын тесіп өтеді. Осы магниттік ағынның магниттік сызықтары (бұранда ережесі бойынша) контурдың ішінде суреттің жазықтығының арғы жағына бағыттталып, ал контурдың сыртында — сурет жазықтығының артынан бері бағытталады.

Біртіндеп өсе бастаған магниттік ағын  $\Phi$ -дің әсерінен тұйықталған тізбекте өздік индукция ЭҚК-і туады, ол бұранда тұтқасының айналмалы қозғалысына қарсы бағытталады, яғни *B* батарея тогының бағытына қарсы шығады.

Егер тұйық өткізгіш бір орам сымнан құрылса, онда осы өткізгіштің контурынан өтетін магниттік ағын  $\Phi$  тұрақты магниттік өтімділік кезінде өткізгіш арқылы жүріп жатқан ток  $I$ -ге пропорционал. Пропорционалдық коэффициентін  $L$  әрпімен белгілеп, мынандай теңдеу жаза аламыз:

$$\Phi = LI \quad (2.26)$$

немесе

$$L = \Phi / I \quad (2.27)$$

мұндағы  $L$  — берілген өткізгіштің индуктивтігі.

Егер біз қарастырып отырған тұйық өткізгіш бір орамнан тұрмай, дәл сол магниттік ағын  $\Phi$ -ді қамтитын бірнеше  $w$  орамдардан құрылған орамадан тұрса, онда мұндай ораманың индуктивтігі

$$L = w\Phi/I = \psi/I \quad (2.28)$$

мұндағы  $\psi = w\Phi$  — ағын тұтасуы.

Индуктивтіктің өлшемі болып генри (Гн) алынады. Бір генри-тізбектегі ток 1 секунд ішінде 1 амперге бірқалыпты өзгерген кезде 1 вольтка теңөздік индукция ЭҚК-і индукцияланатын тізбектің индуктивтігі. Егер  $L$  индуктивтігі бар тізбекте  $\Delta t$  уақыт арасында ток  $\Delta I$  шамасына өзгерсе, онда мұндай тізбекте

$$e = -L\Delta I/\Delta t \quad (2.29)$$

өздік индукция ЭҚК-і туады. Бұл формуладағы теріс таңба белгісі токтың мәні азайғанда ( $\Delta I$  өсімшесі — теріс шама) өздік индукция ЭҚК-і оң болатынын көрсетеді және керісінше.

$$F = wI$$

магниттік қозғаушы күшін магнит өрісін қоздырады ол өзінің жолында мынадай магнит кедергісін кездестіреді,

$$R = l/\mu S \quad (2.30)$$

мұндағы  $l$  — магнит жолының ұзындығы;

$S$  — осы жолдың қимасы  $m^2$ ;

$\mu$  — магниттік ағын тұйықталатын ортаның абсолют магниттік өтімділігі.

Электр тізбегі сияқты магнит тізбегі үшін Ом заңын мынандай түрде бейнелеуге болады:

$$\Phi = F/R_M = wI/R_M \quad (2.31)$$

және

$$\psi = w\Phi = w^2/R_M \quad (2.32)$$

Сондықтан да, индуктивтік

$$L = \psi/I = w^2/R_M = \mu Sw^2/l \quad (2.33)$$

Орауыштың магнит тізбегі орауыштың ішіндегі және сыртындағы екі бөліктен тұрады. Сондай-ақ магниттік кедергі де ішкі кедергі  $R_M$  және сыртқы  $R_{\text{міш}}$  екі бөліктен тұрады. Кеңістікте жайылып кеткен магниттік ағын үшін  $R_{\text{Мсыртты}}$  анықтау өте қиын.

Егер орауштың ұзындығы  $l$  оның диаметрінен  $d$  әлдеқайда үлкен болса ( $l \gg d$ ), онда сыртқы бөліктегі магнит кедергісін елеусіз қалдырып, орауштың индуктивтігін есептеуге болады

$$L = (4\pi S w^2 / l) \cdot 10^{-7} \quad (2.34)$$

Егер орауыш тұйықталған болат магнит өткізгішке (дроссель) кигізілген болса және материалдың салыстырмалы магниттік өтімділігі  $\mu$  болса, онда дроссельдің индуктивтігі

$$L = (4\pi S w^2 / l) \mu \cdot 10^{-7} \quad (2.34)$$

Дроссельдің магнит өткізгішінде магниттік емес, ұзындығы  $l_3$  саңлау жасалған жағдайда, дроссельдің индуктивтігі

$$L = [4\pi S w^2 / (l_3 + l / \mu)] \cdot 10^{-7} \quad (2.34)$$

мұндағы  $l$  — дроссельдің болат өзегі бойымен алынған орташа магниттік сызықтың ұзындығы, м.

### **Өзін - өзі бақылау сұрақтары:**

1. Өзіндік индукцияны айқындау
2. Өздік индукция ЭҚК формуласын көрсету
3. Дроссельдің негізгі міндеті

### **Зертханалық-практикалық жұмыс 18. Айнымалы тоқтың негізгі қасиеттері**

Электр энергиясын тұтынушылардың көбісі айнымалы тоқта жұмыс жасайды. Қазіргі уақытта, барлық электр энергиясы айнымалы тоқ энергиясы түрінде өндіріледі. Бұл осы энергияны өндіру мен таратудың артықшылығымен түсіндіріледі. Айнымалы тоқты электр станциясында механикалық энергияны электр энергиясына генераторлардың көмегімен түрлендіре отырып алады. Тұрақты тоқпен салыстырғанда айнымалы тоқтың негізгі артықшылығы, трансформаторлардың көмегімен кернеуді көтеру немесе түсіру, аз шығынмен электр энергиясын үлкен қашықтықтарға беру, үш фазалық қорек көзінде бірден сызықтық (линейное) және фазалық екі кернеуді алу мүмкіндіктерінен болады. Одан басқа, айнымалы тоқтың генераторлары мен қозғалтқыштары құрылысы бойынша өте қарапайым, жұмыс жасауы қарапайым және тұрақты тоқтың машинасымен салыстырғанда пайдалануда өте оңай.

Айнымалы тоқты тұрақты тоқпен салыстырғанда негізгі артықшылығы — оңай және энергияны таратқанда кернеуді аз шығынмен өзгертеді. Айнымалы тоқ генераторы және қозғалтқышы, тұрақты тоқ машиналарымен салыстырғанда құрылысы жағынан қарапайым және сенімді.

Айнымалы тоқтың электр тізбегінде, барлық тоқтар мен кернеулер синусоидалы уақыт функциясымен сипатталатын синусоидалы форманы ең



жиі пайдаланады. Айнымалы тоқтың генераторларында синус заңымен уақыт бойынша өзгертін ЭҚК алады және электр қондырғылардың ең тиімді эксплуатациялық режим жұмыстарымен қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, тоқ пен кернеудің синусоидалы формалары кешенді сандар әдісін пайдаланып электр тізбектеріне дәл есептеу жүргізуге және векторлық диаграмма әдістері негізінде жуықталған есептеу жүргізуге мүмкіндік береді. Осы кезде, есептеу үшін векторлық немесе кешендік формада жазылған Ом және Кирхгофтың заңдарын пайдаланады.

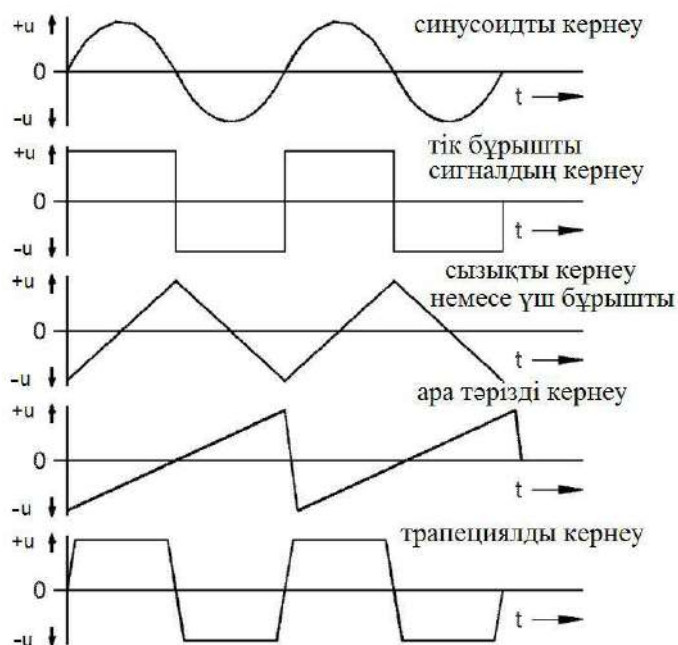
Тұрақты тоққа қарама-қарсы айнымалы тоқ, периодты түрде өзінің бағытын өзгертіп отырады. Айнымалы тоқтың немесе кернеудің қисығы (функциясы) сәйкесінше әр түрлі формада болады. Қазіргі техникаларда айнымалы тоқтың неше түрлі формалары кеңінен пайдаланылады: синусоидалды, тікбұрышты, үш бұрышты т.б. (16.1 сурет).

Тоқтың кез келген уақыттағы мәні лездік мәні деп аталады. Тоқтың, ЭҚК-ның кернеудің, лездік мәндері  $i$ ,  $u$ ,  $e$  әріптерімен белгіленеді.

Тоқтың лездік мәні теңаралық уақытта қайталанса, периодты деп аталады, ал толық бір тербеліс жасауға кететін уақыты- уақыт периоды деп аталады.

Егерде лездік тоқтың қисығы синусоида түрінде болса, тоқ синусоидалды деп аталады.

Егерде қисық синусоидтан өзгеше болса, тоқ синусоидалды емес деп аталады.



16.1 сурет – Айнымалы тоқ немесе кернеу қисығына (функциясына) сәйкес формалар

Айнымалы тоқтың электр тізбегіндегі синусоидалды формасы жиі қолданылады, себебі, тоқтардың барлық кернеулігі мен жиілігін синусоидалды уақыты– уақыт функциясы болады.

Айнымалы ток генераторларынан уақыты синус заңымен өзгертін ЭҚК алуға тырысады. Тек осылай электр қондырғылардың тиімді жұмыс жасауын қамтамасыз етуге болады.

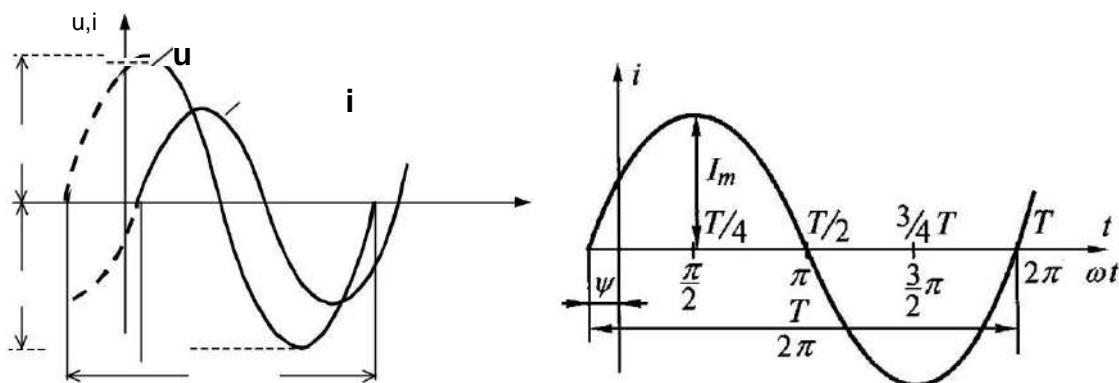
Айнымалы ток пен кернеудің ең маңыздысы *жиілік*, *амплитуда*, *орташа квадраттық (әсер етуші) мән*, *фазалық ығысу (бұрыш)* және *қуат* параметрлері болып табылады.

16.2 суретте уақыт функциясы ретінде синусоидалы кернеу мен ток көрсетілген. Бір период  $T$  аралығында кернеу ретімен нөлде, оң максимумда (амплитудалық мәні)  $U_m$ , одан кейін, нөлде, теріс максимумда және қайта нөлде болады.

Токтың өзгеру графигі де осыған ұқсас, бірақ жалпы жағдайда ол кернеумен салыстырғанда уақытқа байланысты ығысып отырады (кернеуден қалады, не оны озады).

$(\omega t + \psi)$  синус аргументі фаза деп аталады.  $\psi$  бұрыш фазаға тең, бастапқы уақытта  $t=0$  сондықтан оны бастапқы фаза деп атайды.

Фаза уақыт өткен сайын өседі  $2\pi$ -дейін өскесін, токтың барлық өзгеру циклі қайталанады. Ағым мезгілі  $T$  болғанда, фаза  $2\pi$ -ға дейін өседі. Сондықтан  $2\pi/T$  фазаның өзгеру жылдамдығын көрсеткендіктен, ол бұрыштық жиілік (рад с) деп аталады.



$i$  – токтың лездік мәні;

$I_m$  – токтың жоғарғы (амплитудалық) мәні;

$\omega$  – бұрыштық жиілік

мәні;  $\psi$  – бастапқы фаза;

Герцпен өлшенетін (Гц) жиілік  $f$  1 секунд ішіндегі периодпен өрнектеледі.

$$f = 1/T.$$

Стандартты жиілік  $f=50$  Гц тең болса, бұрышты жиілік  $=2\pi \cdot 50 = 314 \text{ с}^{-1}$

Синусоидалды функция аргументі деп –уақыт  $t$  немесе  $\omega t$  бұрышы айтады.

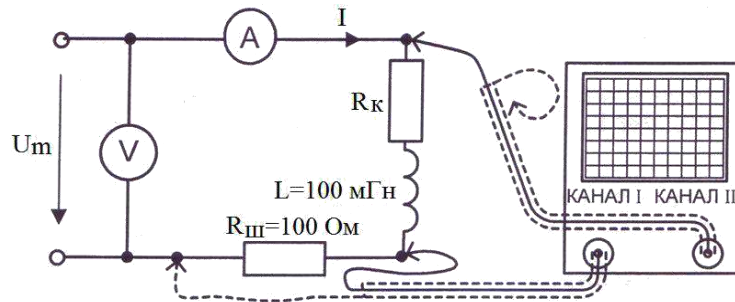
Сондықтан,  $u$  және  $i$  лездік мәндерін табу үшін олардың параметрларын табу керек, олар: амплитуда, бұрыштық жиілік және бастапқы фаза. Қазіргі техникаларда айнымалы ток жиілігі, жиіліктің мыңдаған бөлігінен миллиард Герцке дейін кең қолданылады. Біздің елдің электроэнергетикасында және Еуропада стандартты жиілік 50 Гц, АҚШ-та-60 Гц.

### эксперимент

Жұмыстың мақсаты: Виртуалды осциллограф экранына жүктемедегі ток пен кернеудің синусоидын шығарып, келесі шамаларды анықтау: 1) кернеудің амплитудалық мәні  $U_m$ , 2) токтың амплитудалық мәні  $I_m$ , 3) кернеудің әсер етуші мәні  $U$ , 4) токтың әсер етуші мәні  $I$ , 5) период  $T$ , 6) жиілік  $f$ , 7) бұрыштық жиілік, 8) фазалық ығысу, 9)  $t=T/3$  уақыт моментіндегі кернеудің лездік мәні  $u$ .

### Экспериментті орындау тәртібі

Схема бойынша тізбекті жинап (16.3 сурет), реттелетін синусоидалы кернеу көзін ( $U_m=10\text{ В}$ ,  $f=0,5\text{ кГц}$ ) қосамыз.



16.3 сурет – Эксперименттің электр схемасы

Виртуалды осциллографты іске қосып, жұмыс жағдайына келтіреміз. Токқа пропорционал кедергісі 100 Ом кернеу осциллографтың бірінші каналға, ал тізбекке келген кернеу – екінші каналға беріледі.

Осциллограф каналының жазу (развёртка) және сезімталдық параметрлерін, экран бетінде кернеу мен токтың бір-екі периоды кескінделетіндей орнатамыз.

Экрандағы синусоидалы қисық сызықтардың дәл көшірмесін жазба қағазына түсіреміз.

Алынған синусоидалы кернеу мен токтың қисық сызықтары бойынша төменде көрсетілген өлшемдерді анықтаймыз.

Кернеудің амплитудалық мәнін:

$$U_m = A \cdot m_{U2} = \dots = \dots \text{ В}$$

мұнда

$A = \dots$  бөлік – тор бөлігіндегі қисық кернеудің амплитудасы,

$m_{U2} = \dots \text{ В/бөлік}$  – осциллографтың екінші каналының сезімталдығы.

Токтың амплитудалық мәні:

$$I_m = B \cdot m_{U1} / R = \dots = \dots \text{ А}$$

мұнда

$B = \dots$  бөлік – тор бөлігіндегі қисық токтың амплитудасы,

$m_{U1} = \dots \text{ В/бөлік}$  – осциллографтың бірінші каналының сезімталдығы.

$R = 100\text{ Ом}$  – токтың сигналы алынатын шунттың кедергісі.

Кернеудің әсер етуші кернеуі

$$U = U_m \cdot 2 = \dots \text{ В}$$

Тоқтың әсер етуші мәні

$$I = I_m \sqrt{2} = \dots \text{мА}$$

Период

$$T = C \text{ мс}$$

мұнда

$C = \dots$  бөлік – осциллографтың тор бөлігіндегі период,

$m_t = \dots$  мс/бөлік – осциллографтың жазу каналы бойынша сезімталдығы.

Жиілік

$$f = 1/T = \dots \text{Гц.}$$

Бұрыштық жиілік

$$= 2\pi f = \dots = \dots 1/\text{с.}$$

Фазалық ығысу

$$= 360 D/C = \dots = \dots \text{град.}$$

мұнда

$D = \dots$  бөлік – осциллографтың тор бөлігіндегі тоқ пен кернеудің ығысуы,

$C = \dots$  бөлік – осциллографтың тор бөлігіндегі период

$t = T/3$  тең уақыт моментіндегі  $u$  кернеудің лездік мәні

$$u = U_m \sin t = \dots = \dots \text{В}$$

Есептеу және өлшеу нәтижелерін 16.1-ші кестеге толтырамыз.

16.1. –кесте

Өлшеу құралдары	$U_m$ , В	$I_m$ , мА	$U$ , В	$I$ , мА	$T$ , мс	$f$ , Гц	$\omega$ , рад/с	$\phi$ , град	$u(T/3)$ В
Осциллограф									
Мультиметр	-	-			-	-	-	-	-

Мультиметрдің көмегімен  $U$  және  $I$  мәндерін өлшеп, нәтижелерін 1.1-ші кестеге түсіріп, осциллографтан алынған нәтижелермен салыстырамыз.

Масштабты белгілеп, тоқ пен кернеудің әсер етуші мәндерінің векторлық диаграммасын тұрғызамыз.

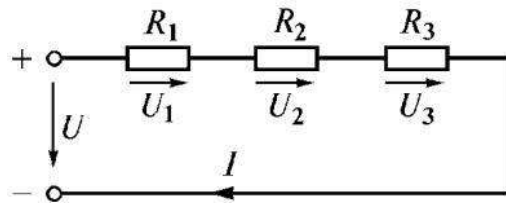
**Өзін - өзі бақылау сұрақтары:**

1. Айнымалы тоқ дегеніміз не?
2. Айнымалы тоқтың сипаттамалары
3. Мультиметрдің тағайындалуы
4. Осциллографтың құрылысы және жұмыс жасау принципі

**Зертханалық-практикалық жұмыс 19. Айнымалы тоқ торабындағы кедергілер түрлері**

### Резисторларды тізбектеп қосу

Егер де бірнеше резисторлар бірінен соң бірі тармақтарсыз қосылған болса және олардан бір тоқ өтсе, ол тізбектілген деп аталады (1.21-сурет) Бөлек резисторлар кедергілерін  $R_1, R_2, R_3$  деп белгілейміз, ал олардың қысқаштағы кернеулерін сәйкес  $U_1, U_2, U_3$  деп белгілейміз.



1.21-сурет

Кирхгофтың екінші заңы бойынша

$$U = U_1 + U_2 + U_3. \quad (1.47)$$

Егер де теңдеудің екі жағын ток  $I$  бөлсек, табамыз:

$$\frac{U}{I} = \frac{U_1}{I} + \frac{U_2}{I} + \frac{U_3}{I}$$

Немесе

$$R_{\Sigma} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1.48)$$

Сонымен, тізбектіліп қосылғанда эквивалентті немесе жалпы кедергі тізбектің бөлек саласындағы кедергілер қосындысына тең (1.22-сурет).

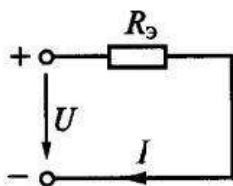
Жалпы түрде

$$R_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n R_i \quad (1.48)$$

$n$  - тізбектіліп қосылған резисторлар саны

Бұл тізбектегі ток

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



1.22-сурет

Осылайша кедергілердегі кернеулер төмендегі формулалармен анықталады:

$$U_1 = IR_1; U_2 = IR_2; U_3 = IR_3. \quad (1.50)$$

Демек, шамадағы кернеулер кедергілерге пропорционалды:

$$U_1 : U_2 : U_3 = R_1 : R_2 : R_3 \quad (1.51)$$

Егерде, (1.47) теңдеу мүшелерін  $I$  тоғына көбейтсек, табамыз

$$UI = U_1 I = U_2 I = U_3 I$$

Немесе

$$P = P_1 = P_2 = P_3 \quad (1.52)$$

Сонымен, барлық тізбек қуаты, бөлек участкелер қуаттарының қосындысына тең.

Техниканың түрлі аймағында қабылдағыштардың тізбектіліп қосылуы кеңінен қолданылады. Қабылдағыштың есепті кернеуі, электр энергия қорек көзінің кернеуінен аз болған жағдайда қолданылады.

### Резисторларды қатар қосу

Қабылдағыштарды қатар қосу дегеніміз – электр тізбегінің екі түйініне кернеулері бірдей бірнеше тармақтарды қосу (1.23-сурет).

Кирхгофтың бірінші заңына сәйкес

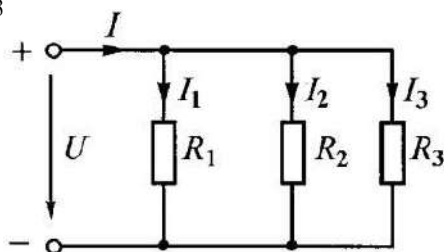
$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

$$I_1 = \frac{U}{R_1}; I_2 = \frac{U}{R_2}; I_3 = \frac{U}{R_3} .$$

$$\text{Немесе } \frac{U}{R_{\Sigma}} = \frac{U}{\frac{R_1}{K} + \frac{U}{\frac{R_2}{K} + \frac{U}{\frac{R_3}{K}}}} \quad (1.53)$$

Теңдеудің екі жағын  $U$ -ға қысқартқанда, табамыз

$$\frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \text{немесе } g_{\Sigma} = g_1 + g_2 + g_3 \quad (1.54)$$



1.23-сурет

Демек, қатар қосылған қабылдағыштардың жалпы (эквивалентті) тармақтар өткізгіштіліктер қосындысына тең. (1.54) формуладан үш тармақтың жалпы кедергісін анықтаймыз:

$$R_{\Sigma} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} \quad (1.55)$$

Егерде, бірдей кедергісі бар  $n$ -қабылдағыштар қатар қосылса, тізбектің эквивалентті кедергісі  $R_{\Sigma}$ , бір тармақтың кедергісінен  $n$ -рет аз болады:

$$R_{\Sigma} = \frac{R_i}{n} \quad (1.56)$$

Барлық жағдайда, қатар қосылғанда, эквивалентті кедергі ең азғантай қатар қосылғаннан да аз болады.

Себебі:  $P = U^2 g = U^2 (g_1 + g_2 + g_3)$

$$\text{Онда } P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (1.57)$$

Сонымен, қатарласқан тізбек қуаты бөлек тармақтар қуатының қосындысына тең.

$$I_1 : I_2 : I_3 = g_1 : g_2 : g_3 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3} \quad (1.58)$$

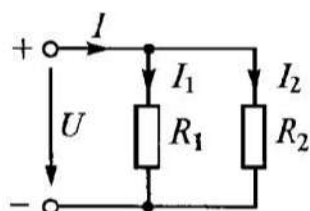
$P = U^2 g$ , сондықтан

$$P_1 : P_2 : P_3 = g_1 : g_2 : g_3 \quad (1.59)$$

Жиі кездесетін, тізбек екі қатарласқан резистор бар тізбек (1.24-сурет)

Бұндай тізбектің эквивалентті кедергісі мына формуламен табылады:

$$R_{\Sigma} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (1.60)$$



1.24-сурет

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{I R_{\Sigma}}{R_1} = \frac{I R_2}{R_1 + R_2}; \quad I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{I R_{\Sigma}}{R_2} = \frac{I R_1}{R_1 + R_2}; \quad (1.61)$$

## Аралас қосылған резисторлар

Резисторлардың аралас қосылуы дегеніміз— тізбектеліп және параллельді қосылуды байланыстыру. Бұл қосылу көп түрлі болғандықтан, тізбектің эквиваленті кедергісін анықтауда, жалпы формуласын жаза аламыз. Сол себептен әр нақты жағдайда, тізбектеліп және қатар қосылудың есептеу әдісін қолданып, аралас қосылудың эквиваленті кедергісін есептеуге болады. (1.25 а-сурет) нақты мысалда электр тізбегінің есебі көрсетілген.

Электр тізбегін жеңілдетіп жәй түрін келтіреді (1.25 б, в-сурет)

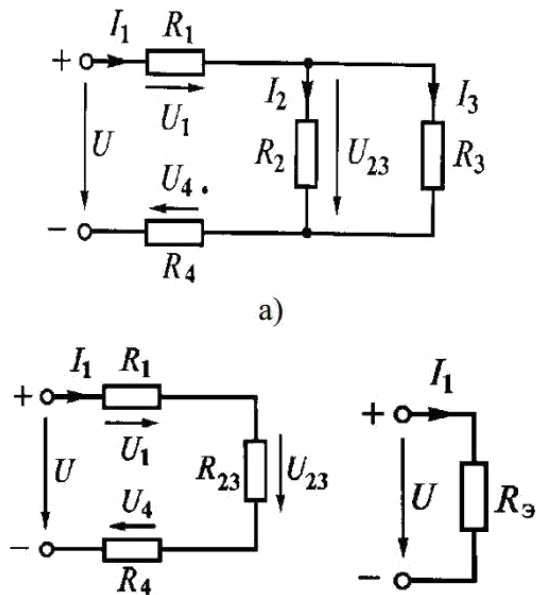
$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}; \quad R_{14} = R_1 + R_4;$$

$$I_1 = \frac{U}{R_{14} + R_{23}}; \quad I_2 = \frac{U_{23}}{R_2}; \quad I_3 = \frac{U_{23}}{R_3}.$$

$$U_1 = I_1 R_1; \quad U_4 = I_1 R_4; \quad U_{23} = I_1 R_{23}.$$

Тексеру:

$$1) U = U_1 + U_4 + U_{23}; \quad 2) I_1 = I_2 + I_3.$$



1.25-сурет

### Өзін - өзі бақылау сұрақтары:

1. Резисторлардың жалғау түрлерін атау
2. Тізбектей жалғануын тұжырымдау
3. Параллель жалғануын айқындау
4. Аралас жалғануын көрсету

### Зертханалық-практикалық жұмыс 20. Айнымалы тоқ тізбегінің элементтері.

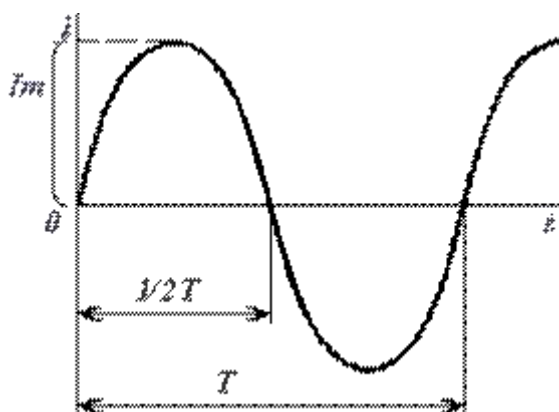
Тоқ және кернеу мәндері, айнымалы ЭҚК қарастырайық .

Айнымалы ЭҚК ток және кернеу уақыт өткен сайын өзгеруі деп аталады. Олар тек өзгертілуі немесе тек бағыт құнының, сондай-ақ құны мен бағыты бойынша болады.

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i),$$

Синусоидалды ЭҚК, кернеу және ағымдағы уақыт мерзімді функциялары болып табылады. Уақыты  $t$  кезеңінен кейін, бұрыш  $2\pi$  арқылы тербеліс фазасы өзгерістер кезең деп аталатын, және тербеліс цикл қайтадан қайталанады:  $i(t) = i(t + T)$  (2.1 сурет), сондықтан, мерзімі және бұрыштық жиілігі  $\omega T = 2\pi$  байланысты. Кезеңнің ұзақтығы, әдетте секундпен өлшенеді. Кезеңнің өзара жиілігі деп аталады және  $f$  белгіленеді. Жиілігі секундына циклдарының санымен анықталады:  $f = 1/T$  және Герц (Гц) өлшенеді.

$$\omega = 2\pi/T = 2\pi f.$$

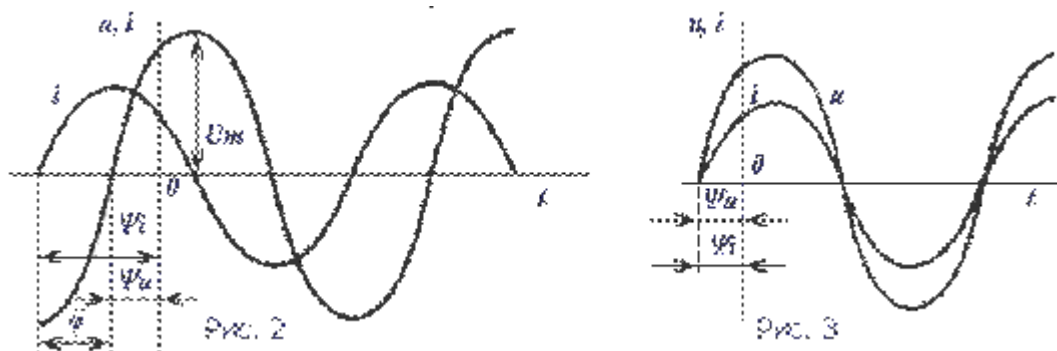


2.1 – сурет - Уақыттағы ток синусоида алмасуы

Бірге қаралады кезде бір жиілігін бірнеше синусоидты электр шамаларын фазалық бұрышы деп аталады олардың фазалық бұрыштың, айырмасы әдетте мүдделі. Екі синус функциясын фазалық бұрышы олардың бастапқы кезеңдерінде айырма ретінде айқындалады. Синусоидалық толқын сол бастапқы кезеңін бар болса, онда ол фазада сәйкестік былай делінген фаза айырмасы болса, онда біз қарама-қарсы фазада синусы толқыны деп айтады. Фаза қарым-қатынастар электр тізбектері АС талдау өте маңызды болып табылады. Ток және кернеу тізбек бөлігі арасындағы фазалық ығысу бұрышы хатпен белгіленеді және  $\phi$  кернеу бастапқы кезеңінің токтың бастапқы кезеңін шегеру арқылы анықталады:

$$\phi = \psi_u - \psi_i.$$





2.2 – сурет - Кернеу мен ток диаграммасы: а) ( $\varphi = \psi_u - \psi_i$ ) фаза қозғалуымен; б) ( $\psi_u = \psi_i$ ) бірдей фазалармен

Токтар айнымалы тәжірибесінде электр шамаларын тиімді құнының кеңінен қолданылады тұжырымдамасы болып табылады . Іс-шаралар түбірлік кезең үшін айнымалы электр санын шаршы мәні білдіреді деп аталады.

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$

Токтың термиялық және электромеханикалық іс-қимыл, оның лездік құнының квадрат пропорционалды, сондықтан ол маған кезең үшін бағалау сандық шарасы ретінде бола алады жарамды ағымдағы болып табылады.

$$\int_0^T i^2 dt = I_m^2 \int_0^T \sin^2 \omega t dt = I_m^2 \int_0^T [(1 - \cos 2\omega t) / 2] dt = I_m^2 T / 2,$$

$$I = I_m / \sqrt{2}.$$

Синусоидально кернеу түрлі ағымдағы мәндері үшін , ЭҚК магниттік ағыны және ұқсас өрнектер жарамды болып табылады:

$$U = U_m / \sqrt{2}, E = E_m / \sqrt{2}, \\ \Phi = \Phi_m / \sqrt{2}.$$

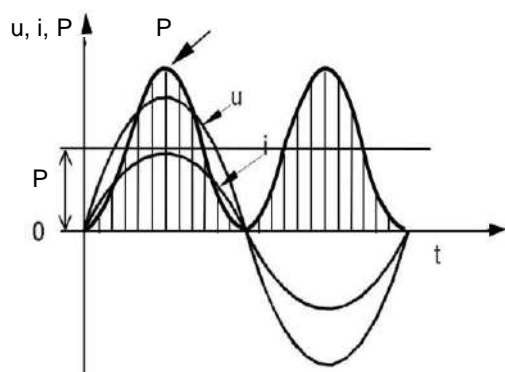
Айнымалы кернеу құндылықтар туралы айтар болса, ЭҚК немесе ағымдағы, әдетте, олардың нақты мәндерін.

**Өзін - өзі бақылау сұрақтары:**

1. Айнымалы тоқ тізбегінің элементтерін атау
2. Кернеу мен ток диаграммасы
3. Токтың термиялық және электромеханикалық іс-қимылын көрсету

## Зертханалық-практикалық жұмыс 21. Айнымалы ток тізбегінің қуаты

Синусодты кернеу резисторлық жүктемеге берілген кезде, мұнда синусоидалы ток пайда болады. Осы кезде, ток пен кернеу *фаза бойынша* сәйкес келеді, яғни екеуі де бір уақытта оң және теріс амплитудалық мәнге ие болады (17.1).



17.1 сурет –Резистордағы кернеу, ток және активті қуаттың уақытқа

аталады. Ол резистордағы ток пен кернеудің әсер етуші мәндері арқылы өрнектеледі:

Таза резисторлық жүктемеде бөлінетін қуат, кернеудің токқа қатынасымен анықталады. Қисық қуаттың лездік мәнін, әр уақыт моментінде алынған ток пен кернеудің лездік мәндерін көбейту арқылы құрауға болады:

$$p = u i = i^2 R = u^2 / R$$

Лездік қуат бір периодта екі жиілікті толқыма жасайды. Қуаттың орташа мәні **активті қуат** деп

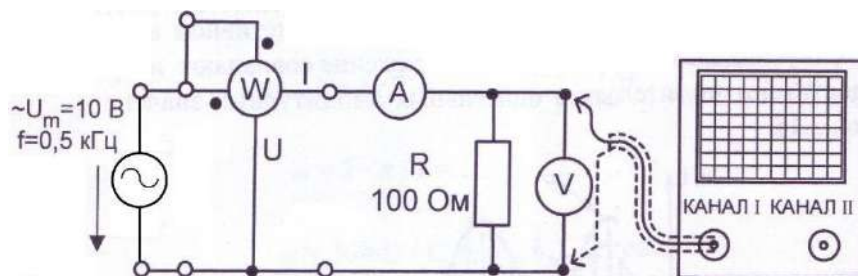
$$P = U I = I^2 R = U^2 / R$$

### Эксперимент

Жұмыстың мақсаты: Виртуалды осциллограф көмегімен резистор тізбегіндегі синусоидалы кернеу қисығын алып, қуаттың, кернеудің және токтың уақытқа тәуелді қисығын тұрғызу және оның орташа мәнін анықтап, векторлық диаграммасын тұрғызу.

### Экспериментті орындау тәртібі

Сұлба бойынша жинап (17.2 сурет), реттелетін синусоидалы кернеу көзі (генератор напряжений специальной формы) арқылы (осциллографта) амплитудалық кернеу мәнін  $U_m=10V$ ,  $f=0,5кГц$  тең болатындай етіп қосылады.



17.2 сурет –Эксперименттің электр сұлбасы

Осциллографтың сезімталдық және жазу параметрлері, экранда кернеудің бір периоды көрінетіндей етіп орнатылады. Тізбектегі активті қуат ваттметр бойынша мәні  $P_W = \dots\dots$  Вт, осциллограмма бойынша мәні  $P_{cp} = \dots\dots$  Вт.

Әр уақыт моментіндегі қуаттың лездік мәнін  $p=u^2/R$  анықтап, 17.1-ші кестеге түсіреміз.

2.1 кестеде көрсетілген уақыттағы тоқ пен кернеудің лездік мәнін осциллографпен анықтап,  $p, i, u = f(t)$  қисықтарының тәуелділік графиктері тұрғызылады (2.3 сурет).

17.1 кесте

Уақыт $t$ , мс	Кернеу $u$ , В	Тоқ $i$ , мА	Лездік қуат $p$ , мВт
0			
0,2			
0,4			
0,6			
0,8			
1,0			
1,2			
1,4			
1,6			
1,8			
2,0			

**Өзін - өзі бақылау сұрақтары:**

1. Айнымалы тоқтың қуатының формуласын айқындау
2. Осциллографтың сезімталдық және жазу параметрлерін көрсету
3. Виртуалды осциллограф көмегімен резистор тізбегіндегі синусоидалы кернеу қисығын алып, қуаттың, кернеудің және тоқтың уақытқа тәуелді қисығын тұрғызу

**Зертханалық-практикалық жұмыс 22. Айнымалы тоқ тізбегінде резонанс құбылысы**

Тармақталмаған тізбек (10–1 сурет) үшін Ом заңы мына түрде болады.

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}}$$

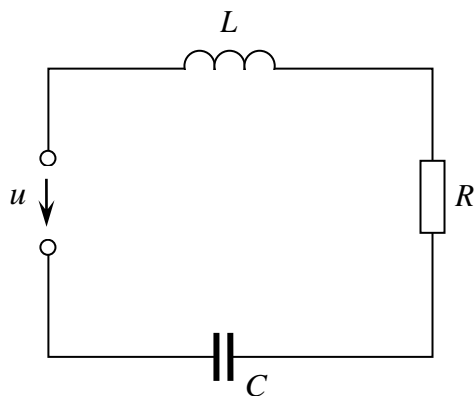
$\omega L = 1/\omega C$  шарты орындалған жағдайда *кернеулер резонансы* құбылысы байқалады.

$L$  және  $C$  параметрлері өзгермейтін болса, резонанс шартын тоқ жиілігін өзгерту арқылы орындауға болады. Резонанстық жиілікті былай анықтайды

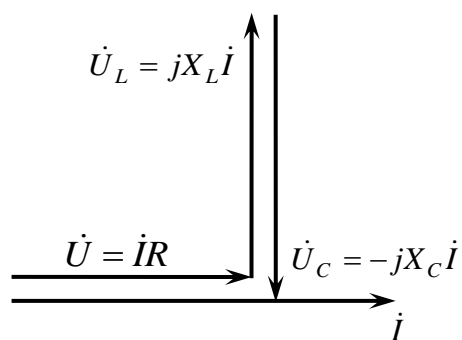
$$\omega_0 L = 1/\omega_0 C,$$

$$\omega_0 = 1/\sqrt{LC}.$$

Резонанс жағдайында индуктивтілік пен сыйымдылықтағы кернеу тең. Мұндай жағдайдың векторлық диаграммасы 10–2 суретте келтірілген.



10-1 сурет



10-2 сурет

Резонанс кезінде  $\varphi = 0$ ,  $\cos\varphi = 1$ ,  $U = IR$ ,  $S = P$ .

Егер активті кедергі аз, яғни  $R < 1/\omega C$  және  $R < \omega L$  болса, онда желідегі кернеуден анағұрлым артық болатын едәуір тоқ және сыйымдылық пен индуктивтілікте үлкен кернеу пайда болады.

Резонансты жиілік кезінде реактивті кедергі шамасын толқындық кедергі ( $\rho$ ) деп атайды

$$\rho = \omega_0 L = \frac{L}{\sqrt{LC}};$$

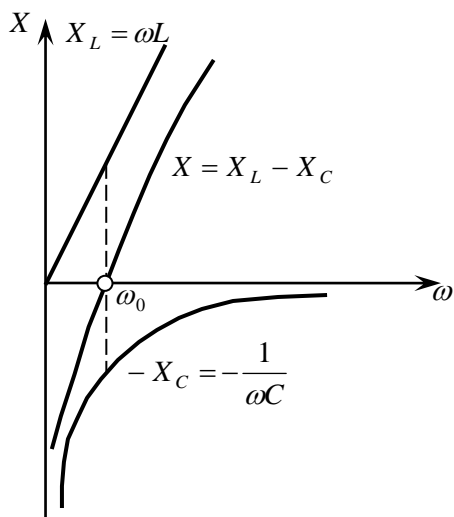
$$\rho = \sqrt{L/C}.$$

Контурдың төзімділігі (добротность) деп толқындық кедергінің активті кедергіге қатынасын айтады, яғни

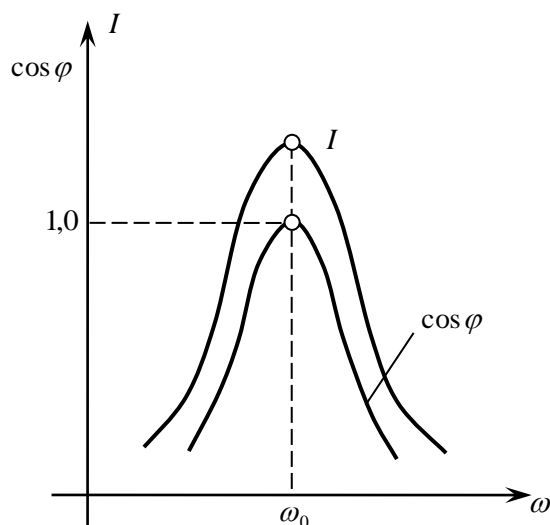
$$Q = \frac{\rho}{R}.$$

Төзімділік реактивті элементтердегі кернеу резистивті элементтердегі кернеуден неше есе асып түсетінін анықтайды.

$X_L = \omega L$ ,  $X_C = 1/\omega C$ ,  $X = X_L - X_C$  екенін ескере отырып, жиіліктік сипаттамаларды (10-3 сурет) тұрғызуға болады. Резонанстық қисықтар ( $I = f(\omega)$  және  $\cos\varphi = f(\omega)$  тәуелділіктері) 10-4 суретте келтірілген. Резонанс кезінде тізбектегі тоқ ең үлкен мәніне жетеді, ал қуат коэффициенті 1-ге тең.



10–3 сурет

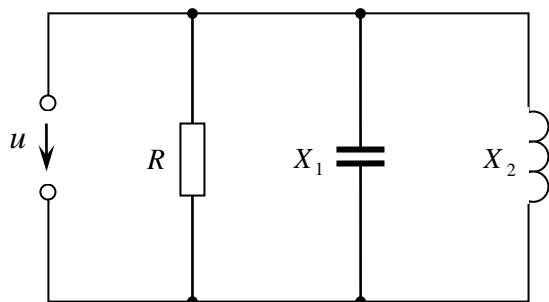


10–4 сурет

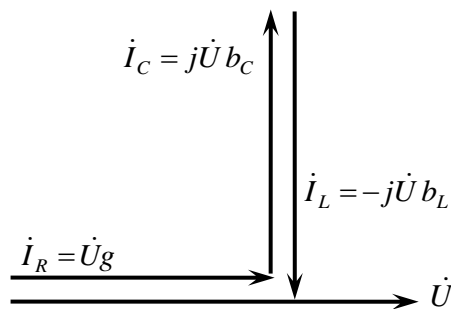
Тармақталған тізбек (10–5 сурет) үшін Ом заңы мына түрде жазылады

$$I = U \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2}.$$

Егер  $b_L = b_C$  болса, онда *тоқтар резонансы* құбылысы орын алады. Бұл жағдайда реактивті элементтері бар тармақтардағы тоқтар тең және қарама-қарсы бағытталған (векторлық диаграммасы 10–6 суретте келтірілген). Реактивті элементтері бар тармақтардағы тоқтар тізбектің тармақталмаған бөлігіндегі тоқтан едәуір артығырақ болуы мүмкін.



10–5 сурет



10–6 сурет

Кернеулер резонансындағы сияқты тоқтар резонансында да мына қатынастар орын алады:  $\varphi = 0$ ,  $\cos \varphi = 1$ ,  $S = P$ ,  $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ .

Кернеулер резонансы кезінде *тізбектің толқындық өткізгіштігі* ( $\gamma$ ) түсінігі қолданылады

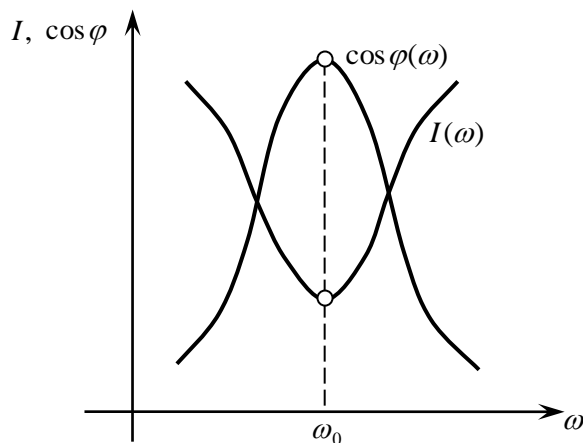
$$\gamma = \frac{1}{\omega_0 L} = \omega_0 C = \sqrt{\frac{C}{L}}.$$

Бұл жағдайдағы тізбектің төзімділігі

$$Q = \frac{\gamma}{g},$$

және реактивті элементтері бар тармақтардағы тоқтар тізбектің тармақталмаған бөлігіндегі тоқтан неше есе артық екенін көрсетеді. Резонанстық қисықтар 10–7 суретте келтірілген.

Тізбектің тармақталмаған бөлігіндегі тоқ резонанс кезінде ең аз мәнге ие болады, ал қуат коэффициенті 1 – ге тең.



10–7 сурет

### Өзін - өзі бақылау сұрақтары:

1. Резонанс құбылысын тұжырымдаңыз
2. Векторлық диаграмманы анықтау
3. Тізбектің тармақталмаған бөлігіндегі тоқ резонансын айқындау

### Зертханалық-практикалық жұмыс 23. Үшфазалы айнымалы тоқты алу

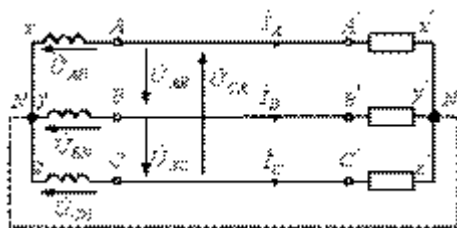
Үш фазалық ток тізбегінде екі сан мәнді кернеу, ал жалпы алғанда, арнаулы қондырғыларды пайдалана отырып, керекті сан мәнді кернеу алуға болады.

· Үш фазалық айнымалы кернеу арқылы айнымалы ток машиналарының әрекет етуінің негізгі себепкері айнымалы магнит өрісінің туғызуға болады;

· Электр энергиясының үш фазалық айнымалы ток тізбегімен алысқа беруге және таратуға қолданылатын қондырғылар мен құрылғылар басқа көп фазалық тізбектерге қарағанда қарапайым және экономикалық тиімді.

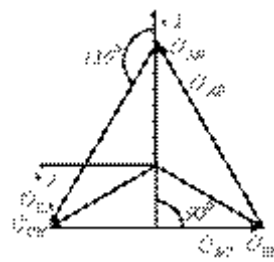
· Электр станцияларында электр энергиясы үш фазалық генераторлардың көмегімен алынады, қазір тұрақты токтың өзі өзі де көбіне айнымалы токты түзету арқылы арналады, ал бір фазалық ток деген сол үш фазасы ғана. Бір фазалық генератор сирек қолданылған шалғай отардағы шопан ауылдарында, алыс сапарда жүрген геологтар экспедициясында т.б жерлерде.

Жұлдызшамен жалғау 3.1.1 -ші суретте үш фазалы жүйеге жүктемені жұлдызша схемасымен жалғау көрсетілген. Мұнда  $AA'$ ,  $BB'$  и  $CC'$  – желілік өткізгіштер.  $N$  и  $N'$  –нейтрал (нольдік) өткізгіш



Сур3.1.1.- Жүктемені жұлдызшаға жалғау схемасы

$I_A, I_B$  и  $I_C$  желілік тоқтары фазалық тоқтарға тен болады. Нейтрал өткізгіштегі тоқ  $I_{NN} = I_A + I_B + I_C$ . Егер симметриялық режим болса  $I_{NN} = 0$ . Яғни симметриялық режим әрдайым сақталанатыны белгілі болса нолдік өткізгішті алып тастауға болады. Келесіде нолдік провод фазаға түсіп тұрған кернеулер симметриясын сақтауға қажет екенін көреміз.  $U_{AN}, U_{BN}, U_{CN}$  - жүктеменің фазалық кернеулері.



Желілік кернеулер желілер (фазалар)арасында әсер етеді. Кирхгоф екінші заңы бойынша

$$U_{AB} = U_{AN} - U_{BN}; (1)$$

$$U_{BC} = U_{BN} - U_{CN}; (2)$$

3.1.2 ші сурет - Симметриялық кернеулер системасының векторлық диаграммасы

$$U_{CA} = U_{CN} - U_{AN}. (3)$$

3.1.2 ші суретте симметриялық кернеулер системасының векторлық диаграммасы ккрсетілген

$$U_A = \sqrt{3}U_{\phi} (4)$$

Айнымалы тоқтың үшфазалы жүйесі

Үш фазалы жүйеге қабылдағыштарды жұлдызша схемасымен жалғағанда симметриялы режимде нолдік өткізгішті алып тастауға болады, бірақ міндетті түрде симметрия сақталу керек. Егер нолдік проводы жоқ схемада симметрия бұзыса, бейтарап нүктелердің арасында кернеу пайда болады, ол нейтралдың ығысу кернеуі деп аталады:

$$U_N = \frac{Y_A U_A + Y_B U_B + Y_C U_C}{Y_A + Y_B + Y_C} (5)$$

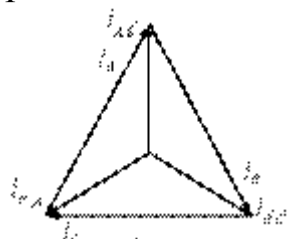
Осы себепті фазалардың кернеулері теңдеулерінен көрініп тұрғандай желінің фазалық кернеулеріне тең болмайды да, электр қабылдағыш номинал әлпінде жұмыс істемейді, мұндай жағдайды болдырмас үшін бейсимметриялы электр қабылдағыштары үш фазалы кернеу көзіне бейтарап сыммен қосылады, әрине бейтарап сымның кедергісі оны елемейтіндей аз болуы керек: Бейтарап сым бейтарап нүктелерінің потенциалдарын теңестіреді де, желінің фазалық кернеулері электр қабылдағыштың фазалырына өзгеріс жеткізілді: Бұл қабылдағышқа оның номинал кернеуіне тең кернеу белгілеу мүмкіндігін туғызады. Бұл теңдіктер егер бейтарап нүктелердің арасындағы кернеу пайда болса онда электр қабылдағыштың фазалық кернеуінің желінің кернеуіне тең болмайтындығын және өзара да әр түрлі болатындығын көрсетеді. Электр қабылдағыштың фазалық токтары Ом заңы бойынша төмендегі формулалармен анықталады.

$$I_a = \frac{U_a}{Z_a} = \frac{U_a - U_N}{Z_a} = Y_a(U_a - U_N).$$

$$I_b = \frac{U_b}{Z_b} = \frac{U_b - U_N}{Z_b} = Y_b(U_b - U_N)$$

$$I_c = \frac{U_c}{Z_c} = \frac{U_c - U_N}{Z_c} = Y_c(U_c - U_N)$$

Симметриялы ЭҚК жүйесі үшін:  $\vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C = 0$ .



сур.3.3.2 - Желілік және фазалық токтардың симметриялы жүйесінің векторлық диаграммасы

Кирхгофтың бірінші заңы бойынша

$$I_A = I_{AB} - I_{CA};$$

$$I_B = I_{BC} - I_{AB};$$

$$I_C = I_{CA} - I_{BC}.$$

3.3.2 - ші суреттегі диаграммадан

$$I_n = \sqrt{3}I_\phi. \quad (5)$$

Үшфазалы тізбектердің қуаты. Үш фазалы генератордың лездік қуаты:

$$P = P_A + P_B + P_C = u_A i_A + u_B i_B + u_C i_C.$$

Генератордың актив қуаты период ішіндегі орташа мәні болады

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = P_A + P_B + P_C = U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C$$



Яғни, үш фазалы қабылдағытың актив қуаты бейтарап сымдағы шығынларды ескерсек

$$P = P_a + P_b + P_c + P_N, \text{ реактивті қуаты}$$

$$Q = Q_a + Q_b + Q_c + Q_N$$

Толық қуаты:  $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ .

Үш фазалы симметриялы жүйенің актив қуаты  $P = 3U_\phi I_\phi \cos \varphi$ . (1)  
Симметриялы режимде жұлдызша үшін

$$U_n = \sqrt{3}U_\phi; \quad I_n = I_\phi$$

Ал үшбұрыш үшін  $U_n = U_\phi; \quad I_n = \sqrt{3}I_\phi$

(1) ге сүйеніп жұлдызша және үшбұрыш үшін  $P = \sqrt{3}U_n I_n \cos \varphi$ ,  
мұнда,  $\varphi$  - фазалық тоқ пен кернеу арасындағы бұрыш

Аналогия бойынша:

$$Q = \sqrt{3}U_n I_n \sin \varphi;$$

$$S = \sqrt{3}U_n I_n.$$

### Өзін – өзі бақылау сұрақтары:

1. Үш фазалық жүйенің артықшылықтары қандай?
2. Үш фазалық тізбектер деп қандай тізбекті айтамыз?
3. Үш фазалық тізбектер қай жерлерде қолданылады?
4. Тұтынушыларды қандай схемамен қосуға болады?
5. Тұтынушыларды жұлдызшамен қосқан кездегі фазалық ток қалай анықталады?
6. Тұтынушыларды жұлдызшамен қосқан кездегі фазалық кернеу қалай анықталады?
7. Тұтынушыларды жұлдызшамен қосқан кездегі сызықтық ток қалай анықталады?
8. Тұтынушыларды жұлдызшамен қосқан кездегі сызықтық кернеу қалай анықталады?
9. Симметриялы режимнің шарттары қандай
10. Бейсимметриялы режим қандай жағдайда пайда болады?
11. Бейтарап желі не үшін қажет ?

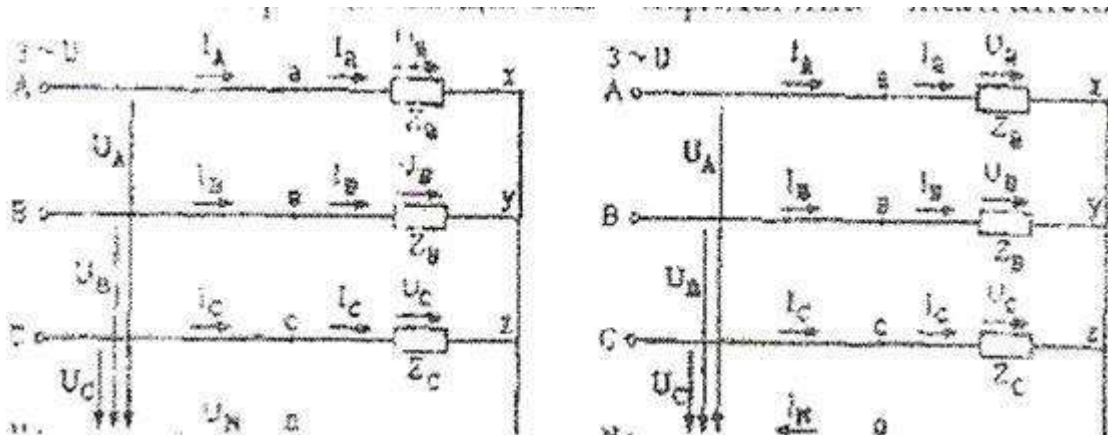
### Зертханалық-практикалық жұмыс 24. Орамаларды жұлдызша бойынша жалғау

#### Қабылдағыштары жұлдызша жалғанған үш фазалы ток тізбегі

1. Жұлдызша жалғанған үш фазалы симметриялы электр қабылдағыш.
2. Жұлдызша жалғанған үш фазалы бейсимметриялы электр қабылдағыш

### 3. Бейтарап сымның атқаратын рөлі.

Электр қабылдағыш. номинал кернеуі қорек көзінің фазалық кернеуіне тең болғандықтан. жұлдызша жалғанып, үш фазалы желіге қосылған (10.1 -сурет). Өйткені, егер үш фазалы' электр қабылдағыш жұлдызша жалғанса, онда қабылдағыштың фазаларына қорек көзінің фазалық кернеуі беріледі. Ал үш фазалы қабылдағыштың номиналкернеуін оның фазаларына беру керек кернеудің мәні деп түсінген жөн.



Үш фазалы қабылдағышты жұлдызша жалғау үш фазалы генератордың орамаларын жұлдызша жалғау сияқты: қабылдағыштардың аяқтары бірге түйінделеді. Бұл түйінді қабылдағыштың бейтарап (я) немесе нөлдік (o!) нүктесі деп атайды. Қабылдағыштардың бастары желілік сымдар (Аа, Вв, Сс) арқылы қорек көзінің фазаларының бастарымен қосылады. Қорек көзінің фазаларымен қосылуына қарай. Қабылдағыштар сәйкесінше а фазасы, а фазасы, с фазасы деп аталып, бастары а, в, с әріптерімен. ал аяқтары сәйкесінше х, у, z әріптерімен белгіленеді., Қабылдағыштың фазасының басы мен аяғының арасындағы кернеуді қабылдағыштың фазалық кернеуі деп. ал бастарының арасындағы кернеуді қабылдағыштың желілік кернеуі деп атайды. Электр торабының және қабылдағыштың қалыпты жұмыс күйінде үш фазалы желілік Қабылдағыштың фазаларымен жүретін. токты фазалық ток. деп, жалпы алғанда деп, ал желілік сымдармен жүретін токты желілік ток деп атайды. Қабылдағыштың фазалық токтары фазалық басынан аяғына қарай, ал желілік токтар қорек көзінен электр Қабылдағышқа қарай бағытталған деп алынады. Қабылдағыш жұлдызша жалғанғанда желілік ток ешқайда тармақталмай фазамен жүретіндіктен фазалық токқа тең болады» яғни желілік пен фазалық ток бір ток болып табылады:

Кирхгофтың екінші заңы бойынша.

$$U_a + U_b + U_c = 0 \quad U_a + U_N = \dots \text{сурет)}$$

Осы теңдіктерден электр қабылдағыштың дағышпын фазалық кернеулер  $U_A = U_A - U_N$   $U_B = U_B - U_N$   $U_C = U_C - U_N$

Бұл теңдіктердегі қабылдағыштың бейтарап нүктесімен қорек көзінің бейтарап нүктесінің N арасындағы кернеуді  $U_N$  бейтарап нүктелердің

ығысу кернеуі немесе бейтараптық кернеу деп атайды. Бейтараптық кернеу бейтарап нүктелердің потенциалдары өзара тең болмаған, яғни мына жағдайда пайда болады (10.0, (10.2) және (103) теңдіктері егер бейтараптық кернеу нөлге тең болмаса, онда фазалық кернеулердің мәндерінің қорек көзінің фазалық кернеулеріне тең болмайтындығын

және өзара да әр түрлі болатындығын көрсетеді.  $U_N = \phi_A - \phi_N$

(10,0,10,2,) және (10,3)теңдіктер,егер бейтараптық кернеу нөлге тең болмаса,онда фазалық кернеулердің мәндерінің қорек көзінің фазалық кернеулеріне тең болмайтындығын және өзара да әр түрлі болатындығын көрсетеді.Кирхгофтың бірінші заңы бойынша

қабылдағыштың бейтарап нүктесінде(3,1 а-сурет)  $I_A + I_B + I_C = 0$

**(3.4)**Фазалық токтар Ом заңы бойынша анықталады:

$$I_B = \frac{U_B - U_N}{Z_B} = Y_B(U_B - U_N) \quad (3.6)$$

$$I_C = \frac{U_C - U_N}{Z_C} = Y_C(U_C - U_N) \quad (3.7)$$

Егер фазалық токтардың мәндерін (10.4) өрнегіне қойса

$$U_N = \frac{Y_A U_A + Y_B U_B + Y_C U_C}{Y_A + Y_B + Y_C} \quad (3.8)$$

Бұдан бейтарап

Үш фазалы электр қабылдағыштың фазаларындағы кернеу мен токтың фазалық ығысу бұрыштары бұрыннан белгілі өрнектер бойынша,бірақ сәйкесінше фазалық шамалар арқылы анықталады. Мысалы,фазаның активті және реактивті кедергілерін пайдаланса:

$$\phi_A = \angle(U_A, i_A) = \arctg \frac{X_A}{R_A}$$

$$\phi_B = \angle(U_B, i_B) = \arctg \frac{X_B}{R_B}$$

$$\phi_C = \angle(U_C, i_C) = \arctg \frac{X_C}{R_C}$$

Мұндағы R,X-фазалардың сәйкесінше активті және реактивті кедергілер.

Жалпы алғанда,үш фазалы электр қабылдағыштар симметриялы және бейсимметриялы болып бөлінеді.

Фазаларының кешенді кедергілері өзара тең үш фазалы электр қабылдағыш симметриялы деп аталады:

$$Z_A = Z_B = Z_C = Z_\phi e^{j\psi} \quad 3.9$$

$$Y_A = Y_B = Y_C = Y_\phi e^{-j\psi} \quad 3.10$$

Бұл теңдіктердің орындалуы үшін фазаның активті және реактивті кедергілері мен фазалық ығысу бұрыштары сәйкесінше өзара тең болулары керек.

$$R_1 = R_2 = R_3; X_1 = X_2 = X_3; \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3$$

$$G_1 = G_2 = G_3; B_1 = B_2 = B_3; \theta_1 = \theta_2 = \theta_3$$

Егер осы теңдіктердің біреуі болса да орындалмаса, онда үш фазалы электр қабылдағыш бейсимметриялы деп аталады. Жалпы алғанда, бейсимметриялы электр қабылдағыш фазалардың кедергілері өзара тең емес:

$$Z_1 \neq Z_2 \neq Z_3; Y_1 \neq Y_2 \neq Y_3 \quad (3,11)$$

Үш фазалы симметриялы электр қабылдағыш жұлдызша жалғанып, үш фазалы қорек көзіне қосылған болсын. Фазалардың өткізгіштіктері өзара тең болғандықтан, теңдігінен бейтараптық кернеу

$$U_N = \frac{Y_1(U_A + U_B + U_C)}{3Y_1} = 0$$

өйткені қорек көзінің фазалық кернеулерінің кез келген мезеттегі алгебралық қосындысы нөлге тең:

$$U_A + U_B + U_C = 0$$

Олай болса (10.5), (10.6) және (10.7) теңдіктері бойынша электр қабылдағыштың фазалық кернеулері мен қорек көзінің сәйкесті фазалық кернеулері өзара тең болады:

$$U_A = U_A = U_A e^{j\varphi}; U_B = U_B = U_B e^{j120^\circ}; U_C = U_C = U_C e^{j240^\circ};$$

Бейтарап нүктелердің потенциалдары өзара тең болғандықтан, яғни, бейтарап сымда ток (бейтараптық ток) болмайды;

$$I_N = 0$$

Бұдан, үш фазалы жұлдызша жалғанған симметриялы электр қабылдағыш үш фазалы қорек көзіне қатарлап сымсыз қосылады деген қорытынды туады.

$$I_A = I_B = I_C = I_\phi$$

Фазалардың кернеулері өзара және кедергілері өзара тең болғандықтан фазалық токтар да сандық мәндері бойынша өзара тең болады. Бірақ кернеулердің фазалары әртүрлі болатындықтан токтардың фазалары өзара тең болмайды:

$$I_A = \frac{U_A}{Z_A} = \frac{U_A}{Z_A} = \frac{U_A e^{j\varphi}}{Z_A e^{j\varphi}} = I_\phi e^{-j\varphi} \quad (3,13)$$

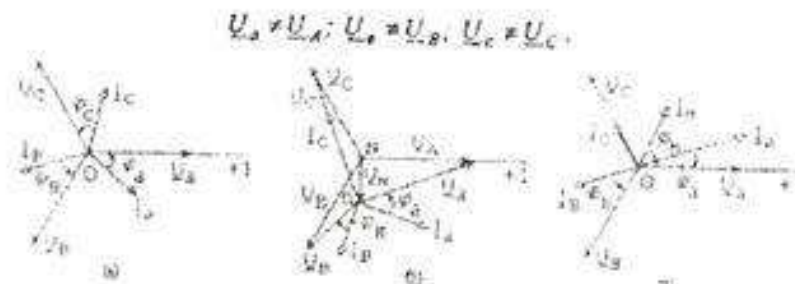
$$I_B = \frac{U_B}{Z_B} = \frac{U_B}{Z_B} = \frac{U_B e^{j120^\circ}}{Z_B e^{j\varphi}} = I_\phi e^{j(120^\circ - \varphi)} \quad (3,14)$$

$$I_C = \frac{U_C}{Z_C} = \frac{U_C}{Z_C} = \frac{U_C e^{j240^\circ}}{Z_C e^{j\varphi}} = I_\phi e^{j(240^\circ - \varphi)} \quad (3,15)$$

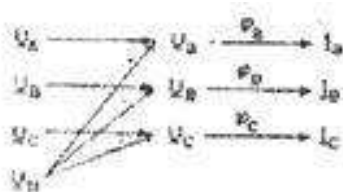
Егер электр қабылдағыш бейсимметриялы болса ( $Z_n \neq Z_p \neq Z_c$ ,  $Y_a \neq Y_b \neq Y_c$ ) және қорек көзіне бейтарап сымсыз қосылса (10.1, а-сурет), онда бейтараптық кернеу алайда болады: (10,8) өрнегінен

$$U_{\text{н}} = U_{\text{н}} \cdot e^{j\alpha} \neq 0 \quad (3,16)$$

яғни - қабылдағыштың бейтарап нүктесінің потенциалы қорек көзінің бейтарап нүктесінің потенциалына тең емес. Осы себепті, (3.1), (3.2) және (3.3) өрнектері бойынша электр қабылдағыштың фазалық кернеулері қорек көзінің фазалық кернеулеріне тең болмайды:



Электр қабылдағыштың фазалық кернеулері фазалардың кедергілеріне байланысты әртүрлі мәнге ие болады: бір фазада кернеу өсіп, екінші-бір фазада азаяды. Мысалы. кернеу а және в фазаларында өсіп, ал с фазасында азайған (3,2,6-сурет). Бұл электр қабылдағыштың фазалық кернеулерінің номинал мәніне (қорек көзінің фазалық кернеулеріне) тең еместігін. ендеше оның номинал оллінде жұмыс істемей тұрғандығын көрсетеді. Олай болса, жұлдызша жалғанған бейсимметриялы электр қабылдағышты қорек көзіне (үш фазалы торапка) бейтарап сымсыз қосуға болмайды. Жұлдызша жалғанып, қорек көзіне бейтарап сымсыз қосылған



бейсимметриялы электр қабылдағыштың векторлық диаграммасын тұрғызу реттілігінің логосенті төмендегідей: алдымен үш фазалы қорек көзінің фазалық кернеулерінің векторлары мен (3.8) өрнегі бойынша бейтараптық кернеудің векторы тұрғызылады: одан кейін (3.1), (3.2) және (3.3) өрнектері бойынша, яғни қорек көзінің фазалық кернеулері мен бейтараптық кернеудің векторлық айырымы ретінде қабылдағыштың фазалық кернеулерінің векторлары , тұрғызылады. Ал токтардың векторлары Қабылдағыштың фазалық кернеулеріне сәйкесінше фазалық бұрыштарымен байлана тұрғызылады. Жұлдызша жалғанып. қорек көзіне бейтарап сымсыз қосылған бейсимметриялы электр қабылдағыштың фазалық токтары фазалық кернеуді фазаның кедергісіне бөлгенге тен:

$$I_a = \frac{U_a}{Z_a} = \frac{U_a - U_n}{Z_a}$$

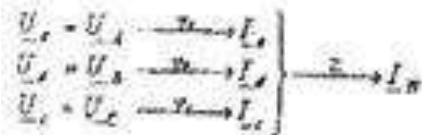
$$I_a = \frac{U_a}{Z_a} = \frac{U_a - U_n}{Z_a}$$

$$I_b = \frac{U_b}{Z_b} = \frac{U_b - U_n}{Z_b}$$

Жұлдызша жалғанан бейсимметриялы үш фазалы электр кабылдагыш номинал алпінде жұмыс істеуі үшін онын фазаларына керек көзінің фазалык кернеулерінің өзгеріссіз берілуін камтамасыз ету керек. Бұл шарт (3.1), (3.2) және (3.3) өрнектерінен көрініп тұрғандай, бейтараптык кернеу нөлге тен болса ғана орындалады. Ол үшін бейтарап нүктелердің потенциалдарын теңестіру керек, ал бейтарап нүктелердің потенциалдарын теңестіру үшін оларды бейтарап сыммен қосу керек (3.2.6-сурет) Бейтарап сымның, жалпы ііізда, электр желісі сымдарының, кедергісі электр кабылдагыштың кедергісінен әлдеқайда аз болатындықтан. ондағы кернеудің түсуін ескермей, бейтарап сым бейтарап нүктелердің потенциалдарын теңестіреді деп есептеуге болады. Бірақ бейтарап сымның аз да болса кедергісі болатындықтан олар дал теңеспейді. Сондықтан бейтарап сыммен ток жүреді. Ол ток Кирхгофтың бірінші заңы бойынша фазалык токтардың алгебралык қосындысына тен болады:

$$I_N = I_a + I_b + I_c \quad (3.17)$$

Жұлдызша жалғанып, керек көзіне бейтарап сыммен қосылған үш фазалы электр кабылдагыштың векторлық диаграммасын (3.2, в-сурет) іурғызудың логосенті төменде келтірілген, Логикалық сұлба бойынша векторлық диаграмманы тұрғызу реттілігі былайша тусіндіріледі: кабылдагыштың фазалык



кернеулері керек көзінің фазалык кернеулеріне тең болтандықтан. кернеулердің  $vt$  тцлі векторлары (3.12) өрнектері бойынша тұрғызылады; бұдан кейін

токтардың векторлары фазалык ығысу бұрыштары арқылы  $Xt$  сәйкесті фазалык кернеулерге байланыстыра тұрғызылады:

акырында (3.17) өрнегіне сүйене отырып, фазалык токтардың алгебралык қосындысы ретінде бейтарап сымның тогының векторы тұрғызылады.

### Өзін – өзі бақылау сұрақтары:

1. Фазалы электр кабылдагыштың жұлдызша жалғану себебін түсіндіріңіз. Үш фазалы симметриялы электр кабылдагыш деп қандай кабылдагышты айтады?
2. Үш фазалы бейсимметриялы электр кабылдагыш деп қандай кабылдагышты айтады?



3. Бейтарап нукгелердін ығысу кернеуінің орнегін жазык өрнектегі шамаларға түсініктеме беріңіз.

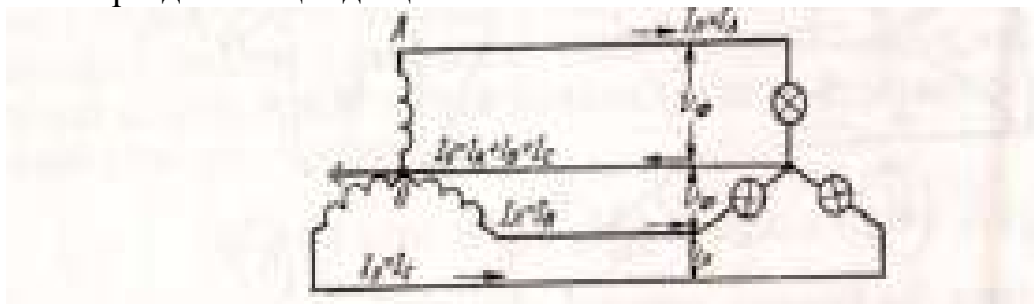
### Зертханалық-практикалық жұмыс 25. Орамаларды үшбұрыш бойынша жалғау

Үш фазалы ток төрт және үш сымды жүйе арқылы таратылады және энергияны тұтынушылар желіге «жұлдыз» және «үшбұрыш» сұлбалары бойынша қосылуы мүмкін.

Төрт сымды жүйеге жұлдызшалап қосылған энергия тұтынушы-лары (44-сурет) бір сыммен желілік сымға, ол екіншісімен нольдік сымға жалғанған. Бірқалыпты жүктеме жағдайында орамаларды жұлдызшалап қоссақ, онда желілік және фазалық кернеулер мен токтар арасындағы қатынастар мынандай болатынын:

$$U_{л} = \sqrt{3}U_{ф} \text{ және } I_{л} = I_{ф}$$

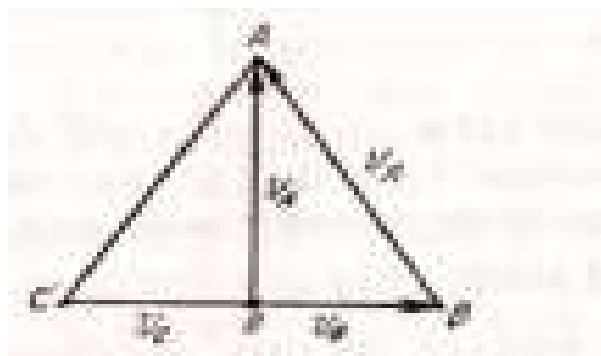
біз жоғарыда анықтадық.



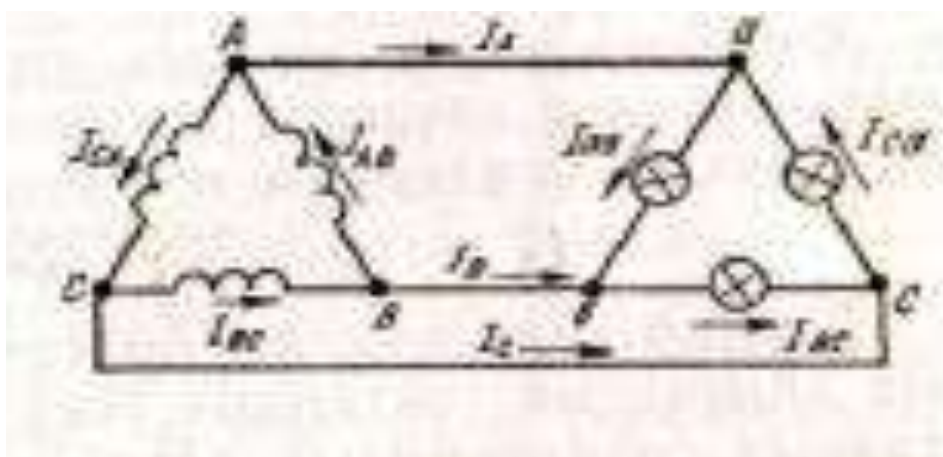
44 Сурет – Төрт өткізгішті жүйенің сұлбасы

Үш фазаның токтарының геометриялық қосындысына тең нольдік сымның тогы бірқалыпты жүктемеде нольге тең. Демек, нольдік сымда ток жүрмейді және оныңкерегі жоқ болып қалады. Мысалы, айнымалы токтыңүш фазалы қозғалтқыштары жүйеге жұл-дызшалап нольдік сымсыз қосылады.

Бірқалыптыемес жүктемеде нольдік сымдағы ток нольге тең емес, сондықтанда төртсымды жүйе керек, бірақта оның көлденең қимасын желілік сымдарға карағанда кіші жасайды. Бірқалыпты емес жүктемеде нольдік сым болмаған жағдайда немесе ол үзілгенде кернеудің шұғыл өзгеруі туады (45-сурет). Сөйтіп егер *A* фазасында жүктеме жоқ болса, ал *B* және *C* фазаларында жүктемелер бірдей болса, онда нольдік сым болмаған жағдайда *B* және *C* фазаларының жүктемелері олардыңарасына бірқалыптытең бөлінген (жүктеменің теңдігі шарты бойынша) желілік кернеуге тізбектеле қосылған болып шығады.



45 Сурет – Бір қалыпты емес жүктеме және нольдік сым болмаған кездегі кернеудің векторлық диаграммасы



46 Сурет – Үш бұрышқа генератор мен қабылдағыштыр орамаларын қосу сұлбасы

Демек,  $B$  және  $C$  фазаларының жүктемелерінің кедергілері желілік кернеудің жартысына тең кернеудің жерінде қалады, яғни

$$U_B = U_C = U_{л}/2 = (U_{\phi}\sqrt{3})/2 = 0,86U_{\phi} \quad (4.7)$$

Нейтральдық нүкте сонда  $O$  нүктесіне орын ауыстырып,  $A$  фазасының кернеуі  $U_a = 1,5U_{\phi}$  болып шығады.

Сонымен бірқалыпты емес жүктемеде нольдік сымды алып тас-тауға болмайды. Сондықтан нольдік сымды әрқашан үздіксіз бүтін етіп жасайды, яғни онда сақтандырғыштар, ажыратқыштар т. с. с. орналастырылмайды.

Қызмет етудің қауіпсіздігі үшін нольдік сымды, егерде оқшау-ламасының кедергісін әрдайым тексермейтін болсақ, жермен қо-сады.

Үш фазалы токтыңжелісіне жүктемелерді үшбұрышсұлбасы бойынша қосқанда, онда жүктеменің әрбір тобы екі желілік сымның арасына қосылады (46-сурет). Жоғарыда анықталғандай, энергия тұтынушыларды үшбұрыштап қосқанда желілік және фазалық кернеулер мен токтар арасындағы қатынастар мынандай:



$$U_n = U_\phi \text{ және } I_n = \sqrt{3} I_\phi$$

бірқалыпты жүктемеде. Төртсымды жүйенің өте бағалы қасиеті ретінде екі энергия тұтынушысын әртүрлі кернеулерге қосу мүмкіндігін айту керек. Бұл үшін оларды желілік сымдар мен нольдік сымның арасына жалғап, жұлдызша қосады. Осы тұтынушылар фазалық кернеулерге қосылған болып шығады. Тұтынушылардың басқа тобын үшбұрыштап қосады. Сонда олар тек қана желілік сымдардың арасына қосылған болып шығады да фазалық кернеуден  $\sqrt{3}$  есе артық желілік кернеудің жерінде болып шығады.

Төртсымды жүйе жарықтандыру — күштік аралас жүктемелер-ді электрмен қамтамасыз ету үшін кеңінен қолданылады. Жарық-тандыру жүктемелері фазалық кернеуге қосылып, ал күштік жүк-темелер (қозғалтқыштар)—желілік кернеуге қосылады.

Үш фазалық жүйе үшін бір фазалы айнымалы токқа қарап ар-нап шығарылған қатынастар тура дұрыс келеді:

$$I_\phi = U_\phi / Z_\phi \quad (4.8)$$

$$\cos \varphi = R_\phi / Z_\phi \quad (4.9)$$

мұнда  $U_\phi, Z_\phi, R_\phi$ - қаралып отырған фазаның сәйкес кернеуі, толық және активтік кедергілері.

#### Өзін – өзі бақылау сұрақтары:

1. Төртсымды жүйе жарықтандыру
2. Үш бұрышқа генератор мен қабылдағышты орамаларын қосу сұлбасы
3. Бір қалыпты емес жүктеме және нольдік сым болмаған кездегі кернеудің векторлық диаграммасын салу

#### Зертханалық-практикалық жұмыс 26. Үшфазалық тоқтың қуаты

Үш фазалы ток желісінен жүктеменің тұтынатын қуаты жеке фазалардың қуаттарының қосындысына тең болады, яғни

$$P = P_a + P_b + P_c \quad (4.10)$$

Бірқалыпты жүктемеде әрбір фаза тұтынатын қуат

$$P_\phi = U_\phi I_\phi \cos \varphi \quad (4.11)$$

мұндағы  $U_\phi$ — фазалық кернеу;

$I_\phi$ — фазалық ток;

$\cos \varphi$  - жүктеменің қуат коэффициенті.

Бүкіл үш фазаның тұтынатын қуаты

$$P = 3U_{\phi}I_{\phi} \cos \varphi \quad (4.12)$$

Энергия тұтынушыларды жұлдызшалап қосқан кезде желілік және фазалық кернеулер мен токтардың арасындағы қатынастар мынадай болады:  $U_{\text{л}} = \sqrt{3}U_{\phi}$  және  $I_{\text{л}} = I_{\phi}$ . Сондықтан да үш фазалы жүйеден жүктеменің тұтынатын қуаты:

$$P = \sqrt{3}U_{\text{л}}I_{\text{л}} \cos \varphi \quad (4.13)$$

Энергия тұтынушыларды үш бұрыштап қосқан кезде желілік және фазалық кернеулер мен токтар арасындағы қатынастар мынадай болады:  $U_{\text{л}} = U_{\phi}$  және  $I_{\text{л}} = \sqrt{3}I_{\phi}$ . Сондықтан да жүктеме тұтынатын қуат:

$$P = \sqrt{3}U_{\text{л}}I_{\text{л}} \cos \varphi$$

Сонымен, үш фазалы жүйеден, жүктеменің қосылу тәсіліне тәуелсіз, бірқалыпты жүктемеде тұтынылатын қуат келесі өрнекпен анықталады:  $P = \sqrt{3}U_{\text{л}}I_{\text{л}} \cos \varphi$ . Бұл жағдайда тұтынушыларды жабдықтайтын электр энергиясының көзі:

$$S = \sqrt{3}U_{\text{л}}I_{\text{л}} \quad (4.14)$$

толық қуатқа есептелінуі тиіс.

Қуатты өлшеу үшін, ваттметрлер деп аталатын арнайы өлшеуіш аспаптар қолданылады. Симметриялы немесе бірқалыпты жүктемеде, үш фазалы жүйеден тұтынылатын қуатты бір ғана бірфазалы ваттметрмен анықтауға болады. Төртсымды жүйеде (нольдік сымы бар) ваттметрдің тоқтық орамасы желілік сымдардың біреуіне тізбектеле қосылады, ал кернеулік орамасы — нақсол желілік және нольдік сымдардың арасына қосылады (47а-сурет). Мұндай қосылуда ваттметрдің көрсетуі бір фазадағы қуатты  $P_{\phi}$  анықтайды, ал бірқалыпты жүктемеде фазалардың қуаты бірдей болатындықтан, үш фазалы жүйенің қосынды қуаты

$$P = 3P_{\phi} \quad (4.15)$$

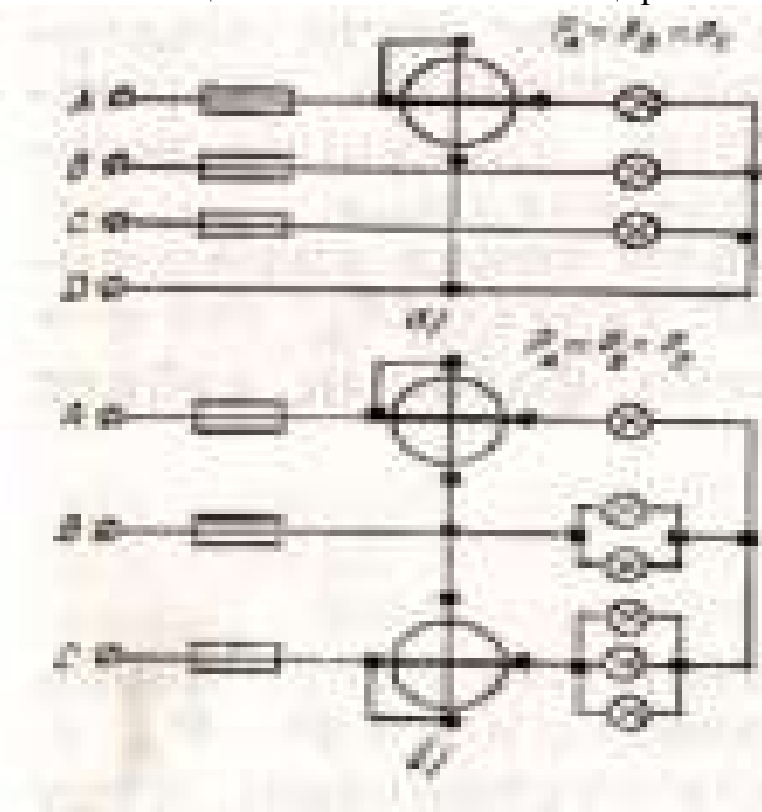
Үшсымды жүйеде ваттметрдің кернеу тізбегін желінің желілік кернеуіне қосылып, ал оның тоқтық орамасы арқылы желілік ток ағады. Сондықтан да үш фазалы жүйенің қуаты ваттметрдің көрсетуі  $P_{\text{w}}$ -ден  $\sqrt{3}$  есе артық, яғни

$$P = \sqrt{3}P_{\text{w}} \quad (4.16)$$

Симметриясыз жүктемеде үш фазалы жүйенің қуатын анықтау үшін бір ваттметр жеткіліксіз. Төртсымды жүйеде, кернеу ора-малары нольдік және сәйкес желілік сымдардың арасына қосылатын үш ваттметр бір фазаның қуатын өлшейді және үш фазалы жүйенің қуаты үш ваттметрдің көрсетулерінің қосындысына тең болады, яғни

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Үшсымды жүйеде, симметриясыз жүктеме кезінде көбінесе екі ваттметр сұлбасы жиі қолданылады (47б-сурет). Мұны төртсымды жүйеде қолдану мүмкін емес. Екі ваттметр сұлбасында әрбір ваттметрдің кернеу орамалары ток орамасының кіріс қысқышы мен бос қалған желілік сымның арасына қосылады.



47 Сурет – Үш фазалы қуатты өлшеу:

- а) бір қалыпты жүктеме кезіндегі төрт сымды жүйеде;
- б) бір қалыпты емес жүктеме кезіндегі үш сымды жүйеде

Үш фазалы жүйенің толық қуаты ваттметрлердің көрсетулерінің қосындысына тең, яғни

$$P = P_1 + P_2$$

Лабораториялық тәжірибе кезінде қуатты өлшеудің бұл сұлбасы үшін бір ваттметр мен арнайы ауыстырып қосқышты қолданады, бұлар ажыратқыш ток жүретін тізбекті үзбей-ақ

ваттметрді желілік сымдардың не біреуіне, не басқасына қосуға мүмкіндік береді.

Кернеу мен тоқтың арасындағы фазалар ығысуы бұрыштары үлкен болған кезде фазалардың біреуінде ваттметрдің көрсетулері теріс болуы мүмкін, міне сонда қуатты өлшеу үшін ток орама-сындағы тоқтың бағытын ауыстырып қосып өзгерту керек. Бұл жағдайда қосынды қуат ваттметрлердің көрсетулерінің айырмасына тең болады, яғни

$$P = P_1 - P_2$$

Үш фазалы жүйедегі энергия әрі бір фазалы әрі үш фазалы электр энергиясының санауыштарымен өлшенеді. Бір фазалы санауыштарды үш фазалы желіге ваттметрлер сияқты қосады. Үш фазалы санауыштар бір тұрқының (корпустың) ішіне орналастырылған және жалпы санау механизмі бар екі немесе үш бір фазалы санауыштардан құрылады және де соған сәйкес екі элементті деп аталады. Үш сымды жүйеде (нольдік сымсыз) екі элементті, ал төрт сымды жүйеде (нольдік сым бар) үш элементті санауыштар қолданылады. Электр энергиясының санауышын қосу сұлбасы қыс-қыштар панелін (табағын) жауып тұрған алмалы-салмалы қақпақтың бетінде көрсетіледі.

### **Өзін – өзі бақылау сұрақтары:**

1. Үш фазалы тоқтың қуатын айқындау
2. Үш фазалы жүйенің толық қуаты формуласын атау
3. Үш фазалы қуатты өлшеу

### **Зертханалық-практикалық жұмыс 27. Тұрақты ток электр тізбегінің сызықты еместігін зерттеу**

#### **Жұмыстың мақсаты**

Сызықтық емес элементтері бар электр тізбектеріндегі заңдылықтарды тәжірибеде зерттеу. Сызықтық емес элементтері бар схемаларды есептеу әдістерін үйрену.

Тәжірибені ұтымды жоспарлай білуде өлшеуіш аспаптарын тәжірибеге сай дәлелді таңдай білуді, өлшеулерді тиімді жүргізе білуді және тәжірибенің жеке сатыларының іске асырылуы кезінде олардың ақырғы нәтиженің дәлдігіне әсерін бағалай білуді игеру.

#### **2. Қысқаша теориялық кіріспе**

Осы заманғы техникада Ом заңына бағынбайтын тізбектердің ролі күшейіп келеді. Мұндай тізбектерде ток пен түсірілген кернеудің арасындағы тура пропорционалдық қатынас орындалмайды. Олардың сызықты тізбектерден негізгі айырмашылығы мұндай тізбектерде кедергінің мәні онда өтіп жатқан тоқтың немесе түсірілген кернеудің шамасына тәуелді болады, яғни кедергі сызықтық емес кедергі болады.

Сызықтық емес кедергілердің вольт-амперлік сипаттамалары да әр түрлі болады. Іс жүзінде қолдануы жағынан (радио қондырғылар, есептегіш машиналар) ең қажеттілері  $R_U$  және  $R_I$  түріндегі кедергілер болып табылады.  $R_U$  түріндегі кедергінің негізгі қасиеті – ол өзі арқылы өтіп жатқан ток белгілі шектерде өзгерген кезде ондағы кернеу аз ғана өзгереді. Ал сызықтық емес  $R_I$  кедергілер болса, керісінше, ондағы кернеу белгілі шектерде өзгерген кезде токтың болмашы ғана өзгерісін тудырады. Кедергілердің екі түрінің де вольт-амперлік сипаттамалары 1-суретте көрсетілген.

Сызықты активті кедергідей емес сызықтық емес активті кедергінің тұрақты ток және оның өзгерісі үшін әртүрлі мәні болады. Тұрақты токқа сәйкес кедергі  $R_{ст} = U / I$  статикалық кедергі деп аталады. Тұрақты токтың өзгерісіне кедергі  $R_{дин} = \Delta U / \Delta I$  динамикалық кедергі деп аталады.

Статикалық кедергі координаттар басы және вольт-амперлік сипаттаманың  $A$  жұмысшы нүктесі арқылы өтетін түзумен ток осінің арасындағы бұрыштың тангенсімен анықталады (1-суретті қараңыз). Динамикалық кедергі ток осі мен дәл сол  $A$  нүктесі арқылы өтетін жанаманың арасындағы бұрыштың тангенсімен анықталады. 1-суреттен  $R_{ст} \neq R_{дин}$  екендігін көруге болады және де  $R_I$  кедергі үшін  $R_{ст} < R_{дин}$ , ал  $R_U$  кедергі үшін керісінше  $R_{ст} > R_{дин}$ :  $R_I$  және  $R_U$  түріндегі кедергілердің сызықтық еместік дәрежесі сызықтық емес кедергінің  $Q$  сапалылығымен сипатталады.

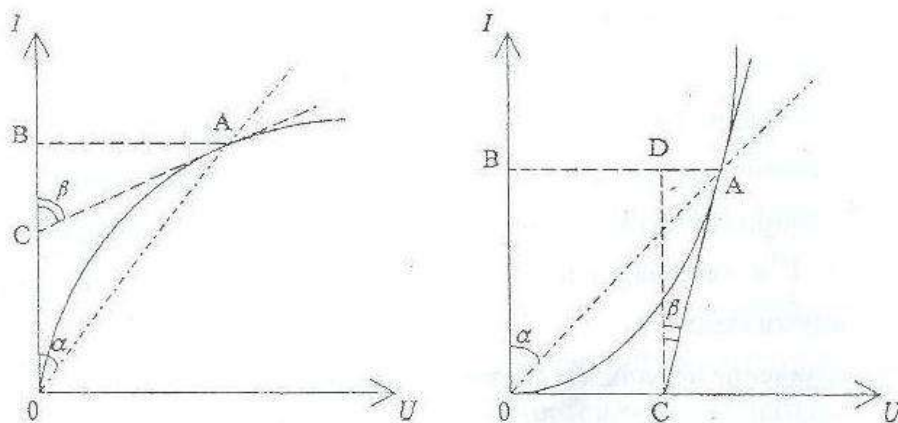
Бұл параметр былай анықталады:

$$Q_I = R_{дин} / R_{ст} ; \quad Q_U = R_{ст} / R_{дин}$$

және ол вольт-амперлік сипаттаманың бір ғана нүктесінде кедергінің бір түрінің (статикалық немесе динамикалық) кедергінің екінші түрінен қанша есе артық екендігін көрсетеді.

Сызықтық емес кедергі инерциялық деп аталады, егер ол өзіне түсірілген кернеудің бір периоды өткенше өзінің мәнін өзгертіп үлгері алмайтын болса. Сызықтық емес бір кедергінің өзі токтың төменгі жиілігі кезінде инерциясыз болып, ал жоғарырақ жиіліктер жағдайында инерциялы болып шығуы мүмкін. Инерциялы сызықтық емес кедергілер тізбектегі ток қисығының түрін өзгертпейді, ал инерциясы жоқ кедергілер оларды жеткілікті мөлшерде өзгерте алуы мүмкін. Сызықтық емес сипаттаманы тудыратын процестердің физикасы бойынша сызықтық емес кедергілер екіге бөлінеді. Кедергілердің бірінші түрінің вольт-амперлік сипаттамасының сызықтық еместігі токтың жүруіне себепші физикалық процестердің ерекшеліктерімен анықталады. Бұларға газразрядтық құралдар, жартылай өткізгіш резисторлар мен вентильдер, сегнетэлектрлік конденсаторлар және т.б. жатады. Кедергілердің екінші түрінің вольтамперлік сипаттамасының сызықтық еместігі ток өткен кезде пайда болатын қызудан туады. Мұндай кедергілер – токтың төменгі жиіліктерінде де инерциялық болып табылады. Бұларға қыздыру лампалары, барреторлар және терморезисторлар жатады.

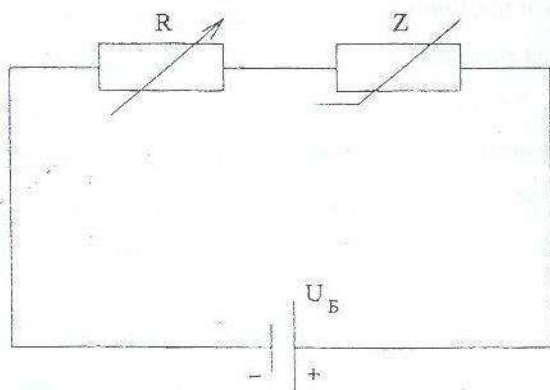
Енді график әдісін тізбектей жалғанған сызықтық және сызықтық емес кедергілерден тұратын және тұрақты токпен қоректенетін тізбекті есептеуге қолданайық (2-суретті қараңыз). Бұл тізбек үшін мынандай теңдеулерді жазуға болады:



$R_I$  түріндегі кедергі

$R_U$  түріндегі кедергі

1- сурет. Сызықтық емес кедергілердің вольт-амперлік сипаттамасы



2-сурет. Сызықтық емес элементі бар тұрақты токтың электр тізбегі

$$U_b = IR + U_n, \quad I = f(U_n)$$

Мұндағы,  $U_b$  – қоректендіру көзінің кернеуі,  $IR$  – сызықтық кедергідегі кернеудің түсуі,  $U_n$  – сызықтық емес кедергідегі кернеудің түсуі. Екінші теңдеу сызықтық емес кедергінің вольт-амперлік сипаттамасын өрнектейді. Екі теңдеуді біріктіріп шешкенде  $I$  ток анықталады; демек, кедергілердің қайсысындағы кернеудің түсуінің мәні табылады.

Бірінші теңдеуді төмендегіше жазайық:

$$I = \frac{U_b - U_n}{R} = \frac{1}{R} U_n + \frac{U_b}{R} .$$

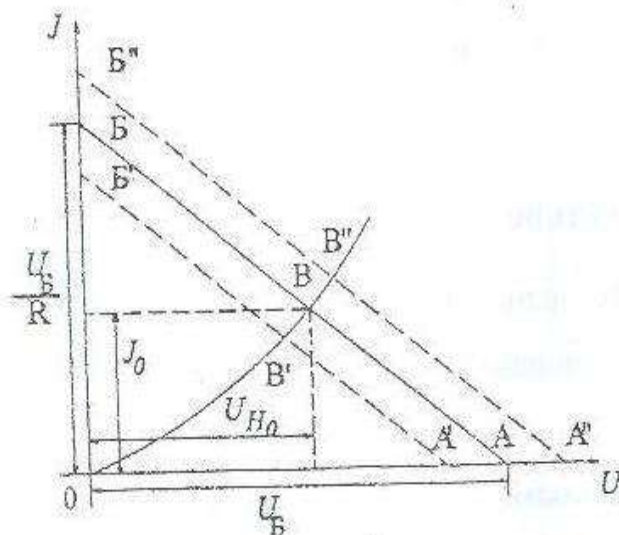
Бұл түзудің теңдеуі. 3-суретте ол  $AB$  түзуімен берілген, ол жүктемелік түзу деп аталады.  $U_b = \text{const}$  болған жағдайда  $R$  мәнінің өзгерісінен  $AB$  түзуі  $A$  нүктесінің төңірегінде айналатын болады.  $R=0$  болған кезде жүктемелік түзу вертикаль, ал  $R = \infty$  жағдайда – горизонталь

орналасады.  $U_b$  мәні өзгеріп, ал  $R$  тұрақты болатын кезде түзудің көлбеулігі өзгеріссіз қалады да, түзу өзіне-өзі параллель түрде жылжиды (3-суреттегі  $A'B'$  және  $A''B''$  түзулері). Жүктемелік түзудің вольт-амперлік сипаттамамен қилысатын  $B$  нүктесі жұмысшы нүкте деп аталады. Оның координаттары тізбектегі  $I_0$  токты және сызықтық емес кедергідегі кернеудің  $U_n$  түсуін анықтайды. Сызықты кедергіде кернеудің түсуі  $U_b - U_n$  болады.

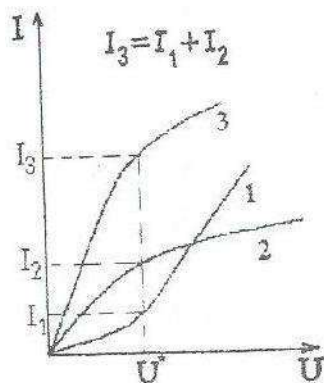
3.2. Егер тізбек вольт-амперлік сипаттамалары әр түрлі бірнеше сызықтық емес кедергілерден тұратын болса, онда оларды эквивалентті вольтамперлік сипаттамасы бар бір кедергіге келтіруге болады. Бұл былайша орындалады. Егер сызықтық емес кедергілер параллель қосылған болса, онда қорытқы ток кедергілердің қайсысы арқылы өтетін токтардың қосындысына тең, ал әрбір кедергідегі кернеудің түсулері өзара тең болады. Эквивалентті вольт-амперлік сипаттама (ВАС) әрбір кедергінің вольт-амперлік сипаттамаларының кернеудің бір мәніне сәйкес ординаттарын қосу арқылы алынады (4а-сурет, 3 қисық). Сызықтық емес кедергілерді тізбектей қосқан кезде олардың қайсысы арқылы бірдей ток өтеді де, ал кернеудің түсулері қосылады (4б-сурет, 3 қисық).

#### 4. Жұмыс тапсырмалары

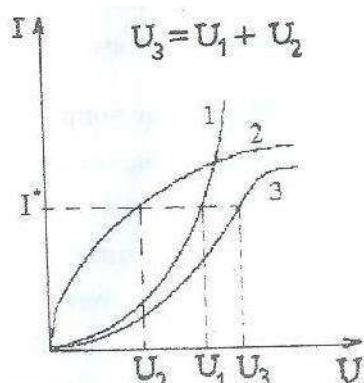
4.1. 5-суреттегі тізбекті жинаңыздар және зерттелетін екі сызықтық емес кедергілердің ВАС-ын алыңыздар. Әрбір элемент үшін  $R_{ст}$ ,  $R_{дин}$  және  $Q$ -ды есептеп табыңыздар.



3-сурет. 2-суретте көрсетілген электр тізбегін графикалық әдіс бойынша есептеудің үлгісі



а) параллель қосылғанда



б) тізбектей қосылғанда

4-сурет. Күрделі тізбектің эквивалентті воль-амперлік сипатталарын тұрғызудың үлгісі

4.2. Кедергілердің әрқайсысы үшін, алынған ВАС бойынша бұлардың тізбектей және параллель қосылыстары үшін, ВАС-ны есептеңіздер.

**Өзін –өзі бақылау сұрақтары:**

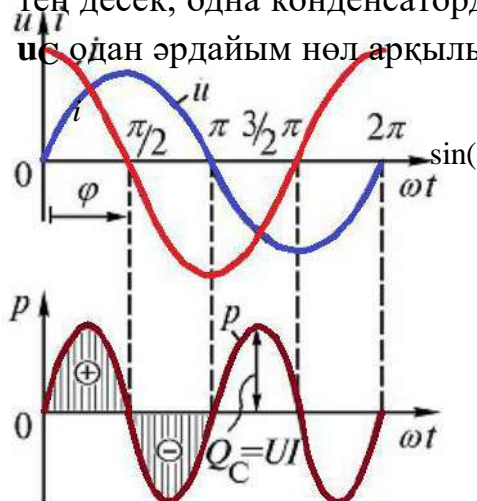
1. Күрделі тізбектің эквивалентті воль-амперлік сипатталарын тұрғызудың үлгісі
2. Сызықтық емес элементі бар тұрақты токтың электр тізбегін айқындау

**Зертханалық-практикалық жұмыс 28. Индуктивтік катушканы және конденсаторды зерттеу**

Конденсаторға синусоидалы кернеу берілгенде, ол период сайын зарядты жинап, қайта тізбекке береді. Сондықтан кернеудің айнымалы сипатында, конденсатордағы зарядтың бағыты да период сайын ауысады. Сыйымдылыққа берілген кернеу

$$u_C = U_m \sin t$$

тең десек, одна конденсатордағы ток  $i_C$  өзінің амплитудалық мәніне кернеу  $u_C$  одан әрдайым нөл арқылы өткенде жетеді (18.1-ші сурет).



$$dq = C du_C = C U_m \sin t \quad I_m$$

$$\frac{dq}{dt} = \frac{du_C}{dt} \quad t \quad 90^\circ$$

осылайша, токтың синусоиды  $i_C$  кернеудің синусоидын  $u_C$   $90^\circ$ -қа озады. Кернеумен салыстырғандағы токтың фазалық ығысуы деп, кернеу мен токтың бастапқы фазалар айырмасын айтады:

$$u - i = -90^\circ$$

Токтың нөлдік мәні кернеудің максималды мәніне сәйкес келеді. Физикалық тұрғыда, электрлік зарядтар



мен сәйкесінше кернеу максималды мәнге жеткен кезде, тоқ нөлге тең болады деп түсіндіріледі.

Конденсатордағы синусоидалы кернеудің амплитудалық және әсер етуші мәндері тоқтың амплитудалық және әсер етуші мәндеріне тура, реактивті кедергіге кері пропорционал:

$$U_{Cm} = \frac{I_{Cm}}{C}$$

Сондықтан, конденсатордағы тоқ пен кернеудің амплитудалық және әсер етуші мәндері Ом заңымен байланысты:

$$I_m = CU_m \frac{U_m}{X_c}; \quad X_c = \frac{1}{C}$$

$$U_{Cm} = X_c I_{Cm}; \quad U_c = X_c I_c$$

мұнда  $X_c$  – конденсатордың сыйымдылықты немесе реактивті кедергісі деп аталады және Оммен өлшенеді.

$C$  - конденсатордың сыйымдылығы,  $\Phi, = 2 f$  – синусоидалы кернеудің (тоқтың) бұрыштық жиілігі, . Сыйымдылық кедергісі жиілікті арттырған сайын азаяды.

Конденсатордың реактивті кедергісіне «+» таңбалы индуктивті реактивті кедергіге салыстырғанда «-» таңбасы белгісі беріледі.

Конденсатор тұтынатын лездік қуат, тоқ пен кернеудің көбейтіндісімен анықталады:

$$p_{ui} = U_m I_m \sin t \sin t / 2 = UI \sin 2 t$$

Сондықтан,  $2\omega$  бұрыштық жиілігі бар лездік қуат  $UI$  тең амплитудалы синусоидалы толқу жасайды (18.1 сурет). Қорек көзінен келген энергия конденсатордың электр өрісінде уақытша жиналып, электр өрісі жоғалған кезде қорек көзіне қайта оралады. Осылайша, қорек көзі мен конденсатор арасында энергияның толықуы жүреді, әрі активті қуат  $P=0$ . Бұл қуаттың өзгеру графигін, бір уақыт моментінде  $u(t)$  және  $i(t)$  графиктерінің ординаталарын жұбымен қосып тұрғызуға болады. Осындай жолмен алынған қисық (18.1 сурет) амплитудалы екі реттік жиілікті синусоидалы көрсетеді:

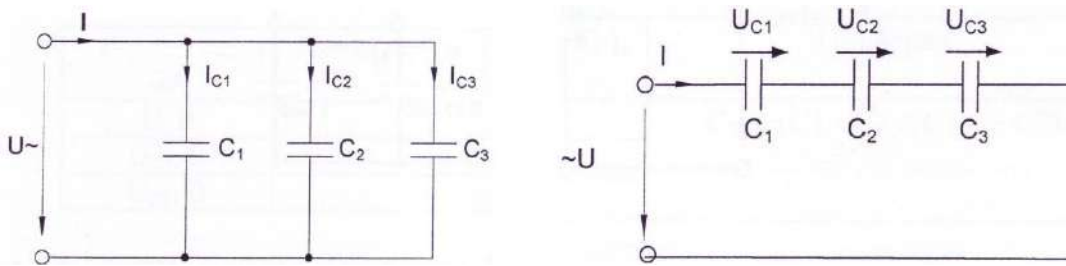
$$Q_c = \frac{U_{Cm} I_{Cm}}{2} = U_c I_c X_c = I_c^2 X_c$$

Конденсаторлы тізбектегі қуаттың амплитудалық толқуын немесе конденсатор тұтынатын, я қайта беретін максималды қуаттың  $Q_c$  шамасын **сыйымдылықты реактивті қуат** деп атайды. Реактивті қуаттың өлшем бірлігі реактивті вольт-ампер (вар) болып табылады. Конденсатор тұтынатын орташа активті қуат нөлге тең.

### Конденсаторларды тізбектей және параллель қосу

Консаторларды параллель қосу кезінде тізбектегі эквивалентті сыйымдылық жекеленген конденсаторлардың сыйымдылықтарының қосындысына тең:

$$C_{\Sigma} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$



Параллель жалғанылған конденсатордың тармағындағы тоқтар сәйкес сыйымдылықтарға пропорционал, ал тармақтағы тоқтардың қосындысы тізбектің жалпы тоғына тең. Барлық конденсатордағы кернеу бірдей және  $U$ -ға тең.

Бірнеше конденсатор тізбектей қосылған кезде, тізбектің эквивалентті сыйымдылығы ең аз конденсатордың сыйымдылығынан кем болады. Ол

мына формула бойынша есептеледі:

$$C_{\Sigma} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}}$$

Егер екі конденсатор тізбектеліп қосылса, жалпы сыйымдылық:

$$C_{\Sigma} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

Жеке конденсаторлардағы кернеудің түсуі сәйкес сыйымдылықтарға кері пропорционал және олардың қосындысы жалпы кернеулердің қосындысына  $U_C$  тең. Конденсаторлары тізбектей қосылған тізбектің кез-келген нүктесіндегі тоқтар бірдей.

### Эксперимент

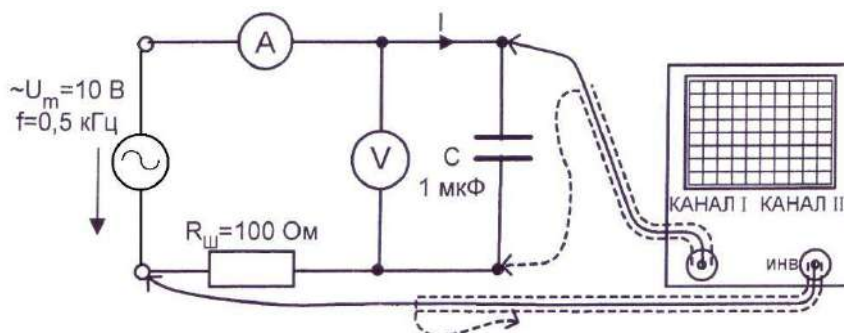
Жұмыстың мақсаты: конденсатордағы тоқ пен кернеудің қисығын осциллограф экранына шығарып, алынған синусоидалы қисығын 3.3-ші суретке түсіре отырып,  $u_C(t)$  және  $i_C(t)$  синусоидтары арасындағы фазалық ығысуды анықтау және графикке  $Q(t)$  қуаттың уақытқа тәуелді өзгерісін тұрғызу. Түрлі сыйымдылықты конденсаторлардың реактивті кедергілерін  $X_C$  анықтау.

#### Экспериментті орындау тәртібі:

Схемаға сәйкес (18.2-ші сурет) тізбекті жинап, жиілігі 0,5 кГц реттелетін синусоидалы кернеу көзінің максималды амплитудалы кернеуін 10В тең (генератор напряжений специальной формы) орнатамыз. Конденсатордағы кернеу осциллографтың бірінші каналына берілсе, кедергіде түрленген тоққа пропорционал кернеу осциллографтың екінші каналына беріледі.

Осциллографтың жаю және күшейту параметрлері, экранда кернеу мен тоқтың бір периоды кескінделетіндей орнатылады.

Осциллограф экранындағы синусоидалы қисықтарды жұмыс дәптеріне түсіреміз.



18.2 сурет – Эксперименттің электрлік схемасы

Осциллограф бойынша төменде көрсетілген өлшемдерді анықтаймыз.  
Кернеудің амплитудалық мәнін:

$$U_{Cm} = A \cdot mU1 = \dots = \dots \text{ В}$$

мұнда

$A = \dots$  бөлік – тор бөлігіндегі қисық кернеудің амплитудасы,  
 $mU1 = \dots$  В/бөлік – осциллографтың екінші каналының сезімталдығы.  
Тоқтың амплитудалық мәні:

$$I_{Cm} = B \cdot mU2 / R = \dots = \dots \text{ А}$$

мұнда

$B = \dots$  бөлік – тор бөлігіндегі қисық тоқтың амплитудасы,  
 $mU2 = \dots$  В/бөлік - осциллографтың бірінші каналының сезімталдығы.  
 $R_{ш} = 100 \text{ Ом}$  – тоқтың сигналы алынатын шунттың кедергісі.  
Кернеудің әсер етуші кернеуі

$$U_C = U_{Cm} \cdot 2 = \dots \text{ В}$$

Тоқтың әсер етуші мәні

$$I_C = I_{Cm} \cdot 2 = \dots \text{ мА}$$

Период:

$$T = C \cdot m_t = \dots = \dots \text{ мс}$$

мұнда  $C = \dots$  бөлік – осциллографтың тор бөлігіндегі период,  
 $m_t = \dots$  мс/бөлік – осциллографтың жазу каналы бойынша сезімталдығы.

Конденсатордағы кернеу  $u_C(t)$  мен тоқ  $i_C(t)$  арасындағы фазалық ығысу анықталады:

$$= 360 D / C = \dots = \dots \text{ град.}$$

мұнда  $D = \dots$  бөлік – осциллографтың тор бөлігіндегі тоқ пен кернеудің ығысуы,

$C = \dots$  бөлік – осциллографтың тор бөлігіндегі период

Конденсатордағы қуаттың өзгеріс графигі графиктің  $u_C(t)$  және  $i_C(t)$  ординаталарын жұбымен қосып тұрғызылады және ол арқылы лездік қуаттың амплитудасы  $Q_C$  ретінде реактивті қуат анықталады.

1 кесте

		$f=0,4$ кГц $\omega=$	$f=0,6$ кГц $\omega=$	$f=0,8$ кГц $\omega=$	$f=1$ кГц $\omega=$
C=1,0 мкФ	$U_C, В$				
	$I_C, мА$				
	$X_C = U_{Cm}/I_{Cm},$ кОм				
	$X_C = 1/(\omega C),$ кОм				
C=0,47 мкФ	$U_C, В$				
	$I_C, мА$				
	$X_C = U_{Cm}/I_{Cm},$ кОм				
	$X_C = 1/(\omega C),$ кОм				
C=0,22 мкФ	$U_C, В$				
	$I_C, мА$				
	$X_C = U_{Cm}/I_{Cm},$ кОм				
	$X_C = 1/(\omega C),$ кОм				

**Өзін – өзі бақылау сұрақтары:**

1. Конденсаторларды тізбектей және параллель жалғануы
2. Конденсатордағы ток пен кернеудің амплитудалық және әсер етуші мәндері Ом заңы
3. Сыйымдылық пен индуктивтіліктің формуласын жазу

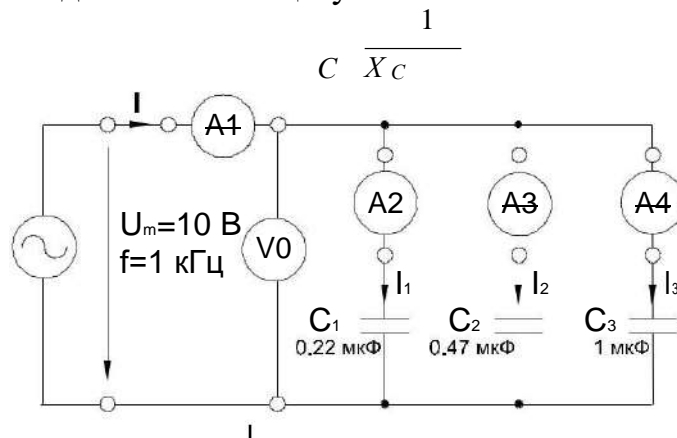
**Зертханалық-практикалық жұмыс 29. Синусоидалды токтың таралмаған сызықтық электр тізбегін зерттеу**

Жұмыстың мақсаты: Экспериментті түрде, конденсаторларды тізбектеп қосқан кездегі тізбектің жалпы сыйымдылығы ең аз конденсатордың сыйымдылығынан кем екендігін, ал параллель қосқан кезде сыйымдылықтардың қосындысына теңдігін ток пен кернеуді өлшеу арқылы анықтау.

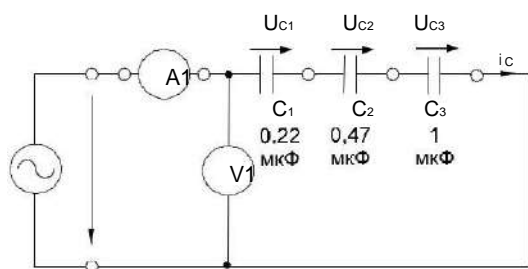
**Экспериментті орындау тәртібі:**

Конденсаторлары параллель қосылған тізбекті жинап, жиілігі  $f=1$ кГц және амплитудалық кернеу мәні  $U_m=10В$  тең реттелетін синусоидалы кернеу көзіне жалғаймыз. Амперметрлерді ретімен перемычкалардың орнына қоя отырып, әр тармақтағы  $I_C, I_{C1}, I_{C2}, I_{C3}$  тоқтарды, сонымен қатар, конденсатордағы кернеуді  $U_C$  өлшеп, 3.5-ші кестеге түсіреміз.

$X_C=U/I$  формуласы бойынша  $X_{\Sigma}$ ,  $X_{C1}$ ,  $X_{C2}$ ,  $X_{C3}$  реактивті кедергілерді есептеп, жеке конденсаторлардың сыйымдылығы мен тізбектің эквивалентті сыйымдылығын анықтау:



19.1 сурет–Параллель қосылған конденсаторлардың электр схемасы



19.2 сурет–Тізбектей қосылған конденсаторлардың электр

Конденсаторлары тізбектеліп қосылған тізбекті жинап, мультиметрдің көмегімен тізбектегі токтың әсер етуші мәнін, тізбекке берілген кернеуді және әр конденсатордағы кернеуді өлшейміз және нәтижелерін 19.1-ші кестеге түсіреміз.

Параллель және тізбектей қосқан кезде, эксперименттік жолмен табылған  $C_{\Sigma}$  эквивалентті сыйымдылықтың шамасын есептеп тексереміз.

19.1 кесте -Конденсаторлары параллель және тізбектей қосылған тізбектің өлшенген параметрлері

	$U=....., В$	$X_C, Ом$	$C, мкФ$	Тексеру
Параллель қосылғанда	$I_C, mA$			$C_{\Sigma} = \frac{C_1 C_2 C_3}{C_1 C_2 + C_1 C_3 + C_2 C_3}, мкФ$
	$I_{C1}, mA$			
	$I_{C2}, mA$			
	$I_{C3}, mA$			
Тізбектей қосылғанда	$I=....., mA$			$C_{\Sigma}=C_1+C_2+C_3, мкФ$
	$U_C, В$			
	$U_{C1}, В$			
	$U_{C2}, В$			
	$U_{C3}, В$			

### Өзін – өзі бақылау сұрақтары:

1. Синусоидалды тоқтың таралмаған сызықтық электр тізбегін оқу
2. Синусоидалды тоқтың таралмаған сызықтық электр тізбегінің элементтерін атау
3. Параллель қосылған конденсаторлардың электр схемасы айқындау

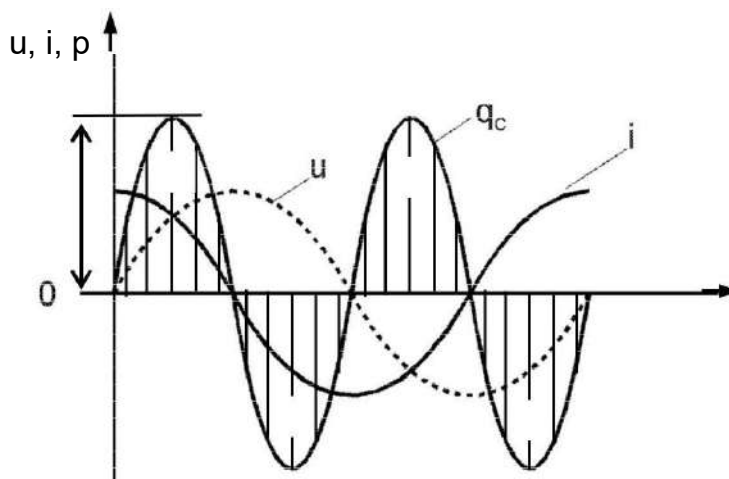
### Зертханалық-практикалық жұмыс 30. Синусоидалды тоқтың таралған сызықтық электр тізбегін зерттеу

Индуктивті орауыштан айнымалы тоқ өткен кезде, онда өздік индукциясының қарсы ЭҚК-і бағытталады:

$$e_L = L \frac{di}{dt}$$

$i = I_m \sin t$  синусоидалы тоқ кезінде орауыштағы  $u = e_L = L I_m \cos t$  синусоидалы кернеу тоқты  $90^\circ$  озады. Демек, тоқтың лездік мәні нөлден, кернеудің лездік мәніне қарағанда  $\frac{1}{4}$  периодқа қалып өтеді (4.1-ші сурет). Бұл жағдайда орауыштың активті кедергісін

20.1 сурет – Мінсіз индуктивті орауыштатың кернеу, тоқ және лездік қуат мәндерінің уақытқа тәуелді синусоидалы қисықтары



ескермейміз, яғни, орауыш мінсіз (идеальный) болып саналады. Орауыштағы синусоидалы кернеу амплитудасы тоқтың амплитудасына пропорционал:

$$U_{Lm} = I_{Lm} \cdot L$$

Сонымен қатар, тоқ пен кернеудің әсер етуші мәндері де пропорционал.

$L$  пропорционалдық коэффициенті орауыштың индуктивті немесе реактивті кедергісі деп аталады және  $X_L$  деп белгіленеді. Демек, индуктивті орауыштағы тоқ пен кернеудің амплитудалық және әсер етуші мәні Ом заңына ұқсас өрнекпен байланысты:

$$U_{Lm} = I_{Lm} X_L \text{ немесе } U_L = I_L X_L$$

Жиілік артқан сайын индуктивті кедергіде өседі.

«-» таңбасы жазылатын сыйымдылықтың реактивті кедергісіне қарағанда орауыштың реактивті кедергісіне «+» таңбасы беріледі.

Мінсіз орауыш тұтынатын лездік қуат, кернеу мен тоқтың көбейтіндісімен анықталады:

$$p = u \cdot i$$

Осы қуаттың уақытқа тәуелді өзгеріс графигін, бір уақыт моментінде алынған  $u(t)$  және  $i(t)$  графиктерінің ординаталарын жұптап қосу арқылы тұрғызуға болады. Осылайша, орауыштың активті кедергісінен алынған қисық (4.1-ші сурет), амплитудалы екі жиілікті синусоидалы көрініске ие болады:

$$Q_L = \frac{U_{Lm} I_{Lm}}{2} = U_L I_L$$

$p > 0$  болған кезде, орауыш энергияны магнит өрісінде жинап оны тұтынады.  $p < 0$  болған кезде, ол энергияны тізбектегі басқа элементтерге энергия көзі ретінде береді.  $Q_L$  шамасы тұтынатын немесе беретін орауыштың максималды қуаты және индуктивті реактивті қуат деп аталады. Реактивті қуаттың өлшем бірлігі вольт-ампер реактивті (вар) болып табылады.

Мінсіз индуктивті орауыш тұтынатын орташа активті қуат нөлге тең. Іс-жүзіндегі орауышта активті кедергі болғандықтан, фазалық ығысу азаяды, лездік қуаттың синусоиды жоғарыға ығысады және қуаттың орташа мәні нөлден көп болады.

### ***Индуктивті орауыштың тізбектей және параллель қосылуы***

Орауыш тізбектей қосылған кезде, олар арқылы бірдей тоқ өтеді, ал тізбекке берілген кернеу жеке орауыштардағы кернеудің қосындысына тең болады. **Бұл жұмыста да орауыштар мінсіз болып саналады.** Егер орауыштардың магнит өрісі бір-біріне әсер етпейтіндей орналасса, тізбектің индуктивті кедергісі жеке орауыштардың индуктивтіліктерінің қосындысына тең:

$$L_{\Sigma} = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$$

Параллель қосылған кезде, барлық орауышқа бірдей кернеу өтеді, ал қорек көзінен тұтынатын тоқ барлық орауыштағы тоқтардың қосындысына тең. Эквивалентті индуктивтілік мына формуламен анықталады:

$$\frac{1}{L_3} \frac{1}{L_1} \frac{1}{L_2} \frac{1}{L_3} \dots \frac{1}{L_n}$$

### Өзін – өзі бақылау сұрақтары:

1. Индуктивті орауыштың тізбектей және параллель қосылуы
2. Мінсіз индуктивті орауыштатың кернеу, тоқ және лездік қуат мәндерінің уақытқа тәуелді синусоидалы қисықтары
3. Индуктивті орауыштан айнымалы тоқ

### Зертханалық-практикалық жұмыс 31. Трансформатордың жұмыс режимдері

*Қалыпты жұмыс режимі* - трансформаторды қалыпты кернеу желігіне қосқанда, шексіз ұзақ уақыт төлқұжатында көрсетілген жүктемемен қызуы белгіленген мөлшерден аспайтын жұмысын қамтамасыз ететін негізгі эксплуатациялау режимі.

*Төлқұжат*-дегеніміз трансформатордың қалыпты жұмысына сай келетін барлық негізгі өлшемдері жазылған метал қаңылтыр. Мұнда толық қуат  $S$ , кВА; бірінші  $U_1$  және екінші  $U_2$  орамалардың желілік кернеуі, В; бірінші және екінші орамаларды жалғаудың электрлік сұлбалары; жалғастыру топтары; фазалар саны; тоқгың жиілігі; қысқа тұйықтау кернеуі;  $I_k$  %; жұмыс тәртібі; суыту тәсілі және трансформаторды жинау және эксплуатациялау кездерінде қажет болатын кейбір қосымша мағлұматтар жазылады.

Трансформатордың ПӘК өте жоғары сандықтан екі орамадағы қуат бірдей деп алады. Трансформатордың төлқұжатында қуат коэффициенті көрсетілмейді және жүктеменің  $\cos \varphi$ -іне тең деп саналады. Трансформатордың бірінші және екінші орамаларындағы қалыпты токтардың  $I_{1H}$  және  $I_{2H}$  мәндері мына өрнектермен есептеледі:

$$I_{1H} = S_H / \sqrt{3} U_{1H};$$

$$I_{2H} = S_H / \sqrt{3} U_{2H}$$

*Бос жүріс режимі.* Трансформатордың бос жүріс режимі - трансформатордың екінші орамасы ажыратулы, ал бірінші орама-сының қалыпты кернеуге қосылған болуы кездегі жұмысы. Бұл кезде:

$$U_{1X} = U_{1H}$$

$$I_{2X} = 0$$

Трансформатордың бос жүріс режим кезінде екінші орамадағы ток нөлге тең (ораманың қысқыштары ажыратулы) және тек қана бірінші орама бойынан ток / өткен кезде онда магнит ағыны пайда болады. Екінші орамнан магнит ағынын магнитеізденді-ру әсері болмайтындығынан трансформатордың бос жүріс ре-жиміндегі тоқ, трансформатордың қалыпты тоғының 10%-нен артпайды:  $I_{1X} = (0,1 \dots 0,03) I_{1H}$  Трансформатордың қуаттығы артқан сайын, бос жүріс тоғы пайыздық қатынас бойынша азаяды, ал трансформатордың қуаттығына тең қалыпты кернеу шамалы ғана өседі. Трансформатордың екінші ораманың қысқыштарындағы бос жүріс кернеуі ондағы индукцияланған ЭҚК-ке тең:



$$U_{2x} = E_2$$

Трансформатордың бос жүріс режимі кездегі тұтынатын қуаты, оның қалыпты қуатының 1% -нан артпайды  $P = (0,01 \dots 0,003)P_n$

Ол қуат трансформатордың бірінші орамында сымдарда элек-трлік және магниттік және болат өткізгіштің магниттік, к<sup>^</sup>йынды тоқтардан, гистерезис құбылысын шығындарды түзеуге кетеді.

Трансформатордың қуаттылығы жоғары болған сайын, бос жүріс жұмыс шығынының оның қалыпты қуатына үлесі, солғұрлым аз болады. Трансформатордың жүксіз жұмысының тәртібі оның тасымалдау коэффициентін жуықтап есептеуге пайдаланады. ( $K_m = U_1 / U_{2x}$ ), бұл магнитөткізгіш болатта, тармақтардағы магниттену өлшемдері, олардың физикалық мәндері келесі тараулардың тармақтарында қарастырылады.

### **Өзін – өзі бақылау сұрақтары:**

1. Трансформатор туралы жалпы мәлімет беру
2. Трансформатордың жұмыс жасау принципі атау
3. Жұмыс режимін айқындау

### **Зертханалық-практикалық жұмыс 32. Электр өлшеуіш аспаптардағы белгіленулері**

Электр тізбегін жинамас бұрын, керекті құралдар мен аспаптарды тандап алу қажет. Әрбір зертханалық жұмыста тәжірибенің орындалу тәртібі мен керек аспаптар көрсетілген. Аспаптарды жинау кезінде олардың типін, номинал мәнін, дәлдік класын ескеру қажет.

Әрбір аспап, ең жақсы аспаптарда да, өлшеу қателігі болатынын ескеру керек. Дәлдік дәрежесіне сәйкес, аспаптарды 8 классқа бөлуге болады: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4, ең дәлдік аспап 0,05 класты болады. Қаншалықты қателік төмен болса, өлшенетін шама, аспаптың номинал мәніне соншалықты жақын болады. Сондықтан, өлшеу кезінде бағыттама сызығы, шкаланың екінші жартысында, орналасса, онда жоғарыдағыдай аспаптарды қолдануға болады.

Өлшеуіш аспаптарды тізбекке қосқан кезде, ток күші, кейбір кернеу, қуат және т.б. жиі өзгеруіне әкеліп соқтырады. Бұл, мысалы амперметрде ішкі кедергінің аз болуында, ал вольтметрде кедергінің көп болуы мен түсіндіріледі. Ондай аспаптарды қосу, кейбір кезде әрбір тармақ бойымен керену түсуі шамасына және қуат шамасына таралған ток пен айтылады. Бір типті аспаптар бірдей кедергілі болады, сол себептен оларды тізбекте қолдану тиімді. Өлшемдердің дәл де нақты болуы үшін, аспап кедергілерін ескеру керек және өлшенген шамаларға өзгертулер енгізу қажет. Бұл жағдайда көбіне нақты, ауыспалы аспаптар – шкалада ішкі кедергісі көрсетілген немесе қозғалмалы жүйеде толық токтың ығысуы болады, ал кейде аспаптағы кернеу түсуі, номиналды ток күшіне тең болады. Магнито элетрлік жүйелі аспаптарды, тек қана тұрақты токты өлшеуді қолданады, элетромагнитті, элетрдинамикалық, элетронды жүйелер тұрақты да өалай жұмыс істейтін болса, айнымалы токта да солай жұмыс істейді.

Ең алдымен өлшемдерді өлшеу үшін, аспаптардың бөлгіш бағасын білу керек, ол екі тәсілмен есептеледі:

Бірінші тәсіл . (ең қарапайым) Өлшену шамаларын көрсететін аспап шкаласында сандар болған жағдайда қолданылады. Бұл жағдайда, бөлінуден екі жақын орналас таңбаланған мәндердің айырымы бөліну санына қатынасы олардың арасында белгілі шаманы береді.

$$C = \frac{A_n - A_{n-1}}{N}$$

Мысалы, элетромагнитті жүйелі амперметр таңбаланған бөліктерден тұрады.: 0,1,2,3,4,5,А. 3 және 4 белгілерінің арасы 4 сызыққа бөлінген, яғни 5 бөлінгіш, сол кезде бір бөлінгіштің құны.

$$C_1 = \frac{4-3}{5} = 0,2 \frac{A}{дел}$$

1 және 2 белгілерінің арасы 1 сызыққа бөлінген болса , онда 2 бөлінгіш болады, сол кезде бөлінгіш құны.

$$C_1 = \frac{2-1}{2} = 0,5 \frac{A}{дел}$$

Екінші тәсіл. Егер аспап көпшекті болған жағдайда қолданылады. Бөліну құнын, ауыстырып қысқышқа көрсетілген бөліну шегінен, шкаланың соңында санмен көрсетілген шамаға қатынасы арқылы есептейді.

$$C_1 = \frac{A_H}{N}$$

Мысалы, екінші элетромагнитті жертені вольтметр 150 бөлінгіш және кернеу өлшеу шегі 150 және 300 В болады. Бұл жағдайда 150 В шекті бөлінгіш құны

$$C_U = \frac{U_H}{N} = \frac{150}{150} = \frac{1В}{дел}$$

ал 300В

$$C_U = \frac{300}{150} = \frac{2В}{дел}$$

Көпшекті ваттметрлермен жұмыс қиындау болады. Тұтынушулар қуаты тына формула мен анықталады.

$$P=UI$$

Яғни, ваттметр тұтынушылар кернеуі және оның ток күшін шектеп отырады. Осыған байланысты ваттметрдің өлшеуіш механизмі екі орамадан тұрады: токты (тізбектелген) және кернеу орамасы (параллельді). 1.1 суретте жалғану сұлбасы, ал 1.2 суретте ваттметрдің қысылуының құрылымдық сұлбасы көрсетілген. Өзара өткізгіш пен жалғанған және торапқа қосылған генератор қыспақтары жұлдызшамен белгіленген. Аспап – ток бойынша, екі шекте есептелген, екі және кернеу бойынша шекті, арнайы ауыстырыпқысқыш қызмет етеді.

Ваттметрдің бөлгіш құны – кернеу және ток күшінің шегі, бөлінгіш санының қатынасына тең:

$$C_p = \frac{U_H I_H}{N}.$$

Мысалы, электродинамикалық жүйелі ваттметр шегінің ток бойынша өлшемі  $I_H=2,5-5A$ , ал кернеу бойынша  $U_H=75-150-300V$  және бөліну саны  $N=150$ . Үлкен шекті аспап жұмысының бөліну құны

$$C_p = \frac{U_H I_H}{N} = \frac{300 \cdot 5}{150} = 10 \frac{\text{Вт}}{\text{дел}}.$$

Ваттметр дұрыс жалғанбаса, оның бағыттама сызығы нөлдік белгіден солға бұрылуы мүмкін. Одан арылу үшін, тізбектің жинаған кезде кеткен қателікті жөндеу үшін немесе ваттметрде арнай көрсетілген (ауыстырып қосқыштың полярлығын) және ауыстырып қысқыш шегімен жиі орналасқан (\_\_\_\_\_) “алу” орнына қою керек. Электр шамаларының тез өзгеретін қисық жазуларын өлшеу үшін электронды осциллографты қолданылады.

Өндірістік тәжірибедегі сияқты, оқу тәжірибесінде де қолданылатын өлшеуіш аспаптарды отчетқа жазу керек. Олардың атын, номиналдышамасын, типін, жиілігін дәлдік класы, жұмыс істеу принципін (жүйе), қондыру тәсілін дәл осы зауыт көмірін жазу керек. Ол, егер де тәжірибені дәл осы аспаптар мен өйталаған жағдайда, шыққан нәтижелердің дұрыстығын тексеру үшін қажет.

Дәл осы сияқты аспаптардың техникалық сипаттамасын тексеруге қажет: кедергі және реостаттың жіберілетін ток күшін, номиналды қуат және электршаманың кернеуі, электрқозғалтқышының паспортты анықтамасы және т.б.

- 1.1. кестедегі көрсетілген шамалар отчет толтырудың мысалы болып табылады.
- 1.2. кестеде көрсетілген графикалық көрсеткіштері, кейбір жиі кездесетін элементтер (ГОСТ 2.721-74 және ГОСТ 2.728-74 және ГОСТ 2.755-74).

Аспап атауы	Типі	Саны	Техникалық мінездемесі
Амперметр	Э377	1	3 А, дәлдік класы 1,5, электромагнитті жүйе, №680047
Ваттметр	Д566	1	5-10 А, 75-150-300 В, дәлдік класы 0,2, электромагнитті жүйе № 329605
Реостат	РШШ-5	1	15 Ом, 5 А
Кедергілер дүкені	Р34	3	Дәлдік класы 0,1, 100*9 Ом, №642971, 642973, 642974

### Өзін – өзі бақылау сұрақтары:

1. Электр өлшеуіш аспаптарының түрлері
2. Дәлдік класын айқындау
3. Электр өлшеуіш жүйесінің жұмыс жасау принципін анықтау

### Зертханалық-практикалық жұмыс 33. Тоқ күшін өлшеу. Амперметрдің өлшеу шегін ұлғайту

*Жұмыстың мақсаты* – электр тасымалдаушы желінің моделін зерттеу және алыс қашықтықтарға тасымалданатын тұрақты ток электр энергиясының берілуінде өткізгіштерде кернеу шығынының негізгі заңдылықтарын орнату, яғни кернеу шығынының шамасы қандай фактордан болатынын тексеру.

#### *Жұмысқа дайындық.*

1. Нағыз зертханалық жұмыста сымдардағы кернеу шығыны үш модельді желіде зерттеледі: А-а, Б-б, В-в, бір-бірінен ұзындығы  $l$ , сымның қимасы  $S$  және сым материалының меншікті кедергісі  $\rho$  арқылы ерекшеленеді. Әр түрлі факторлардың әсер етуінен кернеу шығыны мына формула арқылы есептеледі.

$$\Delta U = \frac{2I\rho L}{s};$$

мұнда,  $I$  – желідегі ток күші (1 сур).

Негізінде сымдарды мыстан ( $\rho_m=0,0175$  Ом×мм<sup>2</sup>/м) немесе алюминиден ( $\rho_{ал}=0,029$ Ом ×мм<sup>2</sup>/м) ал кейде болаттын ( $\rho_б=0,13-0,25$  Ом×мм<sup>2</sup>/м) жасайды. Желінің басы және аяғында кернеу шығынын, кернеу айырымы арқылы да есептеуге болады.

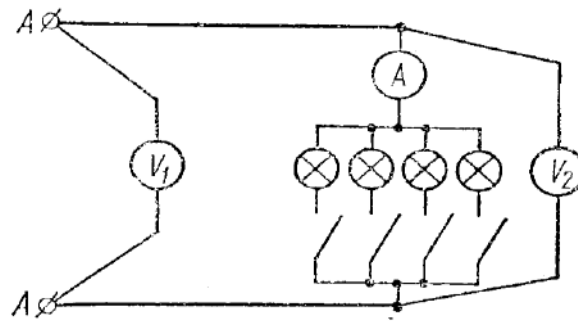
$$\Delta U = U_1 - U_2$$

Кейде кернеу шығынын пайыздық көрсеткіштермен өрнектейді.

$$e = \frac{\Delta U}{U_2} \cdot 100\%$$

Практикалық есептеулерде  $e$ -ні 2-10% дейін берілісі және керекті сым қимасын былай есептейді.

$$S = \frac{2P_2 l_p}{e U_2^2}$$



1- сурет

*Аспаптар мен жабдықтар*

1- кесте

Атауы	Типі	Саны	Техникалық сипаттамасы
Амперметр		2	
Вольтметр		3	
Электр тасымалдаушы желінің моделі		3	
Шамды реостат		2	

*Жұмыстың орындалуы*

1. А-а желісін пайдалана отырып, тізбек құрастыру. (1 сур)
2. Тізбекті қосып, керекті кернеуді орнату. Сымдағы керену шығынын ток күшіне әсерін тексеру. Мәндерін 2- кестеге енгізу.

жөлі	Берілгені				Тәжірибеден			Есептеулерден				
	материал	$\rho, \text{ОМ} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$	$l, \text{м}$	$S, \text{мм}^2$	$I, \text{А}$	$U_1, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$\Delta U, \text{В}$	$P_1, \text{Вт}$	$P_2, \text{Вт}$	$\Delta P, \text{Вт}$	$\eta, \%$
A-a												
B-б												
B-в												

4. Тексеруді Б-б және В-в желілерін қайталау.  
Нәтижелердің тәжірибелі тексерілуі.

1. Абсолютты шамаларға және пайыздық шамалары мен берілген желідегі кернеу шығынын есептеу.

2. Жұмыстың орындалуындағы 2 және 3 пункттарға сәйкес қуат шығынын және ПӘК есептеу.

3. Зертханалық жұмыс бойынша қорытынды жасау: а) кернеу шығынына өзге факторларға әскрін. б) жүктемеден тасымалдау желісіне ПӘК бағыныштылығын.

4. Қорытындыны есепке жазу.

### Өзін - өзі бақылау сұрақтары:

1. Зертханалық жұмыстың мақсаты қандай?
2. Электр тасымалдаушы желінің кедергісі қандай факторға байланысты?
3. Сымдардағы кернеу шығыны қандай факторға байланысты?
4. Не үшін сымдардағы кернеу шығыны теріс құбылыс деп саналады?
5. Қандай тәсілдермен кернеу шығынын азайтуға болады?
6. Сымдардағы кернеу шығыны қандай қандай формула арқылы есептеледі?
7.  $e$ -нің белгілі мәндерінде сымның қимасының есептелу формуласын жаз.
8. Не үшін қалалық тораптың кернеуі, күндізге карағанда кешке төмен болады?

9. Сымдардағы кернеу шығыны қандай факторларға байланысты.
10. Электр тасымалдаушы желінің п.э.к-і неден бағынышты?

### Зертханалық-практикалық жұмыс 34. Негізгі өлшеу жүйесінің жұмыс принципі

*Жұмыстың мақсаты* – Қабатасу тәсілімен токты анықтауды тәжірибелі тексеру.

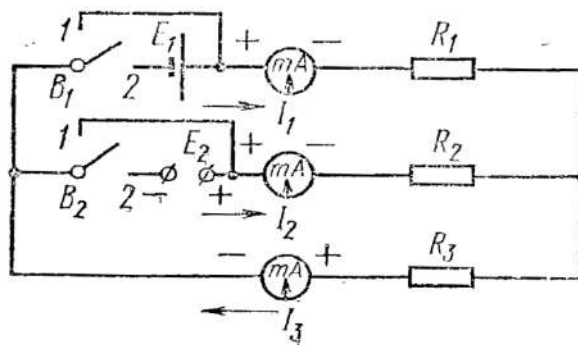
*Жұмысқа дайындық.*

1. Егер тармақталған электр тізбегінің көздері әрбір тармақта болса, онда ток кернеуін есептеуде қабаттасу тәсілін қолдануға болады.

Бұл тәсіл, тек қана бір көзге әрекет ететін, барлық тармақтарда пайда болатын, жиілік ток кернеуін табу мен ерекшеленеді. Басқа көздердің э.қ.к-і есептелмейді, бірақ олардың ішкі кедергісі есептеледі. Одан кейін, барлық тармақтардағы, екінші, үшінші және т.б. көздердегі токтар есептеледі.

Сол себептен әрбір тізбекте қанша көз болса, тармақта сонша жиілік ток болады. Әрбір тармақтағы нақты ток – осы тармақтағы жиілік токтардың алгебралық қосындысы арқылы есептеледі.

2. Зертханалық жұмыстарда қолданылатын миллиамперметрмен көздердің ішкі кедергілері аз. Сондықтан есептеулерде олардың шамаларын сақтау қажет. Расында олар бар, сондықтан, ток күші есептеуден, тәжірибелі тексеруде айырмашылықтар бар.



1- сурет

Зертханалық жұмыстарда ортасында нөлі бар көп магнитті –электрлі жүйе аспабы қолданылады. Егер ток аспаптың ішіне бағытталса, оң таңбадан теріс таңбаға онда, бағыттама сызығы оңға бағытталады. 1 суреттегі сұлбада, аспаптардың қосылу полярлығы, нақты токтардың таңдалған бағытына сәйкес келеді. Егер токтардың бағыттары таңдалған бағытпен сәйкес келсе, онда барлық бағыттама сызықтары оңға бұрылуы тиіс. Егер бағыттама сызықтары солға бұрылса, онда ток бағыты, сұлбада көрсетілген бағытпен сәйкес келмейді., ал токтың өзі теріс деп есептеледі.

1. Кедергілердің және э.қ.к-ң берілген мәндері бойынша, тізбекті қабаттасу тәсілі арқылы есептеу. Табылған мәндерді 1 кестеге енгізу

Токтарды анықтау жолы	$E_1, B$	$E_2, B$	$I'_1, A$	$I'_2, A$	$I'_{g1}, A$	$I''_1, A$	$I''_2, A$	$I''_3, A$	$I_1, A$	$I_2, A$	$I_3, A$
Тәжірибеден											
Есептеулерден											

### Өзін - өзі бақылау сұрақтары:

1. Зертханалық жұмыстың мақсаты қандай?
2. Жиілік токтар деген не?
3. Қабаттасу тәсілі арқылы токты анықтаудың есептеулері немен қорытындыланады?
4. Зерттелетін сұлбада әрбір көзден шығатын жиілік токтың бағытын көрсет.
5. Миллиамперметрдің бағыттама сызығы нөлдік белгіден солға ауытқуы нені білдіреді?
6. Егер тармақтың жалпы ток күші және кедергілері белгілі болса, параллель тармақтың біреуінің ток күшін есептеу формуласын жаз.
7. Егер тізбекте тек бірінші көздің әсерінен ток орнатылса, 1- суреттегі сұлбада ауыстырып қосқыштар В1 және В2 қандай жағдайда болады?
8. Зерттелетін сұлбада 1-ші көздің әсерінен жиілік токтардың күшін есептеу формуласын жаз.
9. Нақты токтарды есептеуде қандай жиілік токтар оң, ал қандай теріс деп саналады?
10. 1-ші сурет сұлбасында ток күшін дұрыс есептеуді және өлшеуді қалай тексереміз?

### Зертханалық-практикалық жұмыс 35. Электрвакуумдық және иондық аспаптардың құрылысы

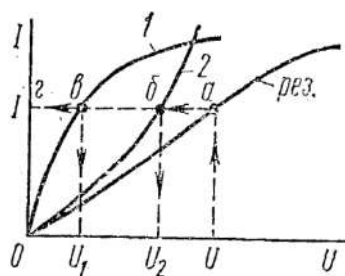
*Жұмыстың мақсаты* – желілік емес резисторлардың вольт – амперлік сипаттамасын тексеру және желілік емес резисторлары бар, электр тізбегінің есептеулерін графикалық тәсіл арқылы тексеру.

#### *Жұмысқа дайындық.*

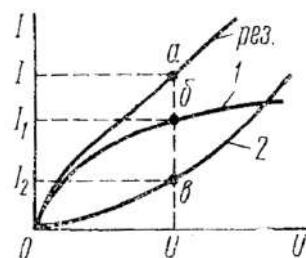
1. Желілік емес тізбекті есептеуді негізінен графикалық тәсілмен жүргізеді. Ол үшін 6 суреттегі сұлба бойынша тәжірибелі түрде алынған, барлық резисторлардың в.а.с. болу керек.



Дәл осы зертханалық жұмыста, вольфрамды жіпті шоқтану шамы және көмір бағанасы зерттеледі. Егер осы элементтердің вольт – амперлік сипаттамасын алып, тізбектеліп жалғанған нәтижелердің графикалық тұрғызылғанының тәжірибелі сәйкес келуін тексеру. (1 сур)

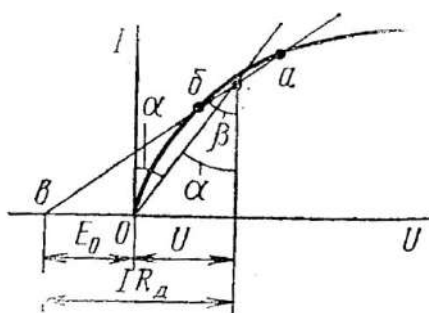


1-сурет

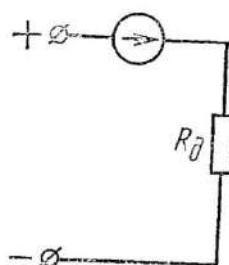


2- сурет

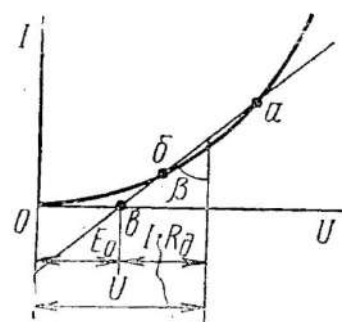
Енді параллель жалғануды тексеруге болады. (2 сур)



3-сурет



4-сурет



5-сурет

2. Егер желілік емес резисторда белгілі үлкен емес ауқымда ток күші мен кернеу өзгереді, онда абсолют *ab* қисық кесіндіні *b* нүктесіне горизонтальды өсін қиып өтетін түзу кесіндімен ауыстырамыз. Осы түзудің теңдеуі мынандай болады. (3сур)

$$U = IR_g - E_0$$

Мұнда,  $E_0$  – желілік емес резистордың (4 сур) э.к.к-нің алмастыру сұлбасы.

$$R_g = \frac{(U + E_0)}{I} \equiv \tan \beta$$

Абсолют телімі вольт-амперлік сипаттамасының ойыстығын, *ab* телімін түзу мен ауыстыруға болады.

$$U = IR_g + E_0$$

Алмастыру сұлбасы осы элементтерден тұрады, бірақ э.к.к  $E_0$  кернеуге  $U$  қарсы бағытталады.

Динамикалық кедергіден басқа, статикалық кедергі болады.

$$R_{ст} = \frac{U}{I} \equiv \tan \alpha.$$

*Аспаптар мен жабдықтар*

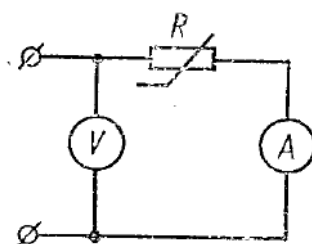
1- кесте

Атауы	Типі	Саны	Техникалық сипаттамасы
Амперметр		3	
Вольтметр		3	
Шоқтану шамы		1	
Көмірлі бағана		1	

*Жұмыстың орындалуы.*

1. Өзара тізбектеліп жалғанған 2 желілік емес резисторларда кернеу түсуімен токтың өлшенген сұлбасын сызу керек. Осы резисторлардың параллель жалғанағын сұлбасын сыз. Оларды мұғалімге көрсету.

2. Тізбек құрып (6 сур) оны мұғалімге тексерту.



6-сурет

3. Кернеу реттегішін 0-ден номиналды мәніне дейін өзгертіп, вольт-амперлік сипаттамасын алу. Аспаптар көрсеткіштерін 2 кестеге енгіз. Өлшенулерді көмірлі бағана үшін қайталау.

4. Тізбектеліп жалғанған резисторлардың тізбегін құрастырып, тексеру үшін мұғалімге көрсету.

5. Тізбектің қыспақтарындағы екі әр түрлі кернеулердегі ток күшін және әрбір резистордағы кернеу түсуін өлшеу. Табылған мәндерді 3 кестеге енгізу.

6. Параллель жалғанған резисторлардың тізбегін құрып, мұғалімге көрсету.

2-кесте

Бірінші резистор			Екінші резистор		
$U, В$	$I, А$	$R_{сг}, Ом$	$U, В$	$I, А$	$R_{сг}, Ом$

7. Кернеуді екі түрлі пішінде тармақтардағы ток күшін өлшеу және тізбектің тармақталмаған бөлігіндегін де өлшеу. Мәндерін 4 кестеге енгізу.

*Нәтижелердің тәжірибелі тексерілуі.*

1. 3 пункт бойынша координат жүйесінде желілік емес резисторлардың в.а.с-тұрғызу.

2. Дәл осы координат жүйесінде, тізбектеліп және параллель жалғанған резисторлар үшін в.а.с -тың графикалық қосылысын сызу.

3. Тізбектің қыспақтарындағы ток күші мен резистордағы кернеу түсуін, кернеудің екі түрлі мәндерінде графикалық түсіндіру. Мәндерін 3 кестеге енгізу.

3-кесте

$U, В$	Тәжірибеден			Есептеулерден		
	$I, А$	$U_1, В$	$U_2, В$	$I, А$	$U_1, В$	$U_2, В$

4. Тізбектің қыспақтарындағы кернеудің екі түрлі мәнінде тізбектің тармақталмаған бөлігіндегі және тармақтардағы ток күшін графикалық есептеу. Мәндерін 4 кестеге енгізу.

**Өзін - өзі бақылау сұрақтары:**

1. Зертханалық жұмыстың мақсаты неде?
2. Қандай резисторлар желілік, ал қандайлары желілік емес деп аталады?
3. Желілік емес резисторларға мысал келтір.
4. Резистордың вольт – амперлік сипаттамасын алу үшін сұлба сыз.

5. Желілік емес резисторлардың тізбектеліп жалғанған тізбегін графикалық түрде қалай есептейді?
6. Желілік емес резисторлардың параллель жалғанған тізбегін графикалық түрде қалай есептейді?
7. Динамикалық кедергі деген не?
8. Статикалық кедергі деген не?
9. Желілік емес резистордың вольт-амперлік сипаттамасы ойыстығынның алмастыру сұлбасын сыз. Осы сұлба бойынша теңдеу құр.
10. Алмастыру сұлбасы қандай элементтерден тұрады?

### 3. Глоссарий

<b>Жиілікті автоматты реттеу.</b>	Жиілікті автоматты реттеу. Автогенератордың тербеліс жиілігін автоматты түрде басқару. Ол радиоқабылдағыштарды, радиотехникалық құрылғыларды кеңінен қолдылады.
<b>Кушейтуді автоматты реттеу.</b>	Сигнал кірісінде оның қуатын өзгерткен кезде радиоқабылдағыштың кушейтуін автоматты өзгертетін құрылғы.
<b>Амплитудалық молудация.</b>	Өшпейтін тербелістер оған сәйкес келетін модуляцияланған тербелістер мен амплитудасы бойынша модуляциялану.
<b>Амплитудалық сипаттама.</b>	Құрылғы шығысындағы сигналдың оның кірісіндегі сигнал амплитудасына тәуелділігі.
<b>Амплитудалық – жиіліктік сипаттама.</b>	3 Құрылғы шығысындағы гармониялық сигнал а амплитудасының оның кірісіндегі тұрақты амплитудаға тәуелділігі.
<b>Амплитудалық дискриминатор.</b>	Анықталған амплитудалы электірлік сигналды бөлу.
<b>Биполярлық сигнал.</b>	Оң және теріс мәндер қабылдайтын аналогтық сигнал.
<b>Биполярлық транзистор.</b>	Екі таңбалы тасмалдаушылармен анықталатын процесс.
<b>Қалпына келтіру уақыты.</b>	Шыққандағы мен кіргендегі сигналдар арасындағы уақыт.
<b>ИС тандау уақыты.</b>	Шығыстағы информация сигналдар мен кірістегі сигналдар арасындағы уақыт.
<b>Тандау уақыты.</b>	ИС сигналды берген уақыт пен шыққан уақыт
<b>Адресті тандау уақыты</b>	Шығыста алынған сигнал информациясы мен кіріске келіп түскен адрес арасындағы уақыт.
<b>Генератор</b>	Элетр энергиясын өндіретін электротехникалық немесе радиотехникалық құрылғы.
<b>Демодулятор</b>	Модуляцияланған сигналды қабылдайтын және қалпына келтіретін құрылғы
<b>Демодуляция</b>	Молдуляцияға кері процесс
<b>Детертирлеу</b>	Нәтижесінде басқа жиілік пайда болтын электр тербелістерін өзгерту
<b>Электрлік</b>	Электр тогы немесе қайсы бір мәнінен аз уақыт ауытқуы

**импульс**

**Импульстік модуляция** Нәтижесінде гармониялық тербелістер қысқа импульске айналатын модуляция

**Тарату желісі** Жоғары жиілікті тербеліс энергиясын жеткізетін радиотехникалық құрылғы

**Байланыс жиелісі** Таратқыштан қабылдағышқа хабарды жеткізуге көмектесетін техникалық құрылғылар мен физикалық орталар жиынтығы

**Жеткізуші антенна** Келіп тускен жоғары жиілікті токтарды еркін электромагниттік толқындарға айналдыратын айналдырғыш

**Айнымалы ток** Уақыт бойынша бағыты да өзгереді электр ток

**Тербеліс фазасы** Әрбір уақыт мезетіндегі тербелістің уақытын өлшейтін шама

**Фазалық модуляция** Жоғары жиілікті тербелістің фазасын реттейтін сигнал

**Фаза айнылдырғыш** Фазалы модуляцияны іске асыратын қондырғы

**Фазалық фильтр** Оның формасын өзгертпей сигналды ұстайтын электрлі фильтр

**Фазалық фронт** Фазалары бірдей нүктелердің геометриялық орны

**Фазоинвертор** Радиотехникада бір бірінен фазалар айырмасы 180 градусқа тең болатын екі шығыс сигналын айыратын құрылғы

**Фаза қозғаушы тізбек** Фаза айландырғыш сияқты

**Электроника** Электрондардың электр магниттік өрістермен әсерлесу туралы ғылым

**Электроқозғаушы күш** Табиғи немесе жасанды әсердің нәтижесінде кернеудің пайда болуы

**Электромагниттік толқын** Электр және магнит өрістерінің бір біріне айналуы нәтижесінде пайда болатын тербелістер

## Диагностикалық тексеру блогы - 3 сағат

### Бақылау сабағы № 1

1  $\frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$  өрнегі нені анықтайды?

- A) Электрлік ығысу векторын
- B) Электр өрісінің энергиясын
- C) Жазық конденсатордың сыйымдылығын
- D) Сфералық конденсатордың сыйымдылығын
- E) Цилиндрлік конденсатордың сыйымдылығын

2 Жазық конденсатор тұрақты ток көзіне қосылып, содан соң сұйық диэлектрикке (диэлектрлік өтімділігі  $\varepsilon$ ). Конденсатордағы электр өрісі кернеулігінің диэлектрикке батырылғанға дейінгі ( $E_0$ ) және кейінгі ( $E$ ) мәндерін салыстырыңыз.

- A)  $E_0 = E$
- B)  $E_0 = \varepsilon E$
- C)  $E_0 = E/\varepsilon$
- D)  $E_0 = E/\varepsilon_0 \varepsilon$
- E)  $E_0 = \varepsilon_0 \varepsilon E$

3 Ампер заңының математикалық өрнегін көрсетіңіз.

- A)  $F = qvB \sin \alpha$
- B)  $F = IBl \sin \alpha$
- C)  $F = ma$
- D)  $F = kx$
- E)  $F = \frac{q_1 q_2}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon r^2}$

4 Тоғы бар дөңгелек орамның центріндегі магнит өрісінің индукциясы қай формула бойынша анықталады?

- A)  $B = \frac{\mu \mu_0 I}{2R}$
- B)  $B = \frac{\mu \mu_0 I}{2\pi a}$
- C)  $B = \mu \mu_0 n I$
- D)  $B = \mu \mu_0 H$
- E)  $B = \frac{F}{I \sin \alpha}$

5 Лоренц күшінің формуласын көрсет.

- A)  $\vec{F} = q \left[ \vec{v} \vec{B} \right]$
- B)  $\vec{F} = I \left[ d\vec{l} \vec{B} \right]$

C)  $\vec{F} = m \vec{a}$

D)  $\vec{F} = \left[ \Delta m \vec{v} \right]$

E)  $\vec{F} = \frac{d\vec{K}}{dt}$

6) Индукциясы 0,5 Тл магнит өрісіне  $v$  жылдамдықпен перпендикуляр бағыт бойынша ұшып келген электронның жылдамдығы қанша шамаға өзгереді?

A) 2 есе өседі

B) 2 есе азаяды

C) 4 есе өседі

D) 4 есе азаяды

E) өзгермейді

7) 1 және 2 жақын орналасқан екі параллель эквипотенциал жазықтықтардың потенциалдары  $\varphi_1 = 3,00$  В,  $\varphi_2 = 3,05$  В. Жазықтықтардың арасы 0,5 см. Өрістің  $E$  кернеулігінің жуық мәнін анықтап,  $\vec{E}$  векторының бағытын көрсетіңіз.

A) 100 В/м 1 жазықтықтан 2 жазықтыққа

B) 0,1 В/м 2 жазықтықтан 1 жазықтыққа

C) 10 В/м 2 жазықтықтан 1 жазықтыққа

D) 10 В/м 1 жазықтықтан 2 жазықтыққа

E) 0,1 В/м 1 жазықтықтан 2 жазықтыққа

8) Біртекті өткізгіштегі тоқ тығыздығы  $j = 2$  А/мм<sup>2</sup>. Өткізгіштің ауданы  $S = 1$  см<sup>2</sup> қимасы арқылы өтетін тоқ күшін анықтау керек.

A) 2 А

B) 200 А

C) 0,02 А

D) 2 мкА

E) 2 мА

9) Желтірілген өрнектердің қайсысы нүктелік зарядтың электростатикалық өрісінің кернеулігін анықтайды?

A)  $q/4\pi\epsilon_0\epsilon r$

B)  $q/4\pi\epsilon_0\epsilon r^2$

C)  $\sigma/2\epsilon_0\epsilon r$

D)  $r/2\pi\epsilon_0\epsilon r$

E)  $q/2\pi\epsilon_0\epsilon r^2$

10) Зарядталған металл шар өткізгіш сфера қабықпен қоршалған. Қабық қысқа уақытқа өткізгішпен шарға қосылғанда, шардың потенциалы қалай өзгереді?

A) Өзгермейді

B) Артады

C) Кемиді

D) 0 болады



Е) Екі есе кемиді

**11** Магнит өрісінде тогы бар өткізгіш орын ауыстырғанда Ампер күштері атқаратын жұмыс қай формуламен анықталады?

A)  $A=Q - \Delta U$

B)  $A=\Delta E_{\text{п}}$

C)  $A=qEl \cdot \cos\alpha$

D)  $A=l\Delta\varphi$

E)  $dA=I \cdot d\Phi$

**12** Индукция ЭҚК қай формула бойынша анықталады?

A)  $\varepsilon = \frac{A}{q}$

B)  $\varepsilon = -L \frac{dI}{dt}$

C)  $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$

D)  $\varepsilon=I(R+r)$

E)  $\varepsilon=IR - \Delta\varphi$

**13** Магнит өрісінің энергиясы қай өрнекпен анықталады?

A)  $E = \frac{cU^2}{2}$

B)  $E = \frac{kx^2}{2}$

C)  $E = \frac{mv^2}{2}$

D)  $E = \frac{LI^2}{2}$

E)  $E=mgh$

**14** Электрон магнит өрісінің магнит күш сызықтарына перпендикуляр бағытта ұшып енген. Электронның магнит өрісіндегі қозғалысы қандай сипатта болады?

A) инерциясы бойынша

B) күш сызықтары бойымен, үдемелі

C) шеңбер бойымен

D) күш сызықтары бойымен, кемімелі

E) спираль бойымен

**15**  $\vec{j} = \sigma \vec{E}$  теңдеуі нені өрнектейді?

A) Тоқ тығыздығы ұғымы

B) Дифференциалдық түрдегі Джоул-Ленц заңын

C) Жалпыланған Ом заңын

D) Дифференциальдық түрдегі Ом заңы

E) Интегралдық түрдегі Ом заңын

**16** Дифференциалдық түрдегі Ом заңының өрнегін көрсетіңіз

A)  $w = \vec{j} \vec{E}$

B)  $\vec{j} = \frac{1}{\rho} \vec{E}$

C)  $I = \frac{E}{R+r}$

D)  $\frac{\varphi_1 - \varphi_2 \pm E_{1,2}}{R_{1,2}}$

E)  $I = \frac{E^2}{R+r}$

17 Үдетуші потенциалдар айырымы  $U$  электр өрісінде ұшып өткен зарядталған бөлшек (заряды  $q$ , массасы  $m$ ) қандай жылдамдық алады?

A)  $qU$

B)  $qU/2$

C)  $2qU/m$

D)  $C^2U^2/2$

E)  $qU/m$

18 Қимасы  $1,6 \text{ мм}^2$  өткізгіштен  $2 \text{ с}$  ішінде  $3,2 \text{ Кл}$ . заряд өтсе, онда өткізгіштегі тоқ тығыздығы неге тең?

A)  $j = 1 \text{ А/мм}^2$

B)  $j = 2 \text{ А/мм}^2$

C)  $j = 0,5 \text{ А/мм}^2$

D)  $j = 4 \text{ А/мм}^2$

E)  $j = 3 \text{ А/мм}^2$

19 Индукциясы  $4 \text{ мТл}$  біртекті магнит өрісіне протон  $5 \cdot 10^5 \text{ м/с}$  жылдамдықпен магнит индукциясының векторына перпендикуляр ұшып енеді. Шеңбер бойымен толық бір айналғандағы өріс қанша жұмыс атқарады?

A)  $200 \text{ Дж}$

B)  $20 \text{ Дж}$

C)  $2\pi \cdot 20 \text{ Дж}$

D)  $2\pi \cdot 200 \text{ Дж}$

E)  $0 \text{ Дж}$

20 Индукциясы  $0,02 \text{ Тл}$ , біртекті магнит өрісіне электрон индукция сызықтарына параллель ұшып енеді. Магнит өрісінде электрон қанша үдеумен қозғалады?

A)  $20 \text{ м/с}^2$

B)  $2 \text{ м/с}^2$

C)  $0,2 \text{ м/с}^2$

D)  $0,02 \text{ м/с}^2$

E)  $0 \text{ м/с}^2$

### Бақылау сабағы № 2:

1 Горизонталь орналасқан конденсатор пластиналары арасында заряды  $9,8 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}$ . бөлшек тепе-теңдікте тұр. Конденсатор өрісінің кернеулігі  $2 \cdot 10^4 \text{ В/м}$ . Бөлшектің массасын табу керек.

- A)  $0,5 \cdot 10^{-14}$  кг
- B)  $2 \cdot 10^{-14}$  кг
- C)  $0,5 \cdot 10^{-22}$  кг
- D)  $19,6 \cdot 10^{-14}$  кг
- E)  $1,0 \cdot 10^{-22}$  кг

2 Келтірілген теңдіктердің қайсысы электростатикалық өрістің потенциалдық сипатын білдіреді?

- A)  $\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{E}$
- B)  $\oint D_n dS = \sum q_i$
- C)  $I = \int j d\vec{S}$
- D)  $\oint E_\ell d\ell = 0$
- E)  $\oint E_\ell d\ell = \sum q_i$

3 Конденсаторлар батареясын  $U = 200$  В кернеу көзіне жалғағанда жүйеге берілген заряд  $q = 6 \cdot 10^{-4}$  болды. Конденсаторлар батареясының сыйымдылығы неге тең?

- A) 120 мФ
- B) 24 Ф
- C) 180 пФ
- D) 3 мкФ
- E) 48 мкФ

4 Өткізгіштегі ток күші  $t=5$ с ішінде  $I_0=0$  ден  $I=3$ А –ге дейін бірқалыпты артады. Өткізгіштен өткен зарядты анықтау керек

- A) 15 Кл
- B) 7,5 Кл
- C) 45 Кл
- D) 22,5 Кл
- E) 60 Кл

5 Катушкадағы ток күші 1 секундта 5 А жылдамдықпен бірқалыпты өзгереді. Катушка индуктивтілігі 0,4 Гн болса, ондағы өздік индукция ЭҚК-і қанша болады?

- A) 5 В
- B) 4,6 В
- C) 2 В
- D) 0,4 В
- E) 0,08 В

6 Циклотронда қозғалатын зарядталған бөлшектің қозғалатын шеңберінің радиусы қалай өзгереді, егер бөлшектің жылдамдығын 3 есе арттыратын болса.

- A) 9 есе өседі
- B) 9 есе азаяды
- C) 3 есе өседі
- D) 3 есе азаяды
- E) өзгермейді

7 Ферромагнетикте магнит өрісінің индукциясы нөлге айналатын, сыртқы магнит өрісінің кернеулігі не деп аталады.

- A) қалдық индукция
- B) қанығу индукциясы
- C) коэрцитив күші
- D) шекті кернеулік
- E) гистерезис

8 Ұзындығы 4 см өткізгіш, магнит индукциясы сызықтарына перпендикуляр жазықтықта 35 м/с жылдамдықпен қозғалады. Магнит өрісінің индукциясы 2 Тл болса, өткізгіш ұштарындағы потенциалдар айырымы қанша болады?

- A) 280 мВ
- B) 70 мВ
- C) 35 мВ
- D) 14,5 мВ
- E) 2,8 мВ

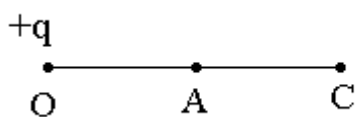
9 Ығысу тогы дегеніміз не?

- A) электрондардың реттелген қозғалысы
- B) құйынды электр өрісі
- C) потенциалды электр өрісі
- D) кемтіктердің реттелген қозғалысы
- E) иондардың реттелген қозғалысы

10 Электрондардың концентрациясы  $n=10^{29} \text{ м}^{-3}$  өткізгіштегі ток тығыздығы  $j=100 \text{ А/см}^2$  болса, онда электрондардың реттелген қозғалысының орташа жылдамдығының қандай болатындығын бағалау керек

- A) 60 мкм/с
- B) 30 м/с
- C) 100 мкм/с
- D) 1 мм/с
- E) 10 мм/с

11 А және С нүктелердегі  $+q$  зарядтың кернеуліктерін салыстыру керек ( $OA=AC$ )?



- A)  $E_a = E_c$
- B)  $E_a = 2E_c$
- C)  $E_a = 4E_c$
- D)  $E_a = \frac{1}{4} E_c$
- E)  $E_a = 1/2 E_c$

12 Потенциалдар айырымы 60 В электр өрісін жүріп өткен бөлшек қандай жылдамдық алады? Бөлшек массасы  $3 \cdot 10^{-8} \text{ кг}$ , заряды  $4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ .

- A) 16 м/с
- B) 4 м/с
- C) 12 м/с

D) 80 м/с

E) 8 м/с

13 Тізбек бөлігі тізбектей жалғанған кедергілері  $R_1 = 100$  Ом және  $R_2 = 200$  Ом резисторлар болып табылады. Осы резисторлардағы кернеулерді және оларда бөлінген қуаттарды салыстыру керек.

A)  $U_1/U_2 = 1/2$  ,  $P_1/P_2 = 2$

B)  $U_1/U_2 = 1/2$  ,  $P_1/P_2 = 1/2$

C)  $U_1/U_2 = 2$  ,  $P_1/P_2 = 1/2$

D)  $U_1/U_2 = 2$  ,  $P_1/P_2 = 2$

E)  $U_1/U_2 = 4$  ,  $P_1/P_2 = 4$

14 Ұзындығы 0,3 м өткізгіш ұштарында 18 мВ потенциалдар айырымы пайда болуы үшін, индукциясы 6 мТл өрістің магниттік күш сызықтарына перпендикуляр жазықтықта қанша жылдамдықпен қозғалуы керек?

A) 10 м/с

B) 20 м/с

C) 30 м/с

D) 60 м/с

E) 180 м/с

15 Өткізгіштен жасалған рамада магнит ағыны  $\Phi = 2,2 \cos(15t + \pi/2)$  Вб заңы бойынша өзгеретін болса, максималь ЭҚК-і қанша болады?

A) 37 В

B) 33 В

C) 22 В

D) 15 В

E)  $1,1\pi$  В

### Қорытынды бақылау сабағы:

1 Индуктивтілігі 4 Гн катушкадағы ток күші 4 А. Катушканың магнит өрісінің энергиясы 4 есе азары үшін, катушкадағы ток күші қанша болуы керек?

A) 1 А

B) 2 А

C) 3 А

D) 4 А

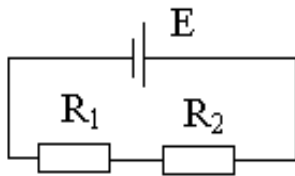
E) 8 А

2 Атомдағы электронның орбиталь гиромагниттік қатынасы қандай болады?

- A)  $e/m$
- B)  $e/2m$
- C)  $e/3m$
- D)  $e/4m$
- E)  $e/5m$

3  $\vec{j} = ne\vec{v}$  өрнегі нені білдіреді?

- A) Тоқ тығыздығы ұғымын
  - B) Дифференциалдық түрдегі Джоул-Ленц заңын
  - C) Өткізгіштік тоқ тығыздығын
  - D) Дифференциалдық түрдегі Ом заңын
  - E) Орташа тоқ тығыздығының векторын
- 4  $R_1$  кедергіде 1 минут ішінде қанша жылу бөлінеді?  
( $E = 120 \text{ В}$ ,  $R_1 = 20 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 40 \text{ Ом}$ .)



- A 80 Дж
- B 2400 Дж
- C 4800 Дж
- D 7200 Дж

E 1200 Дж

5 Диэлектриктің поляризациялану құбылысының мәні неде?

- A) Диэлектрик зарядталады
- B) Диэлектриктің қорытқы дипольдік моменті нолден өзгеше болады
- C) Диэлектрикте электр өрісі болады
- D) Диэлектриктің қорытқы дипольдік моменті нолге тең болады

E Диэлектриктің бетінде байланысқан зарядтар пайда болады

6 Тізбек бөлігіндегі тоқ жұмысы қалай есептелінеді?

- A)  $I^2 R t$
- B)  $I^2 R$
- C)  $E^2 / (R + r)$
- D)  $dq/dt$

E)  $E/(R + r)$

7 Төменде келтірілген тұжырымдардың қайсысы диамагнетиктер үшін орынды?

A) Заттың магниттік қабылдағыштығы температураға байланысты

B) Магниттік қабылдағыштық өте зор ( $\mu \gg 1$ )

C) Магниттік қабылдағыштық оң және  $\vec{H}$  байланысты емес

D) Магниттік қабылдағыштық теріс және  $\vec{H}$  байланысты емес

E) Магниттік өтімділік өте аз ( $\mu \ll 1$ )

8

Контурдағы өзіндік индукция ЭҚК –нің шамасы неге байланысты?

A) Өткізгіш материалына

B) Контур кедергісіне

C) Контурдағы ток күшіне

D) Контурдағы токтың өзгеру жылдамдығына

E) Өткізгіштің пішіні мен өлшемдеріне

9

Төмендегі заңдардың қайсысы Максвелдің екінші теңдеуін

$$\oint_L \vec{H} d\vec{\ell} = \int_S (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S} \text{ білдіреді?}$$

A) Толық ток заңы

B) Электромагниттік индукция заңы

C) Кулон заңы

D) Био-Савар-Лаплас заңы

E) Ампер заңы

10 Максвелдің мына теңдеулерінің қайсысы магнит өрісі өзгертін кеңістікте құйынды электр өрісінің пайда болатындығын білдіреді?

A)  $\text{rot } \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

B)  $\text{rot } \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$

C)  $\text{div } \vec{D} = \rho$

D)  $\text{div } \vec{B} = 0$

E)  $\text{div } \vec{D} = 0$

11 Электромагниттік толқын теңдеуі  $E = 7 \cos\left(4\pi \cdot 10^6 t + \frac{\pi}{2} x\right)$  мынадай

болса, онда тербеліс периоды қандай болады?

A) 12,56 мкс

B) 157 мкс

C) 7 мкс

- D) 1 мкс
- E) 0,5 мкс

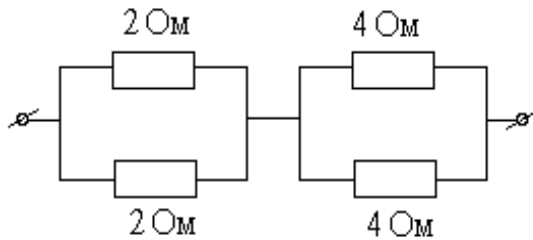
12Тербелмелі контурдағы конденсатордың астарларындағы зарядтың және ток күшінің тербелістерінің фазаларының бір-бірінен өзгешелігі қандай болады?

- A)  $\pi/2$  рад
- B)  $\pi$  рад
- C)  $3\pi/2$  рад
- D)  $2\pi$  рад
- E)  $\pi/3$  рад

13Герц вибраторының ұзындығы 5 мм. Вибратор шығаратын электромагниттік толқын ұзындығы қандай болады?

- A) 1 мм
- B) 2,5 мм
- C) 5 мм
- D) 10 мм
- E) 20 мм

14Бөліктің кедергісі неге тең?



- A) 4 Ом
- B) 12 Ом
- C) 1,5 Ом
- D) 3 Ом

E) 6 Ом

15 Біртекті тізбек бөлігіне арналған Ом заңы

- A)  $IR = U$
- B)  $IR = \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}$
- C)  $I(R + r) = \varepsilon$
- D)  $\sum_i I_i R_i = \sum_K \varepsilon_K$
- E)  $\sum_i I_i = 0$

16 Әртексті тізбек бөлігіне арналған Ом заңы

- A)  $IR = U$
- B)  $IR = \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}$
- C)  $I(R + r) = \varepsilon$
- D)  $\sum_i I_i R_i = \sum_K \varepsilon_K$



Е)  $\sum_i I_i = 0$

17 Толық тізбек үшін Ом заңы

А)  $IR = U$

В)  $IR = \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}$

С)  $I(R + r) = \varepsilon$

Д)  $\sum_i I_i R_i = \sum_K \varepsilon_K$

Е)  $\sum_i I_i = 0$

18 Қай магнетиктің магниттік қасиеттері температураға байланысты емес?

А) Ферромагнетиктер

В) Диамагнетиктер

С) Парамагнетиктер

Д) Ферриттер

Е) Сегнетоэлектрик

19 Мына магнетиктердің қайсысында Кюри нүктесі бар?

А) Мыс

В) Алтын

С) Кобальт

Д) Алюминий

Е) Күміс

20 Мына металдардың қайсысы ферромагнетикке жатады?

А) Мыс

В) Алюминий

С) Кобальт

Д) Гадолиний

Е) Күміс

## Қосымша 1. Бағалау парағы

Модуль атауы: «Электрлік жүйені талдау және қызметін тексеру»

Тексеру түрі  Оқыту қорытындысы/ бағалау критерийлері	Тест	ЗПЖ	Тапсырма	Курстық жоба	Өндірістік оқыту			
<b>Оқыту қорытындысы 1</b>	Электр тізбектерді оқып, элементтерін айқындап, есептеу							
<b>Бағалау критерийлері</b> заттардың электрондық құрылысын айқындау және электртехникалық материалдарын топтастыру	√	√			√			
<b>Бағалау критерийлері</b> Конденсаторлардың жалғануын білу	√	√			√			
<b>Бағалау критерийлері</b> Тұрақты тоқтың электр тізбектерін есептеу	√	√			√			
<b>Бағалау критерийлері</b> Резисторлардың жалғануын есептеу	√	√						
<b>Бағалау критерийлері</b> Кирхгоф заңдарын тұжырымдап, есептеу	√	√			√			
<b>Оқыту қорытындысы 2</b>	Электр магнетизм және магниттік тізбектеді есептеп, практикада жобалау							
<b>Бағалау критерийлері</b> бірфазалы айнымалы тоқтың электр тізбектерін есептеу	√	√	√					
<b>Бағалау критерийлері</b> үшфазалы тізбекті жинау	√	√			√			
<b>Бағалау критерийлері</b> трансформаторларды қорғаныс ажырату	√	√	√		√			

<b>Бағалау критерийлері</b> электрлік өлшеу аспаптарын түрлерін айқындау және оларды жалғау	✓	✓			✓			
<b>Бағалау критерийлері</b> электроника негіздерін айқындау	✓	✓			✓			

## **Қолданылған әдебиет тізімі**

### **Негізгі әдебиет:**

1. Ә1 – А. Медетбекова, А.Салькова, А.Ананьев, Е.Мағазов  
«Электртехниканың теориялық негіздері», Астана: «Фолиант» баспасы,  
– 2012 ж. – 392 бет.
2. Ә2 – Қ. Қосыбаев «Электртехниканың қысқаша анықтамалығы», Астана:  
«Фолиант» баспасы, 2010 ж. – 160 бет
3. Ә3 – М. Ихсанова, Ш. Өмірзақов «Электр машиналары», Астана:  
«Фолиант» баспасы, 2010 ж. – 208 бет
4. Ә4 – Айтимов А., Катаев Е. «Электротехника», Астана: «Фолиант», 2010  
г. – 240 стр.

### **Қосымша әдебиет:**

1. Ә5 – Н. Көпжасаров, Н. Қожаспаев, С. Кешуов, И. Мұхитов  
«Электротехника», Алматы : РБК, 1996ж. - 300 с.
2. Ә6 – А. Қ. Ахметов «Электротехниканың теориялық негіздері» , Астана :  
Астана полиграфия , 2007ж. - .  
3-ші том : «Электромагниттік өріс теориясы» - 334 с.
3. Ә7 – Н. Қожаспаев, И. Мұхити «Электротехника (Лабораториялық  
жұмыстар)», Алматы : "Эверо", 2010ж.