**Әл Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті**

**Плазма физикасы, нанотехнология және компьютерлік физика кафедрасы**

**ЭЛЕКТРОТЕХНИКАНЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ**

**Зертханалық жұмыстарды жүргізуге арналған әдістемелік нұсқаулық**

Электротехниканың теориялық негіздері: шағын модульдік стендте зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулық.

Әдістемелік нұсқаулық "Электротехниканың теориялық негіздері" курсын оқытып үйрету орта және жоғары оқу орындарының студенттеріне арналған. Әдістемелік нұсқаулық сондай-ақ кәсіптік-техникалық училищелердің студенттері мен инженерлік-техникалық қызметкерлердің біліктілігін арттыруға арналған салалық оқу орталықтарының тыңдаушыларын оқыту үшін пайдаланылуы мүмкін.

Мазмұны

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Қауіпсіздік техникасының ережелері |  |
| 1 | Стендтің сипаттамасы және зертханалық жұмыстарды жүзеге асыру бойынша жалпы ұсыныстар |  |
| 1.1 | Стендтің мақсаты мен құрамы |  |
| 1.2 | Стенд элементтерінің сипаттамасы |  |
| 1.3 | Зертханалық сабақтардың мақсаты |  |
| 1.4 | Зертханалық сабаққа дайындық |  |
| 1.5 | Эксперимент жүргізу |  |
| 1.6 | Нәтижелерді өңдеу және есепті ресімдеу |  |
| 2 | Тұрақты токтың электр тізбектері. Қысқаша теориялық мәліметтер |  |
|  | № 1-1 жұмыс. Электр өлшеу аспаптары және өлшеулер |  |
|  | № 1-2 жұмыс. Тұрақты токтың қарапайым сызықты электр тізбектері |  |
|  | № 1-3 жұмыс. Тұрақты токтың тармақталған сызықты электр тізбегі |  |
|  | № 1-4 жұмыс. Екі қорек көзі бар тұрақты токтың электр тізбегі |  |
|  | № 1-5 жұмыс. Элементтерді тізбектей жалғанған тұрақты токтың сызықты емес тізбегі |  |
|  | № 1-6 жұмыс. Тұрақты токтың тармақталған сызықты емес электр тізбегі |  |
| 3 | Айнымалы токтың электр тізбектері. Қысқаша теориялық мәліметтер |  |
|  | № 2-1 жұмыс. Айнымалы ток тізбегі элементтерінің параметрлерін экспериментте анықтау |  |
|  | № 2-2 жұмыс. Элементтері тізбектей жалғанған айнымалы ток электр тізбегі |  |
|  | № 2-3 жұмыс. Элементтері параллель жалғанған айнымалы ток электр тізбегі |  |
|  | № 2-4 жұмыс. Тұтынушылар "жұлдыз" сұлбасы бойынша қосылған кездегі үшфазалы электр тізбегі |  |
|  | № 2-5 жұмыс. Тұтынушылар "үшбұрыш" сұлбасы бойынша қосылған кездегі үшфазалы электр тізбегі |  |
|  | № 2-6 жұмыс. Айнымалы токтың сызықты емес тізбегі |  |
|  | № 2-7 жұмыс. RL және RC тізбектеріндегі өтпелі процестер |  |
|  | № 2-8 жұмыс. R-L тізбегіне С конденсатордың разряды |  |
|  | № 2-9 жұмыс. Бір фазалы трансформатор |  |

# Қауіпсіздік техникасының ережелері.

Электротехниканың теориялық негіздері зертханасында кернеуі 380 В дейінгі қоректену көздері пайдалынады. Тоқтың соғуы, ауыр зардаптарға әкелуі мүмкін. Сондықтан зертханалық жұмыстарды орындаған кезде келесі қауіпсіздік ережелерді қатаң сақтау керек:

## Жұмысқа кірісер алдында электр қорек көздерімен, оларды қосу және ажырату әдістерімен танысу қажет.

## Тізбекті кернеуге қосқанда аспаптардың көрсетуіне зер салып қарау керек. Егер аспаптардың біреуінің тілі шкала шегінен не оңға, не солға асып кетсе, қоректену көзін сол бойда өшіріп, оның себебін анықтау керек.

## Кернеуі бар қысқыштарға қол тигізуге тыйым салынады. Аспап қысқыштарында немесе тізбек элементтерінде кернеудің барын тек қана өлшеуіш аспаптармен тексеру қажет.

## Тізбектегі барлық өзгертулерді тек қоректену көздері толық ажыратылғаннан кейін жүргізуге болады.

## Өлшеу біткеннен кейін алынған нәтижелерді оқытушыға көрсетіп, рұқсат алғаннан кейін тізбекті бөлшектеу керек. Егер тізбек қоректену көзінен ажыратылмаса, оны бөлшектеуге тыйым салынады.

## Тізбекті бөлшектегеннен соң жалғанатын сымдарды ұқыпты түрде белгілі орындарға жинап қою керек.

## Өрт болған жағдайда сабырлық сақтап, зертханадағы эвакуация сұлбасын пайдаланып сыртқа шығу керек.

## Жер сілкінісі кезінде бөлмеде қалып, аяқталуын есік керегесінің, темірбетонды бөренелер мен колонналардың астында тұрып күту керек.

## 

**1 СТЕНДТІҢ СИПАТТАМАСЫ ЖӘНЕ ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАРДЫ ЖҮЗЕГЕ АСЫРУ БОЙЫНША ЖАЛПЫ ҰСЫНЫСТАР**

* 1. **Стендтің мақсаты мен құрамы**

Әдістемелік нұсқаулық электр тізбектері бойынша зертханалық-практикалық сабақтар өткізуге арналған.

Электр тізбектері бойынша зертханалық жұмыстарды жүргізу үшін келесілер қолданылады:

* 220 В бір фазалы кернеуді, ~9 В (А, В, С) төмен вольтты үш фазалы айнымалы кернеуді және қорек көзінің төмен вольтты кернеулерін ± 15 В, +5 В қамтамасыз ететін қорек көзі модулі, сондай-ақ қысқа тұйықталудан қорғайтын стенд;
* зерттелетін құрылғыға берілетін әртүрлі формадағы өлшеу сигналдарын қамтамасыз ететін функционалды генератор модулі;
* электр тізбегінің параметрлерін өлшеуге арналған сандық әмбебап өлшеуіш;
* тұрақты және айнымалы ток тізбектеріндегі ток және кернеу мәндерін, сондай-ақ кедергі шамаларын өлшеу орындалатын мультиметрлер модулі;
* өлшеу аспаптары бар жиынтық алабы минимодульдерді орнату үшін қызмет етеді. Тиісті сұлбаны құрастырғаннан кейін электр тізбектері зерттеледі. Жиынтық алабының өлшеу аспаптары электр тізбектеріндегі кернеу мен токтарды бағыттамалық аспаптармен өлшеуге мүмкіндік береді;
* электр тізбектері бойынша зертханалық жұмыстарды жүргізу үшін сұлбаларды жинауға мүмкіндік беретін зертханалық шағын модульдер жиынтығы.

**1.2 Стенд элементтерінің сипаттамасы**

Модульдердің техникалық сипаттамалары стендтің техникалық сипаттамасында келтірілген. Электр тізбектері бойынша зертханалық жұмыстарды орындау кезінде қолданылатын модульдердің қысқаша сипаттамасы төменде келтірілген.

**1.2.1 Қорек көзі модулі**

Қорек көзі модулі зертханалық стендке 220 В бір фазалы кернеуді беруге, қысқа тұйықталу токтарынан қорғауға және жиынтық алабына қосқыш сымдарының көмегімен қорек көзінің үш фазалы айнымалы тогы мен тұрақты токты беруге арналған.

Панельдің сыртқы түрі 1-суретте бейнеленген. Модульдің беткі панелінде QF автоматты ажыратқыш тұтқасынан басқа, шығыс ұяшықтарына +15 В және +5 В тұрақты кернеу беруге арналған SA1 ажыратқышы және ~9 В үш фазалы айнымалы кернеу беруге арналған SA2 ажыратқышы (SA1-мен бір мезгілде қосылған кезде) орнатылған. Үш фазалы айнымалы кернеу көзі шамадан тыс жүктемеден және қысқа тұйықталудан қорғайтын электрондық қорғаныстан және қорғаныстың іске қосылғанын білдіретін қызыл түсті жарық индикациясынан тұрады.

1-сурет. Қорек көзі модулі (қорғаныс)

**1.2.2 Функционалды генератор модулі**

Функционалды генератор модулі (2-сурет) өзгертіліп отыратын амплитудасы және жиілігі бар синусоидальды немесе тікбұрышты формадағы өлшеу сигналдарын алуға арналған. Шығыс сигнал формасы "Форма" тумблерінің көмегімен орнатылады. Генерацияланатын жиіліктің диапазонын орнату "множитель" ауыстырып-қосқышының көмегімен, жиілікті диапазонда орнату - "частота" реттеуішінің көмегімен орындалады. Шығыс кернеу шамасын реттеу "Амплитуда" реттеуішімен жүргізіледі.

Модульде индикация келесідей орындалды:

* ағымдағы жиілік 4-сегментті индикаторда;
* "Гц" және "кГц" диапазондары индикатордың сол жағындағы жарықдиодтардың көмегімен.

2-сурет. Фукнционалды генератор модулі

Генератордың техникалық сипаттамалары 1- кестеде келтірілген.

1-кесте

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр атауы | Мәні |
| Қорек көзі кернеуі | -220 В ± 10% |
| Максималды жүктеме тогы | 0,3 А |
| Шығыс кернеу амплитудасы | 0,1. .11 В |
| Жиілік диапазоны | 10. ..100 000 Гц |
| Жиілікті өлшеу қателігі | ±5% |
| Шығыс кедергі | 2 Ом |

**1.2.3 Қуат өлшеуіш**

Электр тізбегі параметрлерін өлшеуге арналған:

* 0...30 В, 0...300 В диапазондардағы кернеудің әсерлік мәні (True RMS);
* 0...0,2 А, 0...2А диапазондардағы токтың әсерлік мәні (True RMS);
* 0...600 Вт диапазондағы активті қуат;
* 0...600 Вар диапазондағы реактивті қуат;
* 0...600 В·А диапазондағы толық қуат;
* 5.. .70 Гц диапазондағы жиіліктер;
* cosφ;
* ток пен кернеу арасындағы фазалардың ығысу бұрышы φ.

3-суретте аспаптың беттік панелі және зертханалық стендке қосудың шартты сұлбасы ұсынылған (нүктелі сызықтармен көрсетілген). Құрал құрамында:

* кіріс өлшенетін сигналды (генератор) беретін А және N ұяшықтары, тұтынушыны (жүктемені) қосатын А1 және N ұяшықтары. жүктеме тогын өлшеуге арналған шунт А және А1 ұяшықтары арасында қосылған;
* ақпаратты көрсетуге арналған төрт жолды сұйық кристалды индикатор;
* аспапты қоректендіруге арналған "сеть" ажыратқышы;
* кернеуді өлшеу диапазонының өзгеруін іске асыратын "U" тумблері;
* токты өлшеу диапазонының өзгеруін іске асыратын "І" тумблері;
* индикатордың үшінші жолында көрсетілетін ақпаратты өзгертуге арналған "Р/Q/S" батырмасы, сәйкесінше активті, реактивті және толық қуат;
* индикатордың төртінші жолында көрсетілетін ақпаратты өзгертуге арналған "f/cos/φ" батырмасы, сәйкесінше жиілік, косинус және фазалардың ток пен кернеу арасындағы ығысу бұрышы.



3-сурет. Қуат өлшеуішін қосу сұлбасы

Өлшеулерді орындау реті:

- сыртқы өлшеу тізбектерін қосу;

- кернеу мен токтың қажетті диапазондарын таңдау;

- "Сеть" тумблерін қосу;

- индикатордың үшінші немесе төртінші жолдарында талап етілетін параметрді көрсету өзгерту үшін "Р/Q/S" немесе "f/cos/φ" батырмаларын 1..2 секунд басу қажет.

**Ескерту:**

1. Р/Q/S" және "f/cos/φ" батырмаларын бір мезгілде 1..2 секунд басып ұстағанда өлшеуіш тұрақты ток параметрлерін өлшеу режиміне өтеді. Осы батырмаларды қайталап бір мезгілде басу айнымалы токты өлшеу режиміне қайтарады.

2. Аспапты және зертханалық қондырғыны қосу сұлбасын өзгерту аспапты қорек көзінен ажыратқан кезде орындалуы қажет. Олай болмаған жағдайда аспап көрсеткіштерінің өзгеруі, сондай-ақ аспап индикаторының жұмысында олқылықтар туындауы мүмкін.

**1.2.4 Мультиметрлер модулі**

Модуль кернеуді, токтарды, кедергілерді өлшеуге арналған. Модульдің сыртқы түрі 4-суретте көрсетілген.



4-сурет. Мультиметрлер модулі

**1.2.5. Өлшеу аспаптары бар жиынтық алабы**

Жиынтық алабы зерттелетін электр тізбектерді құрастыру кезінде минимодульдерді орнату үшін қызмет етеді. Ұяшықтар мнемосұлбаға сәйкес қосылған (5-сурет).



5-сурет. Жиынтық алабы

Электр тізбектеріндегі токтарды өлшеу үшін жиынтық алабында бағыттамалы өлшеу аспаптары орнатылған: өлшеу шегі 100 мА болатын Ц42302 типті айнымалы токтың үш миллиамперметрі, өлшеу шегі екі аспапта 100 мА және бір аспапта 1 мА болатын М42301 типті тұрақты токтың үш миллиамперметр.

**1.2.6 Минимодульдер комплектерінің құрамы**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Атауы | Элемент | Саны |
| 1. | Екі анодты стабилитрон | КС162А | 1 |
| 2. | С2-33 резисторлары, қуаты 1 Вт-тан кем емес | 22 Ом | 1 |
| 3. |  | 47 Ом | 1 |
| 4. |  | 68 Ом | 1 |
| 5. |  | 100 Ом | 1 |
| 6. |  | 120 Ом | 1 |
| 7. |  | 150 Ом | 3 |
| 8. |  | 330 Ом | 1 |
| 9. |  | 680 Ом | 1 |
| 10. |  | 1 кОм | 1 |
| 11. | Потенциометрлер | ППБ-2А-150 Ом | 1 |
| 12. | Ауыстырып қосылатын конденсатор | 0 ...70 мкФ | 1 |
| 13. | Дроссель | 200 мГн | 1 |
| 14. | Катушка | 20 мГн без зазора | 1 |
| 15. | Трансформатор 12,6В/6,ЗВ | 12,6/6,3 В | 1 |
| 16. | Сызықты емес элемент | BXZ55c3v6+BXZ55c6\8 | 1 |
| 17. | Тумблер | МТ1-1 | 3 |
| 18. | Қыздыру шамы | А12 - 1.2 W2\*4,6d | 1 |

* 1. **Зертханалық сабақтардың мақсаты**

"Электротехниканың теориялық негіздері" курсының маңызды бөлігі зертханалық практикум болып табылады. Электротехниканың теориялық негіздерін білу үшін әртүрлі электр техникалық тапсырмаларды өз бетінше шешуді үйрену қажет. Бұл тапсырмаларды шешу аналитикалық немесе эксперименттік әдіспен алынуы мүмкін. Эксперименттік жолмен шешу әдістері зертханалық сабақтарда оқытылады.

Зертханалық сабақтар келесілерге мүмкіндік береді:

- түрлі электр техникалық құрылғылардың жұмысы туралы теориялық мәліметтерді практикада бекіту;

- ең маңызды электр техникалық құралдардың, аппараттар мен машиналардың құрылымы мен сипаттамаларымен толық танысу;

- берілген режимге электротехникалық құрылғыларды басқару мен баптаудың практикалық тәсілдерін меңгеруге көмектесу;

- электр шамаларын өлшеуді жүргізуде, әртүрлі өлшеу аспаптары мен аппараттарды пайдалануда, электр сұлбаларын оқуда, графиктер мен сипаттамаларды тұрғызуда практикалық дағдыларды алу;

- электр техникалық құрылғылардың физикалық үлгілері мен өнеркәсіптік үлгілеріне тәжірибелік зерттеу жүргізу техникасына үйрету;

- белгілі бір міндеттерді шешу үшін зерттелген электр техникалық құрылғылардың жұмысқтық қасиеттері мен жарамдылық дәрежесі туралы пайымдай білуді қалыптастыру.

* 1. **Зертханалық сабаққа дайындық**

Зертханалық сабақтарда ұсынылатын эксперименталды жұмыстар сабақ кестесіне сәйкес берілген уақытта, тек олардың әрқайсысына мұқият алдын ала дайындық жағдайында ғана табысты шешілуі мүмкін.

Студент, бірінші кезекте, тапсырманың мақсатын нақты анықтап, құрылғының мақсатын, оның электр сұлбаларындағы шартты белгілерін, жұмыс істеу принципін және негізгі сипаттамаларын нақты білуі керек.

Содан кейін, нұсқау материалдары бойынша зерттеу объектісінің, қоректендіру көздерінің және стендте қолданылатын түрлендіргіштер мен іске қосуды реттейтін аппараттардың негізгі параметрлерімен танысу қажет. Бұл мәліметтер өлшемдердің ықтималды өзгеру диапазонын және зерттеу объектісінің қажетті жұмыс режимін анықтау үшін қажет. Талап етілетін есептік қатынастар мен формулаларды оқу құралдарын зерделеу негізінде студент өзі дербес түрде тауып, жазып алуы қажет.

Өлшеу құралдарына ерекше назар аудару керек. Жұмыс тапсырмасының әрбір кезеңіне сәйкес зерттеу объектісінің элементтерінен және электр өлшеу аспаптарынан тұратын тізбектердің сұлбасын талдау қажет. Аспаптардың көрсеткіштерін жазуға арналған кестелерді дайындау ұсынылады.

Зертханалық жұмысты орындауға дайындалудың маңызды кезеңдерінің бірі-жұмыс тапсырмасын орындауға әдістемелік нұсқаулықтарды қолдана отырып, эксперимент жүргізу технологиясын зерттеу болып табылады.

Әдістемелік нұсқаулықта берілген бақылау сұрақтарына жауап дайындау, зертханалық жұмысты орындауға дайындық кезеңін аяқтайды.

* 1. **Эксперимент жүргізу**

Зертханалық зерттеу жүргізуге оқытушының рұқсатын алған соң, жұмыс орнында электр тізбектерін құрастыруға дереу кірісу керек. Жинақтау жұмысын едәуір жеңілдететін және тізбектерді жалғау кезінде көптеген қателіктерді жоюға мүмкіндік беретін келесі тәртіпті ұстану ұсынылады. Жалпы ереже тізбектің бірінші тізбектей жалғанған элементтері мен аспаптары бар учаскелерін жалғап, содан кейін зерттеу объектісінің және аспаптардың параллель тармақтарын қосу болып табылады.

Бұл әдіс тізбектің әрбір элементінің мақсатын бағалауға саналы түрде келуге мүмкіндік береді. Тізбекті құрастырумен бірге бір мезгілде тізбектің жұмыс сұлбасындағы өлшеу аспаптарын шартты белгілеріне сәйкес таңбалауды жүргізу қажет. Аспаптарды таңбалауды зертханалық зерттеуді орындайтын студент қағаз жапсырмалардың көмегімен орындауына болады. Жиналған тізбекте үлкен токтардың туындауын болдырмау үшін потенциометрлерді реттеу элементтерін шығыс кернеудің минимумына сәйкес келетін жағдайға орнату қажет.

Жиналған тізбекті міндетті түрде оқытушыға тексеру үшін көрсету керек. Тек қана оқытушының рұқсатымен қуат көзін қосуға және шамаларды өлшеудің берілген шектерінде тәжірибе жүргізу мүмкіндігіне көз жеткізу үшін тізбектің жұмысын алдын ала сынауға болады. Тізбек дұрыс жиналғанына сенімді болмай, өлшеуге кірісуге болмайды.

Егер тұрақты ток тізбегін сынау кезінде өлшеу құралының көрсеткіші шкаланың шегінен кері бағытта кетсе, тізбекті ажыратып, аспапқа жалғанған сымдарды ауыстырып қосу қажет.

Сипаттамаларды өлшеп алу кезінде, егер зертханалық эксперимент жөніндегі басшылықта ерекше нұсқаулар болмаса, сыналатын электр техникалық құрылғының токтары мен кернеулері номиналдық мәндерінен аспауы тиіс. Егер қандай да бір аспаптың көрсеткіші шкаладан тыс болса, тізбекті тез арада қорек көзінен ажыратып, оқытушыға немесе лаборантқа баяндау және эксперимент шарттарын өзгерту қажет (қуат кернеуін азайту, кедергінің өзгеру диапазонын және т. б. арттыру).

Тізбекті алдын ала байқап көргеннен кейін, айнымалы параметрдің өзгеру диапазонын тексергеннен немесе бағалағаннан кейін жекелеген манипуляциялар мен санаулардың кезектілігін белгілеп, содан кейін бақылауға кірісу қажет. Есептеулерді мүмкіндігінше барлық аспаптар бойынша бір мезгілде жүргізу ұсынылады. Бақылаулардың басталған сериясының үзілісін болдырмау керек және алынған бақылаулардың дұрыстығына күмән туындаған барлық жағдайларда оларды бірнеше рет қайталау қажет.

Барлық бастапқы бақылаулар мен есептемелердің нәтижелері сынақ хаттамасының кестесіне жазылады. Есептеу жазбасы өлшеу аспаптарының көрсеткіштеріне дәл сәйкестікте жүргізілуі тиіс. Бақылау хаттамалары өлшеуден қалған жалғыз құжаттық дәлелдеме болып табылады, сондықтан эксперименталды жұмыстың табысты болуы есептеу нәтижелерінің кестеде дәл және уақтылы бекітілуіне байланысты.

Зерттеудің бір кезеңінен екінші кезеңге көшкен кезде әрбір рет оқытушыға алынған нәтижелердің дұрыстығын тексеру үшін көрсету қажет, олар кесте немесе график түрінде ұсынылады.

Жұмыстың келесі кезеңіне оқытушы хаттамаға қол қойғаннан кейін ғана кірісуге рұқсат етіледі.

* 1. **Нәтижелерді өңдеу және есепті ресімдеу**

Әр студент өз бетінше осы тәжірибелерді өңдеп, әр атқарылған жұмыс бойынша есеп дайындау керек.

Есептің титулдық парағында оқу орнының, кафедраның атауы көрсетіледі. Жұмыстың нөмірі мен атауы, жұмысты орындаған студенттің аты-жөні, оның академиялық тобының нөмірі де көрсетіледі.

Есепте зерттеу объектісінің паспорттық деректері, зерттеу объектісі элементтерінің өлшеу аспаптарымен қосу сұлбалары, эксперимент нәтижелері жазылған кестелер, өңделген осциллограммалар, тәуелділік графиктері және векторлық диаграммалар болуы тиіс. Эксперимент жүргізілгеннен кейін зерттеу нәтижелеріне негізделген қорытындылар жасалуы тиіс.

Әрбір сұлба зерттелетін тәуелділікті бейнелейтін графикпен және өлшеу нәтижелері жазбаларының тиісті кестесімен сүйемелденуі тиіс. Кестеде зерттелетін шамалардың қандай бірліктерде өлшенгенін міндетті түрде көрсету қажет. Барлық кестелерді жүргізілетін тәжірибені сипаттайтын тақырыптармен атап қою қажет.

Өлшеу нәтижелері негізінде оларды түпкілікті өңдеу жүргізіледі. Өлшенген және есептелген шамалар қажетті кестенің тиісті бағандарына енгізіледі.

Сұлбалар мен кестелерді сызғыштың көмегімен қарындашпен сызу ұсынылады.

Шамалар арасындағы тәуелділік графиктеріне ерекше назар аудару қажет, себебі олар жұмыстың көрнекі нәтижесі, зертханалық жұмыста қойылған сұрақтарға графикалық жауап болып табылады.

Осьтер бойынша графиктерді құру кезінде шамалар мен олардың өлшем бірліктерінің стандартты әріптік белгілері келтіріледі. Графиктерді абсцисс осі бойымен құру кезінде таңдалған масштабта тәуелсіз айнымалыны кейінге қалдырады. Осы шаманың шартты әріптік белгілеуін осьтің астына қою ұсынылады, ал өлшем бірліктерінің атауын не олардың он еселенген немесе үлес бірліктерін - шаманы белгілегеннен кейін қою ұсынылады. Ординат осінің бойымен масштабты сандар осьтің сол жағына, шамалардың атауын немесе шартты белгілерін - осьтің сол жағына қояды және осы белгінің астында өлшем бірлігін көрсетеді. Егер бір координаттық осьтерде бір тәуелсіз айнымалы функциялардың бірнеше графиктерін салса, онда қосымша шкалаларды негізгіге параллель, және әрқайсысын өзінің ауқымымен жүргізу керек. Егер абсцисс және ординат осьтері бойынша шамалар сандық белгілері бар белгілі бір масштабта салынса, онда шамалардың сандық мәндерінің өсу бағытын көрсететін бағыттамаларды қоймаса да болады. Өлшем бірліктерінің атауы жақшасыз беріледі. Графиктерді сызған кезде кез келген өлшемнің кездейсоқ қателіктері бар екенін ескеру қажет (өлшенетін шаманың шынайы мәні белгісіз болып қалады, ал оның орнына ақиқатқа ең жақын деп танылған оның кейбір мәні қабылданады). Сондықтан қисықтарды барлық эксперименталды нүктелер арқылы жүргізбеу керек. Графикте эксперименталды нүктелер арасында өтетін тегіс үздіксіз қисықтарды жүргізу қажет. Кейбір нүктелердің бірқалыпты қисықтан ауытқуы "нүктелердің шашырауы" деп аталады. Заңды құбылыстарды бақылау кезінде шашырау шамасы мұқият жүргізілген экспериментті анықтайды.

Бір графикте бірнеше қисық болған жағдайда, тәжірибелік деректерге сәйкес келетін, әртүрлі қисықтарға жататын нүктелер шартты белгілермен (кресттермен, дөңгелектермен және т.б.) белгіленуі тиіс.

Кез келген жеткілікті дайындалған оқырман құрылған графикті қандай тәуелділік сипаттайтынын оңай түсінуі үшін, әрбір график қысқа мәтінмен міндетті түрде сипатталуы тиіс.

Есептің соңғы бетінде ресімдеу күнін көрсету және қол қою керек.

Есеп тұтастай алғанда, жүргізілген жұмыстың мазмұны мен нәтижелерін түсіну үшін қосымша ауызша түсіндірме талап етілмейтіндей етіп жасалуы тиіс. Осындай есептерді құру - болашақ инженерге жүргізілетін эксперименттік зерттеулер бойынша техникалық есептерді ресімдеудің алғашқы қадамы.

1. **ТҰРАҚТЫ ТОКТЫҢ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ. ҚЫСҚАША ТЕОРИЯЛЫҚ МӘЛІМЕТТЕР**

Электр жабдықтарының жұмысын бақылау әртүрлі электр өлшеу аспаптарының көмегімен жүзеге асырылады. Ең көп таралған электр өлшеу аспаптары тікелей есептеу аспаптары болып табылады. Есептеу құрылғысының түрі бойынша аналогтық (бағыттамалық) және сандық өлшеу аспаптары болып жіктеледі.

Бағыттамалық аспаптардың бет жағында аспаптың жіктемелік тобын анықтайтын шартты белгілер бейнеленген. Олар аспаптарды дұрыс таңдауға мүмкіндік береді және оларды пайдалану бойынша кейбір нұсқаулар береді.

Тұрақты ток тізбектерінде ток пен кернеуді өлшеу үшін негізінен магнитоэлектрлік жүйенің аспаптары қолданылады. Мұндай аспаптардың жұмыс істеу принципі тұрақты магниттің магнит өрісінің және катушкамен өтетін өлшенетін токтың өзара арақатынасына негізделген. Көрсеткіштің бұрылу бұрышы α өлшенетін токқа *І* тура пропорционал: α = *К І*. Магнитоэлектрлік аспаптардың шкаласы біркелкі.

Айнымалы және тұрақты ток тізбектерінде өлшеу үшін қолданылатын электромагниттік жүйенің өлшеу механизмдерінде айналмалы момент жылжымалы ферромагниттік якорьге аспаптың қозғалмайтын катушкасындағы өлшенетін токтың магниттік өрісінің әсерімен шартталған. Көрсетккіштің бұрылу бұрышы α мұнда ток квадратына пропорционал: α = *K I2*. Сондықтан электромагниттік аспаптар шкаласы әдетте біркелкі емес, бұл осы аспаптардың кемшілігі болып табылады. Шкаланың бастапқы бөлігі өлшеу үшін қолданылмайды.

Өлшеу аспабын практикалық пайдалану үшін оның өлшеу шегі (номиналды мәні) және аспаптың бөлік құнын (тұрақты) білу қажет. Өлшеу шегі - бұл осы құралмен өлшенетін электр шамасының ең үлкен мәні. Бұл мән әдетте құралдың бет жағында көрсетілген. Бір құралдың бірнеше өлшеу шегі болуы мүмкін. Аспаптың бөлік құны деп аспап шкаласының бір бөлінуіне сәйкес келетін өлшенетін шаманың мәні аталады. Аспаптың бөлік құны С Аном өлшеу шегінің шкаланың бөлу санына N қатынасы ретінде оңай анықталады: С =Аном/N.

Бағыттамалық аспаптың бет жағында аспаптың салыстырмалы қателігін γпр анықтайтын дәлдік тобы көрсетіледі. Аспаптың келтірілген салыстырмалы қателігі - бұл берілген аспаптың максималды абсолюттік қателігінің ∆А аспаптың номиналдық мәніне Аном (өлшеу шегі) арақатынасының пайызбен көрсетілген мәні: γпр = 100 ∆А /Аном%.

Аспаптың дәлдік тобын біле отырып, өлшеудің абсолюттік ∆А және салыстырмалы қателіктерін, сондай-ақ өлшенетін АД шаманың нақты мәнін анықтауға болады:

∆А = γпр Аном/100; γөлш = 100 ∆А/А; АД = A + ∆А.

Өлшеудің салыстырмалы қателігі аспаптың номиналды мәнімен салыстырғанда өлшенетін шама аз болған сайын соғұрлым көп деген қорытынды жасау қиын емес. Сондықтан бағыттамалық аспап шкаласының бастапқы бөлігін өлшеу кезінде пайдаланбаған жөн.

Өлшеудің әдістемелік қателігі аз болу үшін амперметрдің кедергісі жүктеме кедергісінен едәуір аз, ал вольтметрдің кедергісі зерттелетін учаскенің кедергісінен едәуір көп болуы қажет.

Электр тізбектерінде өлшеуді жүргізу кезінде тұрақты және айнымалы кернеуді, тұрақты және айнымалы токты, кедергіні өлшеуге, диодтар мен транзисторларды тексеруге мүмкіндік беретін құрама цифрлық өлшеу аспаптары — сандық мультиметрлер кең қолданысқа ие болды. Нақты өлшеуді жүргізу үшін ток түрін (тұрақты немесе айнымалы) есепке ала отырып, өлшенетін шаманың (ток, кернеу, кедергі) болжамды өлшеу шегін ауыстырып қосқышпен орнату қажет. Өлшеу нәтижесі сандық есептеу құрылғысында ондық сандарды оқуға ыңғайлы түрде көрсетіледі. Мультиметрлердің сандық есептеу құрылғыларында сұйық кристалды, газразрядты және жарықдиодты индикаторлар кең қолданысқа ие. Мұндай аспаптың алдыңғы панелінде функциялар мен диапазондардың қосқышы орналасады. Бұл қосқыш функцияларды және қажетті өлшеу шегін таңдау үшін, сондай-ақ (кейбір мультиметрлерде) аспапты өшіру үшін де қолданылады. Құрылғы қолданылмаса, батареяның қызмет ету мерзімін ұзарту үшін, қосқыш "OFF" күйінде болуы керек.

Сандық аспаптардың таңдау кезінде ескерілуі қажет негізгі техникалық сипаттамалары:

- өлшеу диапазоны (әдетте аспаптың бірнеше диапазоны болады);

- дискреттілік бірлігіне, яғни бір квант, келетін өлшенетін шаманың мәнін болып қабылданатын, рұқсат ету қабілеті;

- құралдың өлшеу ақпаратының көзінен энергияны өзіндік тұтынуын сипаттайтын кіріс кедергісі;

- өлшеу қателігі, әдетте ± (оқылатын деректердің % + кіші разряд бірліктерінің саны ) немесе ± (%of rdg + В) болып анықталады.

Мультиметрдің 9В батареялық қорегі бар, сондықтан аспапты қолданар алдында аспапты қосу арқылы электр қорегі батареясын тексеру қажет. Батарея разрядталса, дисплейде батареяның шартты бейнесі пайда болады. "Электротехника" стендінде қолданылатын мультиметрлер модульге орнатылған түзеткіш құрылғыдан қоректенеді. Аспаптарды пайдалану үшін қорек кабелін артқы жағынан 220 В айнымалы кернеу көзіне қосу қажет.

Өлшеуді жүргізер алдында шектерді ауыстырып қосқышты қажетті өлшем ауқымына орнату қажет. Аспаптың сұлбасының зақымдануын болдырмау үшін кіріс токтар мен кернеулер көрсетілген шамалардан аспауы тиіс. Егер өлшенетін токтың немесе кернеудің шегі алдын ала белгісіз болса, шектердің ауыстырып қосқышын максимумға орнату керек, содан кейін қажет болған жағдайда оны төменге ауыстыру керек. Дисплейде "OL" немесе "1" (қайта жүктеу) пайда болса, өлшеудің жоғарғы шегіне ауысу қажет.

Стендте қолданылатын мультиметрлер: MY67 или MS8221A[[1]](#footnote-1)\*. MY67 мультиметрі кернеу мен кедергілерді өлшеу диапазонын автоматты түрде таңдау режиміне ие. "UP" және "DOWN" кнопкалы қосқыштардың көмегімен өлшеу диапазонын қолмен орнатуға болады, ал "AUTO" кнопкасының көмегімен автоматты таңдау режиміне қайта оралуға болады. MS8221A мультиметрінде өлшеу диапазоны тек қолмен таңдалады.

Кернеуді өлшеу үшін бір сымды СОМ қосқышына, ал екіншісін "VΩ" қосқышына қосыңыз, функциялардың қосқышын "V=" немесе "V~" күйіне орнатыңыз, бұл тұрақты (DC) немесе айнымалы (АС) кернеуді өлшеу режимін білдіреді. Сым ұштарын өлшенетін кернеу көзіне қосыңыз. Тұрақты кернеуді өлшеу кезінде дисплейдегі кернеу полярлығы екінші сымдағы кернеу полярлығына сәйкес болады.

Кедергіні өлшеу үшін бір сымды "СОМ" қосқышына, екіншісі - "VΩ" қосқышына қосыңыз, функциялардың қосқышын "Ω" - ге орнатыңыз және сымдардың ұштарын өлшенетін кедергіге жалғаңыз. Тізбек ажыратылған кезде индикаторда "о.L" немесе "1" бейнеленетін болады. Сұлбадағы кедергілерді өлшеу алдында сұлбаның токтан ажыратылғанына және барлық конденсаторлардың разрядталғанына көз жеткізіңіз.

Қолданылатын мультиметрлердің кейбір сипаттамалары 1-кестеде көрсетілген.

Вольт амперлік сипаттамалары түзу сызықтар болып табылатын элементтерден тұратын электр тізбегі сызықты электр тізбегі деп аталады, ал мұндай тізбектің элементтері — сызықты элементтер.

Барлық элементтер арқылы бір ток өтетін электр тізбегінің қосылуы тізбекті жалғау деп аталады. Тұрақты ток тізбегінің Rэ эквивалентті кедергісі жеке учаскелердің кедергілерінің қосындысына тең:

Rэ = R1 + R2 +.....

Ом Заңына сәйкес жеке учаскенің кернеуі осы учаскенің кедергісіне пропорционалды: U1 = IR1; U2 = IR2.

1-кесте

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Өлшенетін шама | MY-67 | | MS 8221 A | |
| Өлшеу диапазоны | Өлшеу қателігі | Өлшеу диапазоны | Өлшеу қателігі |
| Тұрақты ток кернеуі | 1000 В | ±(0.8% of rdg +2D) | 200.0 мВ... 200.0В: 1000 В | ±(0.5% of rdg +2D): +(0.8% of rdg +2D) |
| Айнымалы ток кернеуі | 750 В | ±( 1,2% of rdg +3D) | 2,000 В... 200,0В; 750 В | ±(0.8% of rdg +3D); +(1.2% of rdg +3D) |
| Тұрақты ток | 400,0 мкА; 400,0 мА 10,00 А | ±(0,8% of rdg +2D) ±(1.2% of rdg +2D) ±(2.0% of rdg ±5D) | 200,0 мкА...  мА;  мА 10,00 А | ±(0.8% of rdg +1D); ±(1.2% of rdg +1D); ±(2.0% of rdg +5D) |
| Айнымалы ток | 400,0 мкА: 400,0 мА 10,00 А | ±(0,8% of rdg ±3D) ±(1.2% of rdg +3D) ±(3.0% of rdg +5D) | 200,0 мкА...  мА:  мА 10,00 А | ±(1.2% of rdg +3D); ±(2.0% of rdg +3D); ±(3.0% of rdg +7D) |
| Кедергі | 40,00 МОм | ±(1.2% of rdg +2D) | 20,00 МОм | ±( 1.0% of rdg +2D) |

Кирхгофтың екінші заңына сәйкес тізбектей жалғанған тізбектің кірісіндегі U кернеуі жеке учаскелердегі кернеу жиынтығына тең:

U=U1 + U2 +... .

Екі немесе бірнеше элементтерді параллель жалғағанда олардың кернеуі тең болады, өйткені бұл элементтердің шығыстары бір түйінге қосылған. Жеке элементтердегі токтар Ом заңы бойынша анықталады:

I1 = U / R1; I2 = U/R2 .

Кирхгофтың бірінші заңына сәйкес тізбектің тармақталмаған бөлігіндегі I ток барлық параллель тармақтардағы токтардың жиынтығына тең:

I = I1+ I2+ ....

Параллель қосылыстың өткізгіштігі жекелеген учаскелердің өткізгіштігінің сомасына тең:

1/Rэ =1/R1 + 1/R2... .

Кез келген электр тізбегін талдау Кирхгоф заңдарын тікелей қолдану әдісімен жүргізілуі мүмкін. Егер электр тізбегі параллель тармақтардан ғана тұрса, яғни екі түйіні бар болса (1-сурет), онда оны талдауды түйіндік кернеу әдісімен жүргізген жөн бұл әдіс аз еңбекті қажет етеді және күрделі теңдеулер жүйесін шешудің қажеті жоқ болады. Түйіндік кернеу әдісін қажет болған жағдайда кедергілер үшбұрышын баламалы жұлдызға түрлендіруді пайдалана отырып, тізбекті және параллель жалғанған резисторларды баламалы түрде ауыстыра отырып, күрделі электр сұлбасын оңайлатуға болатын жағдайларда да қолдану ұсынылады.



1–сурет.

Бұл әдісті қолдану екі кезеңнен тұрады. Бірінші кезеңде UАВ түйіндік кернеу шамасы анықталады:



мұндағы g1... g5 - тізбектің тиісті тармақтарының өткізгіштігі.

Осы қатынасты жазу кезінде UАВ  түйіндік кернеуінің оң бағыты қойылуы керек. "+" белгісімен а және b нүктелері арасындағы UАВ кернеуіне қарсы бағытталған ЭҚК алынады, және түйіндердің кернеуі UАВ -ға сәйкес бағытталады.

Түйіндік кернеу әдісімен электр тізбектерін талдау кезінде түйіндік кернеуді анықтағаннан кейін токтың оң бағыттарын таңдау ұсынылады. UАВ кернеу шамасын анықтағаннан кейін тармақтардағы токтардың мәнін Кирхгофтың екінші заңы бойынша табады. Бұл ретте әрбір контурдың құрамына ізделінетін тоғы бар тармақ және түйіндік кернеу қосылуы тиіс. Мысалы, бірінші тармақтағы токты анықтау үшін Кирхгофтың екінші заңы бойынша теңдеудің түрі келесідей болады:

Е1 = I1 (R01 + R1) + Uab.

Бұдан



Сызықты емес электр тізбегі деп сызықты емес элементтері бар электр тізбегін түсінеді (сызықты емес кедергі, сызықты емес индуктивтілік, сызықты емес сыйымдылықтар). Сызықты емес элемент деп параметрлері электр кернеуіне, электр зарядына, электр тогына немесе магнит ағынына байланысты болатын электр тізбегінің элементін айтады. Тұрақты ток тізбегінің орын басу сұлбасы тек сызықты емес резистивті элементтерден тұрады. Сызықты емес элементтер сызықтық емес вольтамперлік сипаттамаларға ие.

Сызықты емес элементтің негізгі сипаттамасы оның вольтамперлік сипаттамасы болып табылады *U=f (I)* (2-сурет), онда тұрақты токтың (кернеудің) әрбір мәніне тұрақты кернеудің (токтың) белгілі бір мәні сәйкес келетіндігі көрінеді.



2-сурет.

Сызықты емес элементтерде статикалық және динамикалық кедергі болады. Вольтамперлік сипаттама бойынша А нүктесінде сызықты емес элементтің статикалық кедергісі *Rст=U/I* және оның дифференциалды (динамикалық) кедергісі кернеудің шексіз шағын өсуінің *dU* токқа *dI* қатынасы ретінде *RД =dU/dI* анықталады. Динамикалық кедергі осы нүктедегі вольтамперлік сипаттамаға жанасып өтетін β көлбеу бұрышының тангенсіне пропорционалды болады. Сызықты емес элементтің вольтамперлік сипаттамасын эксперименталды алу үшін осы сызықты емес элемент тұрған тізбектегі тұрақты кернеу мен тұрақты токтың бірқатар мәндерін өлшеу қажет.

Тұрақты токтың сызықты емес тізбегінің математикалық моделі Кирхгоф теңдеулерінен және сызықты емес резистивті элементтердің сипаттамаларының теңдеулерінен тұрады. Модель сызықты емес болғандықтан, сызықтық алгебра әдістерімен шешуге келмейді. Сызықты емес тізбектерде Кирхгоф заңдары қолданылады, алайда түзету әдісіне (тізбек элементтері параметрлерінің тұрақтылығына) негізделген талдау әдістері жиі қолданылмайды. Мұндай тізбектерде сызықты емес элементтің кедергісі мен өткізгіштігі осы элементтегі токтың (кернеудің) лездік мәнінің сызықты емес функциясы болып табылады. Сәйкесінше, олар айнымалы шамалар болып табылады, сондықтан есептеу үшін аз жарамды.

Сызықты емес элементтердің сипаттамалары *U=f(I)* немесе *I=f(U)* әдетте эксперименттік әдістермен анықталатындықтан, және кесте немесе график түрінде берілетін болғандықтан, графикалық (графоаналитические) есептеу әдістері кең қолданыс тапты. Бұл ретте операциялардың реттілігі сызықты тізбектерді есептеу кезіндегі сияқты сақталады, тек Кирхгоф заңдарына сәйкес кернеулер мен токтарды қосу және азайту орнына сәйкес вольтамперлік сипаттамалардың абсциссалар немесе ординатын қосу немесе азайту жүргізіледі. Есептеу тізбектің эквивалентті вольтамперлік сипаттамасын құруға негізделеді. Кирхгоф заңына сәйкес элементтерді тізбектеп жалғау кезінде сипаттамалар токтың бірдей мәндерінде, параллель жалғану кезінде — кернеудің бірдей мәндерінде біріктіріледі.

**№ 1-1 ЖҰМЫС.**

**ЭЛЕКТР ӨЛШЕУ АСПАПТАРЫ ЖӘНЕ ӨЛШЕУЛЕР**

1. **Жұмыстың мақсаты**

Зертханалық жұмыста қолданылатын, стендте орындалатын электр өлшеу аспаптарын зерттеу. Өлшеу шегі мен бөлік құны, абсолюттік және салыстырмалы қателік, пайдалану шарттары және бағыттамалық электр өлшеу аспаптарының басқа да сипаттамалары туралы түсінік алу, сандық өлшеу аспаптарымен жұмыс істеу дағдыларын алу.

1. **Негізгі мағлұматтар**

Электр аппараттарын пайдаланғанда токты, кернеуді, кедергіні, қуатты, жиілікті, электр энергиясының шығымын өлшейміз, ол үшін әртүрлі электр өлшеуіш аспаптарын қолданады.

**Өлшеу** дегеніміз - арнайы техникалық құралдар көмегімен физикалық шамалардың мәнін анықтау.

**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 физикалың 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.

**Ток пен кернеуді өлшеу.**

Ток пен кернеуді өлшеу үшін әртүрлі жүйелі өлшеуіш аспаптар – амперметрлер мен вольтметрлер қолданылады.

**Амперметр** - тізбектегі токты өлшеуге арналған құрал. Токтың өлшем бірлігі- ампер (А). **Есте сақтаңыз, амперметрді параллель қосу қысқа тұйықталумен бірдей (амперметр істен шығады), өйткені оның ішкі (кіріс) кедергісі өте аз.** Тұрақты ток амперметрінің өлшеу шегін кеңейту үшін шунт пайдаланылады.

**Вольтметр** - электрлік тізбек телімінде кернеуді өлшеуге арналған құрал, кернеудің өлшем бірлігі- вольт (В). Тізбекке қосылған вольтметр өлшенетін кернеуге әсерін тигізбеуі керек, сондықтан қабылдағыштар кедергісіне параллель қосылған вольтметр кедергісі, қабылдағыштар кедергісінен үлкен болуы керек. Вольтметрдің өлшеу шегін кеңейту үшін қосымша кедергі пайдаланылады.

Кедергілерді өлшеу үшін амперметр 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 сұлбаға тізбектеп не параллель қосылады.

**Омметр** – ішкі кедергісі және қосымша кедергісі магнит-электрлік жүйедегі өлшеу аспабы болып табылады (Ом). Жұмыс кернеуі қосылмай тұрған желінің оқшауламасының кедергісін мегаомметрмен өлшейді. Оның бір қысқышын тексерілетін өткізгіш сымына қосады, ал екіншісін жерге қосады.

**Ваттметр**- қуатты өлшеуге арналған құрал, қуаттың өлшем бірлігі- ватт (Вт). Ваттметрде тізбекке бірізді жалғанған токтық катушка (катушка), және тізбекке параллель жалғанған кернеу катушкасы болады. 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. Сондықтан айнымалы ток қуатын өлшеу үшін арнаулы аспап – электрдинамикалық немесе ферродинамикалық жүйедегі ваттметр қолданылады.

1. **Жұмыстың орындалу тәртібі**
   1. Бағыттамалы электр өлшеу аспаптарының паспорттық сипаттамаларын зерттеу. Ол үшін бағыттамалы амперметрдің бет панелін мұқият қарап, 1-кестені толтыру қажет.

1-кесте

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Электр өлшеу құралының сипаттамасы | | | |
| Құралдың атауы |  |  |  |
| Өлшеу механизмінің жүйесі |  |  |  |
| Өлшеу шегі |  |  |  |
| Шкаланың бөлу саны |  |  |  |
| Бөлік құны |  |  |  |
| Өлшенетін шаманың ең аз мәні |  |  |  |
| Дәлдік тобы |  |  |  |
| Рұқсат етілген ең жоғары абсолюттік қателік |  |  |  |
| Тоқ түрі |  |  |  |
| Шкаланың қалыпты жағдайы |  |  |  |
| Басқа сипаттамалар |  |  |  |

3.2. Оқытушы көрсеткен аспап үшін өлшенетін шамадан өлшеудің салыстырмалы қателігінің тәуелділік графигін  құру. Шкаланың бастапқы және соңғы бөлігіндегі өлшеудің салыстырмалы қателігінің шамасы туралы, аспап шкаласының бойындағы қателіктің өзгеру сипаты туралы қорытынды жасау.

3.3. Мультиметрдің бет панелімен танысу және оның суретін салу.

3.4 Мультиметрді тұрақты кернеуді өлшеу үшін дайындау. Стендтің электр қорегін (QF қуат модулінің автоматты ажыратқышы) және SA1 тұрақты кернеу көзін қосу. Қоректендіру модулінің "+5 В", "+15 В" және "-15 В" қысқыштарындағы шығыс кернеулерінің жалпы қысқышқа қатысты мәнін өлшеу. Өлшеу нәтижелерін 2-кестеге енгізу. SA1 тұрақты кернеу көзін өшіру.

2-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Қысқышлар |  | +5 В | + 15 В |  | -15 В | А | В | С | А-В | В-С | С-А |
| Өлшенді |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

3.5. Мультиметрді айнымалы кернеуді өлшеу үшін дайындау. SA1 тұрақты кернеу көзін қосу, содан кейін SA2 үшфазалы қуат көзін қосу және мультиметр көмегімен "А", "В", "С", "A-В", "В-С", "С-А" қысқыштарындағы шығыс кернеулерінің мәнін өлшеу. Өлшеу нәтижелерін 2-кестеге енгізу. SA2 үш фазалы кернеу көзін және SA1 тұрақты кернеу көзін өшіру.

3.6. Мультиметрді резисторлардың кедергілерін өлшеу үшін дайындау. Оқытушы көрсеткен резисторлардың кедергілерінің мәнін өлшеу. Нәтижелерді 3-кестеге енгізу.

Стендтің электр қорегін өшіріңіз (QF қуат модулінің автоматты ажыратқышы).

3-кесте

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Резистор | R1 | R2 | R3 | R4 |
| Кедергінің номинал мәні, Ом |  |  |  |  |
| Өлшенген мәні, Ом |  |  |  |  |

1. **Есеп беру мазмұны**

Жұмыс есебі келесілерден тұру қажет:

а) жұмыстың атауы және жұмыстың мақсаты;

б) өлшеу аспаптарының техникалық деректері;

в) өлшеудің салыстырмалы қателігінің тәуелділік кестесі ;

г) өлшеу нәтижелері;

д) жұмыс бойынша қорытынды.

1. **Бақылау сұрақтары**
2. Магнитоэлектрлік және электромагниттік жүйелі өлшеуіш құралдардың құрылысын және жұмыс істеу принциптерін түсіндіріңіз.
3. Құралдардың өлшеу шегі және бөлік құны қалай анықталады?
4. Өлшеудің абсолютті және салыстырмалы қателігі дегеніміз не? Қалай анықталады? Мысал келтіріңіз.
5. Өлшеуіш құралдың дәлдік тобы нені сипаттайды және қалай анықталады?
6. Өлшеуіш құрал шкаласының қай бөлігіндегі өлшеулер дәлірек және неліктен?
7. Негізгі электр шамаларына не жатады және оларды өлшеу құралдарына сипаттама беріңіз
8. Сандық өлшеуіш құралдардың артықшылығы қандай? Жалпы жұмыс істеу принципін қысқаша түсіндіріңіз.
9. Негізгі электр өлшеуіш құралдардың жалғану сұлбасын келтіріп, оларға толық мағлұмат беріңіз.

**№ 1-2 ЖҰМЫС.**

**ТҰРАҚТЫ ТОКТЫҢ ҚАРАПАЙЫМ СЫЗЫҚТЫ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ**

1. **Жұмыстың мақсаты**

Қарапайым электр тізбектерін жинауды меңгеру. Токты және кернеуді өлшеуді үйрену, сызықты электр тізбектері үшін Ом және Кирхгоф заңдарының жүзеге асатынын тексеру.

Минимодульдер тізімі

|  |  |
| --- | --- |
| Минимодуль аталуы | Саны |
| Резистор 2 Вт 22 Ом | 1 |
| Резистор 2 Вт 68 Ом | 1 |
| Резистор 2 Вт 82 Ом | 1 |
| Резистор 2 Вт 100 Ом | 1 |

1. **Негізгі мағлұматтар**

**Электр тізбегі**  —  электр тогының өтуіне арналған элементтердің, құрылғының жиынтығы, ондағы жүріп жатқан электромагниттік процесстер ток күші мен кернеу ұғымдары арқылы сипатталады. Электр тізбектері тармақталмаған және тармақталған тізбектер деп бөлінеді. Тармақталмаған тізбектегі барлық элементтерде бірдей ток жүреді.

Тармақталған тізбектер бірнеше тармақ пен түйіннен тұрады. Әрбір тармақта өзінің тогы жүреді. Тармақты тізбекті байланысқан элементтерден және екі түйін арасындағы құралған тізбек учаскесі ретінде анықтауға болады. Онда бірдей ток жүреді.

Түйін дегеніміз үш тармақтан кем емес тізбектердің тоғысқан нүктесі. Егер электр сұлбасында  екі сымның қиылысу орнында нүкте қойылса, онда бұл орында екі сымның электрлік байланысуы бар, егер    нүкте болмаса электр байланысы жоқ деген сөз. Сызықты электр тізбегі дегеніміз – барлық компоненттері сызықты болатын тізбек. Сызықты компоненттерге тәуелді және тәуелсіз   идеалдандырылған ток пен кернеу көздері, (Ом заңына бағынатын) резисторлар, және басқа кез келген сызықты дифференциал теңдеумен сипатталатын компоненттер:  электр конденсаторлары мен индуктивтілік катушкасы жатады. Егер тізбекте жоғарыда аталып кеткен компоненттер жоқ болса онда бұл тізбек сызықты емес тізбек деп аталады.

Шартты белгілердің көмегімен электр тізбегін көрсетуді электр сұлбасы деп атайды.  Екі полюсті  компоненттен жүретін токтың кернеуге тәуелділік функциясын вольт-амперлік сипаттама  (ВАС/ ВАХ) деп атайды. ВАС-ны декарттық координатада графикалық тұрғыда көрсетеді. Абсцисса осінде кернеуді, ордина осінде токты көрсетеді.

Көбінесе Ом резисторларын ВАС сызықты функциямен сипаттайды және ВАС графигінде тік сызық болып шығатындықтан, сызықты функция деп атайды.

Сызықты тізбектерге тек қана ферромагнитті өзекшесі жоқ  резисторлар, конденсаторлар мен индуктивтілік катушкалары бар тізбектер жатады.

**Сызықты емес кедергінің** сызықты кедергіден айырмашылығы –олардың вольт-амперлік сипаттамасы сызықты емес болып келеді. **Сызықты емес кедергінің**  тобына қыздыру шамы, электр догасы, бареттер, газотрон, тириттік және вилиттік кедергілер, жартылай өткізгіштік түзеткіштер ( диодтар), транзисторлар, тиристорлар  және т.б. кіреді

**3. Жұмыстың орындалу тәртібі**

3.1. Зертханалық қондырғымен танысу (қорек көзі модулі, мультиметрлер модулі, жинақ тақтасы және резисторлар минимодулі). Резисторлары тізбектей жалғанған сызықты электр тізбегін жинаңыз (1-сурет). Токты өлшеу үшін бағыттамалық (стрелочный) амперметрлерді қолданыңыз. Кернеуді өлшеу үшін тұрақты кернеу режиміндегі мультиметрді қолданыңыз. Жұмысты бастамас бұрын электр тізбегінің дұрыс жиналғандыған оқытушыға тексертіңіз.



1-сурет.

3.2. Зертханалық қондырғыны кейін тұрақты кернеу көзін іске қосыңыз. Тізбектегі токты, тізбек кірісіндегі U сонымен қатар R1 және R2 кедергілердегі U1 және U2 кернеулерін өлшеңіз. Алынған нәтижелерді 1-кестеге енгізіңіз. Қондырғыны желіден ажыратыңыз *(мультиметрдің өлшеу аймағын ауыстырған кезде, жинақталған электр тізбегіне өзгерістер енгізетін кезде және жұмысты аяқтаған соң қондырғыны міндетті түрде желіден ажыратыңыз!)*.

* 1. Резисторлары параллель жалғанған электр тізбегін жинаңыз (2-сурет). PA1 амперметрі ретінде тұрақты токты өлшеу режиміндегі мультиметрді қолданыңыз, бұл кезде аспаптың өлшеу шегі 200 мА болуы керек. PV вольтметрі ретінде тұрақты кернеу режиміндегі мультиметрді қолданыңыз. Жұмысты бастамас бұрын электр тізбегінің дұрыс жиналғандаған оқытушыға тексертіңіз.



2-сурет.

* 1. Зертханалық қондырғыны кейін тұрақты кернеу көзін іске қосып тізбектің барлық бөлігіндегі кернеу мен токты өлшеңіз. Алынған нәтижелерді 1-кестеге енгізіңіз. Қондырғыны желіден ажыратыңыз.

1-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тізбектей жалғау | | | | | | Параллель жалғау | | | | |
| U, B | U1, B | U2, B | U=U1+U2, B | I1, мА | I2, мА | U, B | I1, мА | I2, мА | I3, мА | I1=I2+I3, мА |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

3.5. PA2 және PA3 тілді амперметрімен I2 және I3 токтарды өлшеу кезіндегі салыстырмалы қателікті есептеңіз. Алынған нәтижелерді 2-кестеге енгізіңіз.

3.6. Қуаттар балансының орын алатынын тексеріңіз.

3.7. Сызықты электр тізбектері үшін Ом және Кирхгоф заңдарының жүзеге асатынына көз жеткізіңіз.

2-кесте

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | PA2 | PA3 |
| Аспаптың өлшеу шегі, мА |  |  |
| Аспаптың дәлдік тобы, % |  |  |
| Токтың өлшенген мәні, мА |  |  |
| Өлшеудің салыстырмалы қателігі, % |  |  |

**4. Есеп беру мазмұны**

Жұмыс есебі келесілерден тұру қажет:

1. Жұмыс атауы мен мақсаты
2. Эксперименттер жүргізілген электр тізбектері және алынған нәтижелер енгізілген кестелер
3. Есептеулер нәтижелері
4. Жұмыс бойынша қорытынды

**5.Бақылау сұрақтары**

1. Электр тізбегіндегі «сызықты элемент» дегеніміз не? Мысалдар келтіріңіз.
2. Ток күші, кернеу, қуат және кедергінің өлшем бірліктері қандай?
3. Амперметр мен вольтметр көрсеткіштері арқылы тұрақты токты электр тізбегінің бөлігіндегі кедергіні және олар қолданатын қуатты қалай анықтауға болады?
4. Кіші және үлкен кедергілерді амперметр және вольтметрмен өлшеу әдісінің электр тізбегін сызып, мәнісін түсіндіріңіз.
5. Тізбектей жалғанған резисторлардың эквивалентті кедергісінің мәнін қалай анықтауға болады?
6. Параллель жалғанған резисторлардың эквивалентті кедергісінің мәнін қалай анықтауға болады?
7. Зерттелініп отырған электр тізбегі үшін Киргоф заңын қолданып теңдеулер жүйесін құрыңыз.
8. Тұрақты токты тізбектегі қуаттар балансының мәнісі неде?

**1-3 ЖҰМЫС.**

**ТҰРАҚТЫ ТОКТЫҢ ТАРМАҚТАЛҒАН СЫЗЫҚТЫ ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІ**

1. **Жұмыстың мақсаты**

Электр тізбектерін жинауды, электр тізбегі бөлігіндегі ток пен кернеуді өлшеуді меңгеру; тармақталған сызықты электр тізбегінде Кирхгоф заңдарының жүзеге асатынын тексеру; Кирхгоф заңдарын графикалық түрде қолданып үйрену.

Минимодульдер тізімі

|  |  |
| --- | --- |
| Минимодуль аталуы | Саны |
| Резистор 2 Вт 22 Ом | 1 |
| Резистор 2 Вт 47 Ом | 1 |
| Резистор 2 Вт 82 Ом | 1 |
| Потенциометр ППБ-3А-150 Ом | 1 |

1. **Негізгі мағлұматтар**

Уақыт ішінде өзгермейтін электр қозғаушы күштер (ЭҚК), токтар, кернеулер **тұрақты** деп аталады. Осы шамалардың графиктері 1 суретте келтірілген.

e(t) = E

e, u, i

u(t) = U

i(t) = I

E

I

U

t

1 -сурет. Тұрақты электр шамалары

Тұрақты ЭҚК өндіретін ол тұрақты тоқтың генераторлары, электр энергиясының химиялық көздері (аккумуляторлар, құрғақ элементтер, термопаралар, фотоэлементтер) және түзеткіштер-айнымалы токты тұрақты тоққа түрлендіргіштері.

**Электр тізбегі** деп электрлік үрдістері электр қозғаушы күш (ЭҚК), ток және кернеу ұғымдарымен түсіндірілетін, электр тогы жүретін жол түзетін қондырғылар мен құрылғылардың жиынтығын айтады. Электр тізбегі үлкен үш бөліктен тұрады: электр энергиясы көздерінен, электр энергиясын тасымалдайтын, тарататын және оны басқаратын қондырғылар мен құрылғылардан және электр қабылдағыштардан.

**Электр энергиясының көзі** деп басқа бір энергияны электр энергиясына түрлендіруге арналған қондырғыны немесе аспапты айтады. Мысалы, аккумулятор, электр генераторы (машина), термоэлектр генераторы, фотоэлемент, т.б. Электр энергиясын тасымалдайтын, тарататын құрылғылар мен қондырғыларға және басқаратын аспаптарға электр желілері, трансформаторлар, ажыратқыштар, сақтандырғыштар, релелер т.с.с. жатады.

**Электрлік қабылдағыш** деп, әдетте, электр энергиясын басқа энергияға түрлендіруге арналған қондырғыны, құрылғыны немесе аспапты айтады. Мысалы, электрлік қозғалтқыштарда электр энергиясы негізінен механикалық энергияға түрленсе, электролиз астауларында химиялық реакцияның энергиясына түрленеді.

1. **Жұмыстың орындалу тәртібі**

3.1. Зертханалық қондырғымен танысу (қорек көзі модулі, мультиметрлер модулі, жинақ тақтасы және резисторлар минимодулі).

3.2. Резисторлары аралас (тізбектей және параллель) жалғанған сызықты тізбек құру. PA1 амперметрі ретінде тұрақты ток өлшеу режиміндегі мультиметрді қолданыңыз, бұл кезде аспаптың өлшеу шегі 200 мА болуы керек. PV вольтметрі ретінде тұрақты кернеу режиміндегі мультиметрді қолданыңыз. Жұмысты бастамас бұрын электр тізбегінің дұрыс жиналғандаған оқытушыға тексертіңіз.



1-сурет

3.3.Зертханалық қондырғыны, кейін кернеу көзін іске қосыңыз. RP1 потенциометрі көмегімен кіріс кернеуін баяу өзгерте отырып үш түрлі кіріс кернеуі кезінде тізбектің барлық бөлігіндегі ток пен кернеудің мәндерін өлшеп, алынған нәтижелерді 1-кестеге енгізіңіз. Қондырғыны желіден ажыратыңыз *(мультиметрдің өлшеу аймағын ауыстырған кезде, жинақталған электр тізбегіне өзгерістер енгізетін кезде және жұмысты аяқтаған соң қондырғыны міндетті түрде желіден ажыратыңыз!)*.

1-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| U, B | U1, B | U23, B | U=U1+U23, B | I1, мА | I2, мА | I3, мА | I1=I2+I3, мА |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

3.4. Өлшеу нәтижелері бойынша зерттелініп отырған тізбектің барлық бөлігі үшін кедергілерін және толық тізбек үшін эквивалентті кедергіні есептеп, есептеу нәтижелерін 2-кестеге енгізіңіз.

2-кесте

|  |  |
| --- | --- |
| Резистор | Есептелді |
| R1, Ом |  |
| R2, Ом |  |
| R3, Ом |  |
| Rэкв, Ом |  |

3.5 Өлшеу нәтижелері бойынша бір координата жүйесінде R1, R2, R3 резисторларының вольтамперлік сипаттамаларын тұрғызыңыз. Сол графиктерді қолдана отырып толық тізбек үшін вольтамперлік сипаттама тұрғызыңыз және сол бойынша Rэкв тізбектің эквивалентті кедергісін анықтаңыз. Осы жерде тізбектің эксперименттік вольтамперлік сипаттамасын тұрғызып, оны толық тізбектің вольтамперлік сипаттамасымен салыстырыңыз. Алынған нәтижелер бойынша Кирхгоф заңының графикалық қолданылуына қорытынды жасаңыз.

1. **Есеп беру мазмұны**

Жұмыс есебі келесілерді қамтуы қажет:

1. Жұмыс атауы мен мақсаты
2. Эксперименттер жүргізілген электр тізбектері және алынған нәтижелер енгізілген кестелер
3. Есептеулер нәтижелері
4. Жұмыс бойынша қорытындысы
5. **Бақылау сұрақтары**
6. Амперметр мен вольтметр көрсеткіштері арқылы тұрақты токты электр тізбегінің бөлігіндегі кедергіні және олар қолданатын қуатты қалай анықтауға болады?
7. Кіші және үлкен кедергілерді амперметр және вольтметрмен өлшеу әдісінің электр тізбегін сызып, мәнісін түсіндіріңіз.
8. Зерттелініп отырған электр тізбегі үшін эквивалентті кедергінің мәнін қалай анықтайды?
9. Зерттелініп отырған электр тізбегі үшін Кирхгоф заңдарын қолданып теңдеулер жүйесін құрыңыз.
10. Вольтамперлік сипаттама бойынша тізбектің кедергісін қалай анықтайды?
11. Кирхгоф заңдары үшін таңбалар ережелерін түсіндіріп, оны зертханалық жұмыста қолдануына тоқталыңыз.

**1-4 ЖҰМЫС.**

**ЕКІ ҚӨРЕК КӨЗ БАР ТҰРАҚТЫ ТОКТЫҢ ЭЛЕКТРЛІК ТІЗБЕГІ**

1. **Жұмыстың мақсаты**

Екі қөрек көзі бар сызықты электрлік тізбектің аналитикалық есептеу нәтижелерін экспериментте тексеру.

Минимодульдер тізімі

|  |  |
| --- | --- |
| Минимодуль аталуы | Саны |
| МТ1 тумблері | 2 |
| Резистор 2 Вт 10 Ом | 1 |
| Резистор 2 Вт 47 Ом | 1 |
| Резистор 2 Вт 150 Ом | 1 |

1. **Негізгі мағлұматтар**

Тұрақты токтың электр тізбектерін есептеудің барлық қазіргі жаңа әдістері Ом және Кирхгоф заңдарына негізделген.

Ом заңы қабылдағыштың (жүктеменің) r кедергісіндегі I тогы мен U кернеуі арасындағы байланысты орнатады:

I = U / r

**Кирхгофтың бірінші заңы.**Түйінге бағытталған токтың қосындысы түйіннен бағытталған токтың қосындысына тең, немесе тізбектегі токтың алгебралық қосындысы нольге тең:

https://studfile.net/html/2706/940/html_GGUcOYsPfm.43Ik/img-7421bM.png

мұндағы *I*1,*I*3, …, *In* – түйінге бағытталған ток; *I*2,*I*4, …*Ik* – түйіннен бағытталған ток немесе

https://studfile.net/html/2706/940/html_GGUcOYsPfm.43Ik/img-ANb_gM.png

«+» таңбасымен түйінге бағытталған ток белгіленеді, « - » таңбасымен түйіннен бағытталған ток белгіленеді.

**Кирхгофтың екінші заңы.**электр тізбегінің тұйықталған кескінінде ЭҚК-нің алгебралық қосындысы сол кескіндегі кернеудің түсуінің алгебралық қосындысына тең:

https://studfile.net/html/2706/940/html_GGUcOYsPfm.43Ik/img-KdcztO.png

Теңдеу құрастырған кезде егер ЭҚК бағыты контурда белгіленген бағытпен бірдей болса бұл заң бойынша ЭҚК таңбасын «+» белгілейді. Егер резистор арқылы өтетін токтың бағыты контурда белгіленген бағытпен бірдей болса оның таңбасын «+» деп белгілейді.

1. **Жұмыстың орындалу тәртібі**

3.1 1-суретте көрсетілген электр тізбегін жинаңыз. Екі шеткі тармақтағы токтарды өлшеу үшін тілді (стрелочный) амперметрлерді, ортаңғы тармақтағы токты өлшеу үшін мультиметрді (200 мА) қолданыңыз. Кернеуді өлшеу үшін тұрақты кернеу режиміндегі мультиметрді қолданыңыз. Е1 және Е2 қорек көзі ретінде +5В және +15В тұрақты кернеулері пайдаланылады. Жұмысты бастамас бұрын электр тізбегінің дұрыс жиналғандыған оқытушыға тексертіңіз.

3.2 Зертханалық қондырғыны кейін тұрақты кернеу көзін іске қосыңыз және SA1 мен SA2 кілттерінің ажыратылған жағдайында Е1 және Е2 қөрек көздерінің ЭҚК өлшеп нәтижелерін 1-кестеге енгізіңіз.

* 1. SA1 және SA2 кілттерін тұйықтап, І1, І2, І3 токтарын өлшеңіз. Өлшеу нәтижелерін 1-кестеге енгізіңіз.

1-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Е1, В | Е2, В | I1, мА | I2, мА | I3, мА | , В | , В | , В |
|  |  |  |  |  |  |  |  |



1-сурет.

* 1. «а» нүктесіндегі потенциал 0-ге тең деп есептеп (), тұрақты кернеуді өлшеу режиміндегі мультиметрмен «b», «c» және «d» нүктелеріндегі потенциалды өлшеп нәтижелерді 1-кестеге енгізіңіз. Қондырғыны желіден ажыратыңыз.
  2. Өлшеу нәтижелері бойынша келесілерді есептеңіз:

1. SA1 және SA2 кілттерінің тұйық жағдайындағы электрлік қөрек көзіндегі U1 және U2 кернеулерін;
2. Электрлік қөрек көзінің ішкі кедергілерін R01, R02;
3. Тармақтардағы R1, R2, R3 кедергілерді (өлшеуіш аспаптардың ішкі кедергілерін ескере отырып).

Есептеу нәтижелерін 2-кестеге енгізіңіз.

2-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| U1, B | U2, B | Uса, B | R01, Ом | R02, Ом | R1, Ом | R2, Ом | R3, Ом | I1, мА | I2, мА | I3, мА |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

* 1. Түйіндік кернеу әдісін қолданып Uса түйіндік кернеуін және І1, І2, І3 токтарын есептеңіз. Есептеу нәтижелерін 2-кестеге енгізіңіз. Есептелген нәтижелерді эксперименттік нәтижелермен салыстырыңыз.
  2. Сыртқы контур үшін потенциалдық диаграмманы тұрғызыңыз.
  3. U1=f(I1) және U2=f(I2) қөрек көздерінің сыртқы сипаттамасын тұрғызыңыз.

1. **. Есеп беру мазмұны**

Жұмыс есебі келесілерді қамтуы қажет:

1. Жұмыс атауы мен мақсаты
2. Эксперименттер жүргізілген электр тізбектері және алынған нәтижелер енгізілген кестелер
3. Есептеулер нәтижелері
4. Жұмыс бойынша қорытынды
5. **. Бақылау сұрақтары**
6. Зерттелініп отырған тізбекті талдау үшін қандай тұрақты токты тізбектерді талдау әдістері қолданылады?
7. Зерттелініп отырған тізбек үшін Кирхгоф заңдары бойынша қанша теңдеу құру қажет? Олардың қаншауын Кирхгофтың екінші заңымен жазу керек?
8. Зерттелініп отырған тізбек үшін Кирхгоф заңдары бойынша қажетті теңдеулерді жазыңыз.
9. Қандай жағдайларда түйіндік кернеу әдісін қолданған жөн?
10. Түйіндік кернеу әдісінің негізгі артықшылығын атаңыз.
11. Зерттелініп отырған тізбектегі түйіндік кернеу мәні үшін қатынасты жазыңыз.
12. Зерттелініп отырған тізбекте түйіндік кернеу әдісін қолданған уақытта тармақ токтарын қалай анықтаймыз? Қатынастарды жазыңыз.
13. Қөрек көзінің «сыртқы сипаттамасы» дегеніміз не? Сыртқы сипаттама теңдеуін жазыңыз.
14. «Потенциалдық диаграмма» дегеніміз не?

**1-5 ЖҰМЫС.**

**ЭЛЕМЕНТТЕРІ ТІЗБЕКТЕЙ ЖАЛҒАНҒАН ТҰРАҚТЫ ТОКТЫҢ СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІ**

1. **Жұмыстың мақсаты**

Сызықты және сызықты емес резистивті элементтердің вольтамперлік сипаттамаларын (ВАС) экспериментте алу, тұрақты токтың тармақталмаған сызықты емес электр тізбегіне графикалық әдіспен есептеулер мен талдаулар жасау және осы нәтижелерді экспериментте зерттеу.

Экспериментке қажетті минимодульдер тізімі

|  |  |
| --- | --- |
| Минимодуль аталуы | Саны |
| Потенциометр 150 Ом | 1 |
| Қыл сымды шам А12 | 1 |
| Резистор 2 Вт 120 Ом | 1 |

1. **Негізгі мағлұматтар**

Кедергі-ол идеалдандырылған пассивті элемент, онда электр энергиясы қайтарымсыз энергияның басқа түрлеріне түрленеді, мысалы, жылу, механикалық немесе жарық энергияларына. Кедергіде электр немесе магнит өрістерінің энергиясы жинақталмайды.

Егер кедергінің мәні қайбір шамалардан, немесе ток пен кернеудің бағыттарынан тәуелсіз болса, сонда кедергі-элементі сызықты деп есептеледі. Кері жағдайда-ол сызықты емес деп есептеледі.

Сызықты емес тізбектердің электр жағдайы Кирхгоф заңдарының негізінде сипатталады, олар жалпы сипатқа ие. Бұл ретте сызықты емес тізбектер үшін беттестіру принципі қолданылмайды. Осыған байланысты Кирхгоф заңдары мен беттестіру принципі негізінде сызықты сұлбалар үшін әзірленген есептеу әдістері жалпы жағдайда сызықты емес тізбектерге қолданылмайды.

Сызықты емес тізбектерді есептеудің жалпы әдістері жоқ. Белгілі әдістер мен тәсілдердің әртүрлі мүмкіндіктері мен қолданылу салалары бар. Жалпы жағдайда сызықты емес тізбекті талдау кезінде оның сызықты емес теңдеулердің сипаттаушы жүйесі келесі әдістермен шешілуі мүмкін:

графикалық;

аналитикалық;

графика-аналитикалық;

Сызықты кедергінің шартты графикалық белгіленуі және оның вольт-амперлік сипаттамасы 1.а суретінде келтірілген. Сызықты емес кедергінің шартты графикалық белгіленуі және оның вольт-амперлік сипаттамасы 1.б суретінде келтірілген. Кернеу мен токтың шартты оң бағыттары бағыттамалармен көрсетілген.

б.

**ur**

**ir**

а.

**ur**

**ir**

**r**

**ir**

**ur**

**ur**

**r**

**ir**

1 – сурет. ССсссССызық

Сызықты және сызықты емес кедергілер

1. **Жұмысты орындау тәртібі**

3.1 2-суретте көрсетілген электр тізбегін жинаңыз. Жұмысты бастамас бұрын электр тізбегінің дұрыс жиналғандыған оқытушыға тексертіңіз.

|  |
| --- |
|  |
| 2-сурет |

3.2 Қыл сымды шамның, резистордың және бүкіл тізбектің ВАС-ын алыңыз. Ол үшін потенциометр тұтқасын шеткі сол жағына орналастырып, құрылғыны (стендті) қорек көзіне қосыңыз. Потенциометрді оң бағытта жылжыта (бұрай) отырып токтың әр 10 мА мәнінде көрсетілген тізбек бөліктеріндегі кернеу мәндерін бірінші кестеге енгізіңіз. Қондырғыны желіден ажыратыңыз. Барлық ВАС қисықтарын бір координаттық жүйеге салыңыз.

1-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I, A | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| U, B | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| UжВ | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| В | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

3.3 Зерттеліп отырған электр тізбегі үшін Кирхгофтың екінші теңдеуін алыңыз. Қыл сымды шам мен резистордың эксперименттік ВАС мәндерін қолдана отырып, сол координаттық жүйеде тізбектің есептелінген ВАС қисығын салыңыз және оны эксперименттік ВАС-пен салыстырыңыз.

3.4 Кіріс кернеуінің қандай-да бір мәні үшін тізбектегі ток пен оның бөліктеріндегі кернеулерге графикалық есептеу жүргізіңіз, нәтижелерін 2-кестеге енгізіңіз.

2-кесте

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | U, B | В | В | I, A |
| Есептеу |  |  |  |  |
| Эксперимент |  |  |  |  |

3.5 Осы есептеу нәтижелерін тексеру үшін қондырғыны қосып, есептеуде қолданылған кіріс кернеуінің мәнін орнатып тізбектегі ток пен оның бөліктеріндегі кернеулерді өлшеңіз, алынған нәтижелерді 2-кестеге енгізіңіз.

3.6 Қондырғыны желіден ажыратып, қолданылған минимодульдер мен жалғауыш сымдарды жинап қойыңыз.

3.7 Тұрақты токтың сызықты емес тізбегін зерттеудегі Кирхгоф заңының маңыздылығын көрсетіп қорытынды жасаңыз.

3.8 Қыл сымды шамның статикалық және дифференциалдық кедергілерін есептеп табыңыз.

1. **Есеп беру мазмұны**

Жұмыс есебі келесілерді қамтуы қажет:

1. Жұмыс атауы мен мақсаты
2. Эксперименттер жүргізілген электр тізбектері және алынған нәтижелер енгізілген кестелер
3. Есептеулер нәтижелері
4. Жұмыс бойынша қорытынды

**5. Бақылау сұрақтары**

1. Электр тізбегіндегі «сызықты емес» элемент дегеніміз не? Мысал келтіріңіз және олардың ВАС-ын сызып, шығу жолын түсіндіріп беріңіз.
2. Неліктен сызықты емес электр тізбегіне талдау жасауда графикалық әдіс қолайлы?
3. Сызықты емес тізбектер үшін Кирхгоф заңдары әділетті ме?
4. Тізбектей жалғанған сызықты емес элементтердің вольтамперлік сипаттамасын қалай құруға болады?
5. Параллель жалғанған сызықты емес элементтердің вольтамперлік сипаттамасын қалай құруға болады?
6. Сызықты емес элементтің статикалық кедергісі қалай анықталады? Ол ВАС қисығының барлық бөлігі үшін өзгеріссіз қала ма?
7. Сызықты емес элементтің динамикалық кедергісі қалай анықталады? Ол ВАС қисығының барлық бөлігі үшін өзгеріссіз қала ма?

**1-6 ЖҰМЫС.**

**ТҰРАҚТЫ ТОКТЫҢ ТАРМАҚТАЛҒАН СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ТІЗБЕГІ**

1. **Жұмыстың мақсаты**

Сызықты емес резистивті элементтердің вольтамперлік сипаттамаларын эксперименталды жолмен алу, тұрақты токтың тармақталған сызықты емес электр тізбегін графикалық есептеу және есептеу нәтижелерін эксперименталды тексеру.

Минимодульдер тізімі

|  |  |
| --- | --- |
| Минимодуль атауы | Саны |
| Потенциометр ППБ-ЗА-150 Ом | 1 |
| Сызықты емес элемент | 1 |
| Қыздыру шамы А12 - 1.2 W2\*4,6d | 1 |
| Резистор 2 Вт 120 Ом | 1 |

1. **Жұмыстың орындалу тәртібі**

2.1. Зертханалық қондырғымен танысу (қоректендіру модулі, мультиметр модулі, минимодульдер жинағы).

2.2. Тізбек элементтерінің вольтамперлік сипаттамаларын алу үшін электр тізбегін жинау (1-сурет) және оны оқытушыға тексеру үшін көрсету. Тұрақты кернеудің реттелетін көзі ретінде RP1 потенциометрінің минимодулін пайдалану керек. Амперметр ретінде өлшеу шегі 100 мА болатын магнитоэлектрлік жүйенің бағыттамалық миллиамперметрін қолдану қажет. Вольтметр ретінде тұрақты кернеуді өлшеу режиміндегі мультиметрді қолдану керек.

*R1 сызықты емес элементтегі кернеудің полярлығына назар аударыңыз.*

Оқытушыға тексеру үшін сұлбаны көрсету.



1-сурет

* 1. R1 сызықты емес элементінің вольтамперлік сипаттамасын алу. Ол үшін RP1 потенциометрінің тұтқасын шеткі сол жаққа орнату. Қуат беру модулін (QF ажыратқышы) және SA1 тұрақты кернеу көзін қосу. RP1 потенциометрінің шығыс кернеуін бір қалыпты арттыра отырып, ток 0-ден 80...100 мА-ге дейін өзгерген кезде қажетті өлшеулерді жүргізу. Өлшеу нәтижелерін 1-кестеге енгізу. SA1 тұрақты кернеу көзін өшіру. Сызықты емес элементтің вольтамперлік сипаттамасын құру.

1-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| U, В | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| I, А | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

* 1. Қыздыру шамының және резистордың вольтамперлік сипаттамаларын алу. Ол үшін қыздыру шамы HL және R1 резисторы тізбекті қосылған тізбекті жинау қажет (2-сурет). Оқытушыға тексеру үшін сызбаны көрсету.



2-сурет

RP1 потенциометрінің тұтқасын соңғы сол жаққа орнату. SA1 тұрақты кернеу көзін қосу. RP1 потенциометрінің шығыс кернеуін баяу арттыра отырып, тізбек кірісінде U кернеуін, қыздыру шамындағы кернеуді UL және резистордағы кернеуді UR, сондай-ақ I токты өлшеу қажет. Өлшеу нәтижелерін 2-кестеге енгізу. SA1 тұрақты кернеу көзін өшіру. Тізбектің, HL қыздыру шамының R1 резисторының вольтамперлік сипаттамаларын салу.

2-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I, А | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| U, В | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| UL, В | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| UR, В | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

* 1. Элементтері аралас жалғанған тізбектің вольтамперлік сипаттамасын алу. Ол үшін 3-сурет бойынша электр тізбегін жинап, және оны оқытушыға тексеру үшін ұсыну қажет.



3-сурет

Стендтің электр қорегін қосу және бүкіл тізбектің вольтамперлік сипаттамасын алу Uэксп = f(I). RP1 потенциометрінің тұтқасын шеткі сол жаққа орнату. SA1 тұрақты кернеу көзін қосу. RP1 потенциометрінің щығыс кернеуін бірқалыпты арттыра отырып, тізбектің кірісіндегі кернеуді және қуат көзінен тұтынылатын токты I өлшеу. Өлшеу нәтижелерін 3 кестеге енгізу. SA1 тұрақты кернеу көзін өшіру.

3-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| U, В | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| I, А | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

* 1. Зерттелетін тізбек үшін Кирхгоф заңдарының теңдеулерін жазу. Эксперименттік нәтижелерді қолдана отырып Uесептік=f (I) бүкіл тізбектің вольтамперлік сипаттамасын салу. Дәл осында тізбектің Uэксп=f(I) эксперименталды вольтамперлік сипаттамасын салу және оларды салыстыру.
  2. Оқытушы көрсеткен кіріс кернеуінің мәні үшін 3-сурет бойынша тізбектің жекелеген учаскелеріндегі тармақтардың токтары мен кернеулерінің графикалық есебін орындау қажет. Есептеу нәтижелерін 4-кестеге енгізу.

4-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | U, В | U1, В | U23.B | I1, А | I2, А |  | Iз, А |
| Есептелу |  |  |  |  |  |  |  |
| Эксперимент |  |  |  |  |  |  |  |

* 1. Сызықты емес тізбектің есебін тексеру үшін 4-сурет бойынша электр тізбегін жинап, оны оқытушыға тексеру үшін ұсыну. Сұлбаны тексергеннен кейін тұрақты кернеу көзін қосып, кіріс кернеуінің берілген мәнін U орнату. I1, I2 және I3 токтарын өлшеу, сондай-ақ тізбектің жекелеген учаскелеріндегі U1 және U23 кернеулерін өлшеу. Нәтижелерді 4-кестеге енгізу. Тұрақты кернеу көзін өшіру.
  2. Тұрақты токтың бейсызық тізбегінде Кирхгоф заңдарын қолдану ерекшеліктері туралы қорытынды жасау.

2.10. Оқытушының нұсқауы бойынша сызықты емес элементтің статикалық және дифференциалды кедергісін есептеу.



4-сурет

1. **Есеп беру мазмұны**

Жұмыс есебі келесілерді қамтуы қажет:

а) жұмыстың атауы мен мақсаты;

б) эксперимент сұлбалары және өлшеу нәтижелері бар кестелер;

в) есептік және эксперименталды вольтамперлік сипаттамалар;

г) эксперименталды деректермен есептеу нәтижелерін салыстыру;

д) қорытынды.

1. **Бақылау сұрақтары**

1. Электр тізбегіндегі "сызықты емес элемент" дегеніміз не?

2. Электр тізбектерінің сызықты емес элементтеріне және олардың амперлік сипаттамаларына мысал келтіріңіз

3. Неге сызықты емес тізбек үшін талдаудың графикалық тәсілі қолайлы?

4. Сызықты емес тізбектер үшін Кирхгоф заңдары әділетті ме?

5. Тізбектей жалғанған сызықты емес элементтердің вольтамперлік сипаттамасын қалай құруға болады?

6. Параллель жалғанған сызықты емес элементтердің вольтамперлік сипаттамасын қалай құруға болады?

7. Сызықты емес элементтің статикалық кедергісі қалай анықталады? Ол сызықты емес элементтің вольтамперлік сипаттамасының әртүрлі нүктелері үшін бірдей бола ма?

8. Сызықты емес элементтің динамикалық кедергісі қалай анықталады? Ол сызықты емес элементтің вольтамперлік сипаттамасының әртүрлі нүктелері үшін бірдей бола ма?

**2.2. АЙНЫМАЛЫ ТОКТЫҢ ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІ. ҚЫСҚАША ТЕОРИЯЛЫҚ АҚПАРАТ**

Айнымалы ток тізбектерін есептеу кезінде, тұрақты ток тізбектеріне қарағанда, бір емес, үш қарапайым пассивті элементті ескеру қажет: резистивті, индуктивті және сыйымдылық, олар сәйкесінше келесі параметрлермен сипатталады: R активті кедергімен, индуктивтілікпен L (индуктивті кедергісі XL = ɷL) және сыйымдылықпен С (сыйымдылық кедергісі ХС = 1/ɷС), мұндағы ɷ — бұрыштық жиілік.

Нақты тізбекте электрлік кедергілерін пайдалануға арналған құрылғылар: резистор немесе реостат қана кедергіге ие емес, сонымен қатар кез келген өткізгіш, катушка, конденсатор, кез келген электромагниттік элементтің орамасы және т. б. кедергіге ие болады. Электр кедергісі бар барлық құрылғылардың жалпы қасиеті: электр энергиясының жылу энергиясына қайтымсыз түрленуі болып табылады. r кедергісіне ие резистордан *I* тогы өткенде dt уақыт ішінде Джоуль — Ленц заңына сәйкес *dW= rI2dt* энергиясы бөлінеді.

Кедергіде бөлінетін жылу энергиясы пайдалы жұмысқа пайдаланылады немесе кеңістікке шашырап кетеді. Бірақ электр энергиясын жылу энергиясына түрлендіру пассивті элементте қайтымсыз сипатқа ие болғандықтан, онда алмастыру сұлбасында энергияның қайтымсыз өзгеруін ескеру қажет болған барлық жағдайларда кедергі қосылады. Нақты құрылғыда, мысалы, электр магнитте, электр энергиясы механикалық энергияға (якорьдың тартылуы) түрленуі мүмкін, бірақ алмастыру сұлбасында бұл құрылғы жылу энергиясының эквивалентті мөлшері бөлінетін кедергімен ауыстырылады. Және де сұлбаны талдау кезінде бізге энергия тұтынушысы болып не табылатындығы: электр магнитпе немесе электр плитасыма маңызды емес болып қалады.

Айнымалы ток тізбектерінде кедергі активті деп аталады, ол беттік әсердің әсерінен тұрақты токқа электрлік кедергіден көп. Әдетте төмен жиіліктерде бұл айырмашылық ескерілмей қалады.

Активті кедергіге жүргізілген кернеу фаза бойынша токпен сәйкес келеді, яғни кернеу мен ток бір уақытта ең жоғары мәндерге жетеді және бір уақытта нөл арқылы өтеді. Егер токтың лездік мәні  болса, онда кернеудің лездік мәні  болады.

L индуктивтілігі тізбек учаскесінің немесе катушканың магнит өрісінің энергиясын жинақтайтын қасиетін сипаттайды. Нақты тізбекте индуктивтілікке тек индуктивтілігін пайдалануға арналған тізбек элементтері ретінде индуктивтік катушкалар ғана ие емес, сонымен қатар сымдар да, конденсаторлардың шықпалары да, реостаттар да ие. Оңайлату мақсатында, әдетте, магнит өрісінің энергиясы тек катушкаларда шоғырланады деп есептейді.

ɷ орамнан тұратын индуктивтілік катушкасы арқылы *i(t)* айнымалы ток өткенде, айнымалы магнит ағыны *Ф(t)* қоздырылады, ол электромагниттік индукция заңына сәйкес өздік индукция ЭҚК  тудырады. Демек, айнымалы ток тізбегінің индуктивтілігі ағатын токтың шамасына кедергі ретінде әсер етеді. Сәйкесінше есептік шама индуктивті кедергі деп аталады және XL деп белгіленеді, және белсенді кедергі сияқты Ом-мен өлшенеді.

Айнымалы ток жиілігі жоғары болған сайын, өздік индукция ЭҚК соғұрлым көп болады, сәйкесінше индуктивті кедергісі де көп болады *XL = ɷL =2πfL*. *ɷ =2πf* шамасы айнымалы токтың бұрыштық (циклдік) жиілігі деп аталады.

Тұрақты ток тізбегінде белгіленген режимде индуктивтілік тізбектің жұмыс режиміне әсер етпейді, өйткені өздік индукция ЭҚК нөлге тең.

Өздік индукция ЭҚК тек токтың өзгеруі кезінде пайда болатындықтан, онда ЭҚК-нің максималды мәндері катушкадағы токтың ең жоғары өзгеру жылдамдығында, яғни токтың нөл арқылы өтуі кезінде алынады. Сондықтан индуктивтілігі бар тізбек учаскесінде өздік индукция ЭҚК уақыт бойынша токтан ширек периодқа немесе π/2 электрлік радианға артта қалып отырады. Индуктивтіліктегі кернеу өздік индукция ЭҚК-не қарама-қарсы болғандықтан, керісінше, токтан ширек периодқа немесе π/2 электр радианына озып отырады. Егер катушкада лездік мәні  ток өтсе, онда индуктивтіліктегі кернеудің лездік мәні  болады.

Кернеу синусоидалы өзгеріп, максимумға жеткенде, ток нөлге тең болады. Егер тізбек элементінің ұштарындағы кернеу π/2 радианға тоқтан озып отырса, онда мұндай элементті идеал индуктивті катушка немесе таза реактивті индуктивтік кедергі XL деп айтады. Бұл кедергі индуктивтіліктегі магнит өрісінің өзгеруіне электр тізбегінің реакциясын ескереді және жиіліктің сызықтық функциясы болып табылады.

Айнымалы ток тізбегіне, индуктивтіліктен L басқа R активті кедергісінің аз мәні бар, нақты катушканы жалғаған кезде (1-сурет), ток кернеуден фаза бойынша φ < π/2 бұрышқа қалып отырады, бұл бұрышты кедергілердің үшбұрышынан (3-сурет) оңай анықтауға болады: *tgφ = XL/R*. Электр тізбегінің мұндай бөлігі үшін Кирхгофтың екінші заңы келесі теңдеу түрінде жазылады:



Нақты катушкаға берілген кернеуде шартты түрде екі құрамдас бөлікті бөліп көрсетуге болады: активті кедергідегі *Rі* кернеу, әдетте оны берілген кернеудің активті құрамдас бөлігі деп атайды және идеалды индуктивтіліктегі  кернеу, оны берілген кернеудің реактивті құрамдас бөлігі деп атайды. Осы құраушылардың, берілген кернеулердің және ағатын токтың арасындағы фазалық қатынастар, әдетте, олардың әсерлік мәндері үшін сызылған векторлық диаграммамен суреттеледі (2-сурет).

Векторлық диаграммалардан көретініміз



мұндағы  - нақты катушканың толық электр кедергісі.

Кедергілер үшбұрышынан (2-3-сурет) алатынымыз

, , 

Айнымалы ток өтетін тізбекке арналған Ом заңы келесі түрде жазылады: *I = U/Z.*



1-сурет 2-сурет 3-сурет

Қарастырылған жерден маңызды қорытынды шығады: айнымалы ток тізбектеріндегі кедергілер жалпы жағдайда геометриялық түрде жинақталады. Мысалы, егер катушкада R = 3 Ом және XL = 4 Ом болса, онда Z = 5 Ом.

Фарадпен (Ф) өлшенетін сыйымдылық электр тізбегі элементінің немесе конденсатордың электр өрісі энергиясын жинақтау қабілетін сипаттайды. Нақты тізбекте сыйымдылық, сыйымдылығын пайдалануға арналған конденсаторларда ғана емес, сонымен қатар өткізгіштер арасында, катушкалардың орамдары арасында, сымдар мен жер немесе электротехникалық құрылғының каркастары арасында да болады. Алайда, алмастыру сұлбаларында сыйымдылыққа тек конденсаторлар ғана ие деп қаралады.

Конденсаторда, дәлірек айтқанда, пластиналарды немесе конденсатордың өткізгіштерін бөлетін диэлектрикте, конденсатордың қаптамасына қосылған өткізгіштердегі өткізгіштік тогына тең электр ығысу тогы болуы мүмкін: *i = dq / dt*, мұнда *q* - Кулонмен өлшенетін конденсатор қаптамаларындағы заряд, ол конденсатор кернеуіне *UC* пропорционал:

 және С = const болғанда 

Сонда конденсатор арқылы өтетін ток: *i = СdUc / dt*, ал кернеудің өсуі кезінде конденсаторда жинақталатын электр өрісі энергиясы:



Тұрақты кернеу кезінде *dUc / dt = 0* конденсатор арқылы тұрақты ток та өтуі мүмкін емес.

Конденсатордың қаптамасында кернеудің өзгеруі кезінде ол арқылы сыйымдылықты ток ағады. Кернеу неғұрлым жылдам өзгерсе, соғұрлым сыйымдылықты ток та көп болады.

Егер конденсаторға айнымалы синусоидалы кернеуді қоссаңыз, онда конденсатор арқылы кернеуге қатысты π/2 фазасы бойынша ығысқан айнымалы синусоидалы ток ағады. Сыйымдылық ток кернеудің ең жоғары өзгеруі кезінде максималды мәнге жетеді, яғни кернеу нөл арқылы өту кезінде. Бұл ретте ток фаза бойынша кернеуден π/2-ге озады. Егер конденсатор арқылы өтетін токтың лездік мәні  болса, онда кернеудің лездік мәні:



мұндағы XС - реактивті сыйымдылықты кедергі. Конденсаторы бар электр тізбегінің учаскесі үшін векторлық диаграмма 4-суретте көрсетілген.

4 - сурет

*ХС = 1/2πfC = 1/ɷС = UСm / Im = Uc / I* шамасы реактивті сыйымдылық кедергі деп аталады. Бұл кедергі конденсатордағы электр өрісінің өзгеруіне электр тізбегінің реакциясын ескереді және жиіліктің кері пропорционалды функциясы болып табылады.

Конденсаторы бар электр тізбегінің учаскесі үшін Ом заңы: *IC = Uc / Хс*, мұндағы *I* - конденсатор арқылы өтетін токтың әсерлік мәні, *Uc* - конденсатордағы кернеудің әсерлік мәні.

Айнымалы токтың электр тізбегі белсенді, реактивті және толық қуатпен сипатталады.

Активті қуат Ватт-пен (Вт) өлшенеді, ол кернеудің әсерлік мәні *U* мен токтың әсерлік мәнінің *I* қуат коэффициентіне *cosφ* көбейтіндісіне немесе активті кедергінің ток мәнінің квадратына көбейтіндісіне тең:



Реактивті қуат вольт-ампер реактивтімен (Вар) өлшенеді, ол кернеудің әсерлік мәні *U* мен токтың әсерлік мәнінің *I* *sinφ*-ға көбейтіндісіне немесе реактивті кедергінің ток мәнінің квадратына көбейтіндісіне тең:



Толық қуат вольт-ампермен (В·А) өлшенеді, ол кернеудің әсерлік мәнінің *U* токтың әсерлік мәніне *I* көбейтіндісіне тең:

5 – сурет



Бұл қуаттардың арақатынасы қуаттардың үшбұрышымен суреттеледі (5-сурет).

Активті кедергісі R бар резистор, толық кедергісі ZК (RК, XК) бар индуктивті катушка және сыйымдылық кедергісі ХС бар конденсатор тізбектей қосылған синусоидалы айнымалы тоқтың электр тізбегі, осы элементтердегі кернеудің лездік мәндері үшін Кирхгофтың екінші заңы бойынша жазылған келесі теңдеумен сипатталады (6-сурет):



немесе осы кернеулердің әсерлік мәндерінің векторлары үшін геометриялық нысанда сипатталады:



Соңғы теңдеу мұндай тізбекке берілген кернеудің әсерлік мәнінің векторы тізбектің жеке учаскелеріндегі кернеу векторларының геометриялық жиынтығына тең екендігін көрсетеді (7-сурет).



6 – сурет 7 – сурет 8 – сурет

Мұндай тізбек үшін сызылған векторлық диаграмманы талдаудан кіріс кернеуінің шамасы U келесіге тең болатынын көреміз:



мұндағы , - катушкадағы кернеудің активті және реактивті құраушылары, , - индуктивтілік катушкасының активті және реактивті индуктивтік кедергісі.

Демек, осы тізбектегі токтың әсерлік мәнін Ом заңы негізінде келесідей анықтауға болады:



мұндағы - резистор, индуктивті катушка және конденсатор тізбектей жалғанған тізбектің толық кедергісі, ол кедергілердің көпбұрышынан оңай анықталады (8-сурет).

Кіріс синусоидалды кернеу *U* және осындай тізбек тұтынатын ток *I* арасындағы фазалардың ығысу бұрышы кедергілер үшбұрышынан анықталады:



Егер *ɷL > l / ɷC* және бұрыш *φ > 0* болса, барлық тізбек өзін активті кедергісі мен идеал индуктивтілігі бар тізбек ретінде ұстайды. Бұл жағдайда тізбек активті-индуктивті сипатқа ие болады.

Егер *ɷL < l / ɷC* және бұрыш *φ < 0* болса, барлық тізбек өзін активті кедергісі мен сыйымдылығы бар тізбек ретінде ұстайды. Бұл жағдайда тізбек активті-сыйымдылықты сипатқа ие болады.

Егер тізбекте реактивті кедергілер тең болса (*ɷL = 1/ɷС*), онда бұрыш *φ = 0*. Бұл ретте индуктивтіліктегі кернеудің реактивті құраушысы мен конденсатордағы кернеу өзін өзі толығымен компенсациялайды. Тізбек өзін реактивті кедергісі жоқ сияқты ұстанады және ток ең үлкен мәнге жетеді, себебі ток тізбектің баламалы активті кедергісімен  ғана шектеледі.

Бұл тізбекте бұл жағдайда кернеу резонансы деп аталатын резонанс бар дегенді білдіреді. Кернеу резонансына қоректендіру көзінің жиілігінің өзгертумен, реактивті элементтер параметрлерін өзгертумен қол жеткізуге болады, мысалы сыйымдылық шамасының мәнін таңдау арқылы , мұндағы  - тізбектің резонанстық жиілігі.

Элементтерді параллель жалғағанда тармақталған тізбек алынады (9-сурет).

Элементтері параллель жалғанған тізбектің жеке тармақтарындағы ток берілген кернеу шамасына және әрбір тармақтың толық кедергісіне байланысты болады. Бұл ретте резисторы тармақтағы ток *IR* кернеумен фаза бойынша сәйкес келеді, индуктивті катушкасы бар тармақтың тогы фаза бойынша кернеуден, нақты индуктивті катушканың активті және реактивті кедергісіне тәуелді болатын, φ бұрышқа қалып отырады. Конденсаторы бар тармақтың тоғы кернеуден 90°-қа озып отырады (9-сурет). Кирхгофтың бірінші заңына сәйкес мұндай тізбектің қорек көзінен тұтынатын жалпы тогы *I* жеке тармақтардағы токтардың геометриялық сомасымен

9 – сурет

анықталады: 

10 - сурет

Жалпы токтың шамасы мен фазасын анықтауға арналған геометриялық құрылым 10 - суретте көрсетілген, онда:

 - индуктивті катушкасы бар тармақтың тоғы мен жалпы токтың активті құраушылары;

 - индуктивті катушкасы бар тармақтың тоғы мен жалпы токтың реактивті құраушылары.

Токтың активті құраушысы деп тізбекке берілген кернеумен фаза бойынша сәйкес келетін токтың құраушысы аталады. Токтың реактивті құраушысы деп тізбекке берілген кернеуге 90° бұрышта орналасқан құраушыны айтады. Тоқтың активті және реактивті құраушылары - бұл тізбекті алмастыру сұлбасында еш физикалық мағынасы жоқ, бірақ есептеу үшін ыңғайлы шартты шамалар екенін ұмытпау қажет.

Векторлық диаграммадан:

, 

Демек, жалпы ток шамасы:



Ал жалпы ток пен тізбекке берілген кернеу арасындағы фазалардың ығысу бұрышы:



Бұл векторлық диаграмма сыйымдылық тогы *IC* катушкадағы токтың реактивті индуктивті құраушысынан *IKP* аз деген болжаммен құрылған. Сондықтан ортақ ток кернеуден фаза бойынша артта қалып отырады. Мұндай тізбек активті-индуктивті сипатқа ие. Егер сыйымдылық тогы катушкадағы токтың реактивті индуктивті құраушысынан көп болса, онда тізбектің желіден тұтынатын тогы тізбекке берілген кернеуден фаза бойынша озып, тізбек активті-сыйымдылықты сипатқа ие болады.

Катушкадағы токтың реактивті индуктивті құраушысы *IKP* және сыйымдылық тогы *IC* тең болған кезде жалпы ток векторы берілген кернеу векторымен фаза бойынша сәйкес келеді, ал оның шамасы *ІА = IR + ІКА* токтардың активті құраушыларымен ғана анықталады*.* Бұл ретте тізбекте ток резонансы пайда болады, себебі реактивті элементтері бар тізбек өзін таза активті кедергісі бар тізбек ретінде ұстайды. Ток резонансы кезінде реактивті элементтері бар тармақтардағы ток қоректену көзінен тұтынылатын токтан едәуір асып кетуі мүмкін.

Айнымалы токтың үшфазалы жүйесі бірфазалы айнымалы токпен салыстырғанда бірқатар артықшылықтарға ие және сондықтан кеңінен қолданысқа ие. Электр энергиясы көбінесе үш фазалы жүйелер көмегімен өндіріледі, тұтынушыларға беріледі және тұтынушылар арасында бөлінеді. Электр қозғалтқыштарының басым көпшілігі үш фазалы айнымалы ток қозғалтқыштары болып табылады.

Үш фазалы жүйеде бір уақытта екі түрлі кернеуді қолдану үшін (мысалы, 380 В - электр қозғалтқыштарын қоректендіру үшін және 220 В — электр шамдарын және басқа бір фазалы тұтынушыларды қоректендіру үшін) төрт сымды электрмен жабдықтау жүйесі қолданылады. Үшфазалы жүйенің төрт сымды желісінің төрт сымы бар: үшеуі сызықты, олар бойынша *ІА, ІВ, IC* сызықтық токтары жүреді және бір нөлдік (бейтарап) сым, ол тұтынушының барлық үш фазасында фазалық кернеулердің бірдей мәндерін ұстап тұруға арналған. Нөлдік сымдар бойынша нөлдік немесе бейтарап ток деп аталатын *I0* теңестіргіш тогы ағуы мүмкін. Үш фазалы генератор орамдарын және қабылдағыштарды (тұтынушыларды) жалғаудың мұндай жүйесі "жұлдызша" деп аталады және 11-суретте көрсетілген.

«Жұлдызша» жалғану кезінде қорек көзінің фазасы бойынша ағатын *ІА* ток А фазасының сызықтық сымы бойынша ағатын токқа тең. Бұл ток тұтынушының А фазасы бойынша өтеді. Демек, жұлдызшаға қосылған кезде *Іф* фазалық ток *ІС* сызықтық токқа тең:



Сызықтық кернеу деп аталатын (мысалы, *UAB*) сызықтық сымдар арасындағы кернеу *UA, UB* немесе *UС* қуат көзінің фазалық кернеуіне қарағанда √3 есе көп болады:



Егер үшфазалы жүйе симметриялы (фазалық тұтынушылардың барлық кедергісі мен қуаты бірдей) болса, онда барлық үш фаза бойымен, фаза бойынша бір-бірінен 120°-қа ығысқан, шамасы бойынша бірдей токтар өтеді. Бейтарап сымдағы ток нөлге тең. Тұтынушының барлық фазаларындағы кернеулер бір-бірінен тек бастапқы фаза бойынша 120°-қа ығысқан (12-сурет).



11 – сурет

Әр түрлі фазаларда қуаттары әртүрлі тұтынушылар (симметриялы емес жүктеме) қосылған кезде, әрбір фазаның токтары (әрбір сызықтық сымда) бір-бірінен бастапқы фазамен ғана емес, сонымен қатар шамасымен де ерекшеленеді.



12- сурет 13- сурет 14- сурет

Бейтарап сым бойымен векторы, Кирхгофтың бірінші заңының негізінде, фазалық токтар векторларының геометриялық жиынтығына тең болатын ток өтеді (13-сурет).

*ĪА + ĪВ* + *ĪС = Ī0*

Симметриялы емес жүктеме кезінде бейтарап сымның (үш сымды жүйе) үзілуі тұтынушылардың барлық фазаларындағы кернеудің өзгеруіне және бейтараптамасының ығысу кернеуінің *UNn* пайда болуына әкеледі (14-сурет). *UАП, UВП* және *UСП* тұтынушыларының фазаларында кернеудің өлшенген мәндері кезінде векторлық диаграммадағы "n" нүктесінің орналасуы «засечка» әдісімен анықталуы мүмкін (15-сурет) немесе аналитикалық түрде есептеледі.

Тұтынушылар электр энергиясымен үш фазалы көзден қоректенген кезінде, олар да электр энергиясының көздері сияқты үшбұрышқа қосылуы мүмкін (16-сурет).

Үшфазалы генератордың орамдарын қосу сұлбасы жүктемені қосу сұлбасын анықтамайды. Мысалы, генератор фазасын «жұлдызшаға» жалғағанда жүктеме бейтарап сымы бар «жұлдызшаға», бейтарап сымы жоқ «жұлдызшаға» немесе «үшбұрышқа» жалғануы мүмкін.

Үш фазалы симметриялы жүктемені «үшбұрышқа» қосу кезінде сызықтық кернеу фазалық кернеулерге тең *UФ = UС*, ал сызықтық токтар тұтынушы фазаларындағы токтарға қарағанда  есе артық болады:



Бұл ретте барлық фазалық токтар шамасы бойынша тең және бір-бірінен фаза бойынша 120° - қа ерекшеленеді. Сызықтық токтарға да дәл осылай (17-сурет).

Симметриялы емес жүктеме кезінде сызықтық және фазалық токтар арасындағы байланыс кешенді немесе векторлық формада Кирхгофтың бірінші заңының негізінде жазылған теңдеулермен көрсетіледі:



Үшбұрышқа қосылған кезде нөлдік сым жоқ, бірақ барлық фазалық тұтынушылар бұл жағдайда номиналды сызықтық кернеуге есептелуі тиіс.

Әр түрлі электр машиналары мен аппараттары, электравтоматика құрылғылары конструкциясының маңызды элементі индуктивтілік катушкасы болып табылады. Катушканың орамдары бойынша ток өткен кезде магниттік өріс құрылады, оның интенсивтілігі В магнит индукциясымен және Ф магнит ағынымен сипатталады, магнит ағыны катушка тоғының *I* оның *ɷ* орамдарының санына көбейтіндісіне тең болатын, магниттеуші (магнитті қозғалғыш) күшке *F = Iɷ* пропорционал болады. *Ф(I)* тәуелділігі ферромагнитті магнит өткізгіш (өзекше) болмаған кезде сызықтық болып табылады.

Өзекше болған кездегі катушкамен басқа да жағдайларда пайда болатын магнит ағыны едәуір артады, өйткені бұл жағдайда магнит ағыны ток бар өткізгіштермен (сыртқы магнит өрісінің көзі) ғана емес, сонымен қатар магнит өткізгіштің тиісті ферромагниттік затымен (ішкі магнит өрісінің көзі) құрылады.

Индуктивтілік катушкасындағы магниттік индукциясы *В* магнит өрісінің кернеулігімен *Н* және μ магниттік өткізгіштігімен байланысты *В = μН*, магнит ағыны *Ф = BS = μHS*, мұнда *S*-катушканың көлденең қимасы.

Демек, магнит ағыны басқа материалдардыкіне қарағанда ферромагниттік материалдар үшін әлдеқайда көп болатын магниттік өткізгіштігіне *μ* пропорционал. Сондықтан магниттеуші күштерді азайту үшін, демек, қажетті магнит ағынын құруға қажетті токты азайту үшін индуктивтілік катушкалары ферромагнитті материалдан, көбінесе электротехникалық болаттан жасалған магнитті өзекшемен жабдықталады.

Ферромагниттік материалдардың магниттік өткізгіштігінің тәуелділігі *μ(Н)* сызықты емес болып табылатындықтан (18-сурет), магнит өткізгіш болған жағдайда *Ф(Н)* немесе *В(Н)* тәуелділігі де сызықты емес болады. *В(Н)* тәуелділігі - магниттеу қисығы - ферромагниттік материалдардың маңызды сипаттамаларының бірі болып табылады (19-сурет). Координаттардың басы арқылы өтетін қисық негізгі магниттеу қисығы болып табылады. Ол алдын ала магниттелмеген материалды бір жақты магниттеу кезінде алынады.





18- сурет 19-сурет

Катушканы айнымалы токпен қоректендірген кезде ферромагнитті магнит өткізгіш айнымалы магнит ағынының салдарынан циклды түрде, ток жиілігіне сәйкес, «В» қалдық магниттік индукциясының және коэрцитивті күштің болуымен байланысты, гистерезис қисығы бойынша магниттеледі (19-сурет). Айнымалы токтың бірнеше жартылай периодтары үшін циклдік қайта магниттеу процесінде гистерезистің тұйық симметриялы ілмегі орнатылады.

Магнит өткізгіштің циклдық қайта магниттелуіне жылу түрінде бөлінетін қуат жұмсалады, ол магнит өткізгіштегі қуат шығындары болып табылады. Магнит өткізгіштегі қуат шығыны (болаттағы қуат шығыны) РБ гистерезис шығындарын РГ және магнит өткізгіш металдағы айнымалы магнит ағынымен пайда болатын құйынды токтар шығындарын РҚТ қамтиды: РБ = РГ + РҚТ.

Гистерезистің қуат шығынын азайту үшін магнит өткізгіш ретінде гистерезистің тар ілмегі бар ферромагнитті материалдарды қолданады. Құйынды токтардың қуат шығынын азайту үшін металдағы кремнийдің жоғары құрамы есебінен үлкен үлестік электр кедергісі бар металл магнитті өткізгіш қолданылады. Бұл ретте магнитөткізгіш бір-бірінен электрлік оқшауланған жұқа пластиналардан жиналады, бұл әрбір пластинадағы құйынды токтардың азаюына және осы токтардың қуат шығынын азайтуға ықпал етеді.

Синусоидалы кернеумен қоректену кезінде ферромагниттік өзекшелі катушкадағы ток өз формасын бұрмалайды және уақыт бойынша синусоидалы емес болып табылады. 20-суретте магнитті гистерезисті есепке алғандағы, ферромагниттік өзекшелі катушкадағы ток қисығы көрсетілген. Суреттен магнит ағынының және токтың бастапқы фазалары сәйкес келмейтінін байқауға болады (ығысу бұрышы δ). Осыған байланысты токтың бірінші гармоникасы (немесе эквивалентті ток) берілген кернеуден φ < 90° бұрышқа артта қалады. Кернеу мен ток арасындағы фаза ығысуының 90°-тен төмен болуы, катушкадағы активті қуат нөлге тең болса да, тізбектегі активті кедергі нөлге тең болмайтынын көрсетеді. Сондықтан катушка тогының гистерезис шығындары есебінен активті құраушысы ІА болады, ал орташа қуаты нөлге тең емес. Бұл активті қуат ферромагниттік өзекшені қайта магниттеуге кететін энергия шығынын сипаттайды.

20 – сурет

Синусоидалы емес токтар болған кезде есептеулерді оңайлату үшін әдетте ІЭК эквивалентті синусоидалы токқа өтеді. Ол бірдей жиіліктегі және қуат коэффициентінің бірдей мәніндегі, онымен бірдей активті қуатты өндіретін синусоидалы емес токтың әсерлік мәнімен сәйкес келеді.





Магнитөткізгіші бар индуктивтілік катушкасының толық кедергісі Ом заңы бойынша табады:



Катушканың эквивалентті активті кедергісі бұл ретте катушканың қоректендіруші желіден тұтынатын Р активті қуатының мәні және оның тогы бойынша немесе өзекшедегі қуат шығынының РСТ мәні және катушканың сымдарының R активті кедергісі бойынша анықталады.



Катушканың эквивалентті индуктивті кедергісі:



Бұл реттегі катушканың индуктивтілігі: .

Ферромагнит өзекшелі индуктивтілік катушкасындағы кернеу амплитудасын ұлғайтқан кезде ондағы токтың әсерлік мәні және амплитудасы да жылдам өсетін болады. Нәтижесінде ферромагнит өзекшелі катушканың вольтамперлік сипаттамасы бейсызық болады (21-сурет). Формасы бойынша ол өзекшенің *В(Н)* магниттеу қисығын қайталайды.

Ферромагниттік өзекшесі бар катушканы және конденсаторды қамтитын тізбектерде индуктивтіліктің бейсызық сипатына байланысты болатын резонанстық құбылыстар феррорезонанс деп аталады. Сызықтық тізбекке қарағанда осындай тізбекте феррорезонанс, катушканы немесе конденсаторды қандай да бір реттеуге келтірмей ақ, тізбек тогының немесе берілген кернеудің өзгеруі кезінде пайда болуы мүмкін.

21 - сурет

 22-суретте кернеу феррорезонансы мүмкін болатын тізбектің вольтамперлік сипаттамасы көрсетілген. Конденсатордың вольтамперлік сипаттамасы (2) катушканың вольтамперлік сипаттамасын кесіп өтеді (1). А қиылысу нүктесі резонанс нүктесі болып табылады. Бұл нүктеде UL және Uc мәндері бірдей, ал олардың айырмасы нөлге тең. Кернеу көзін үздіксіз арттыру кезінде ток І2-ге дейін баяу өседі, содан кейін бірден секірмелі түрде I4-ке дейін ұлғайып, одан әрі баяу өсуін жалғастырады. Кернеу азайған кезде ток біртіндеп І3-ке дейін азаяды, содан кейін секірмелі түрде І1-ге дейін бірден өзгеріп, қайтадан баяу азаяды. Токтың секірмелі түрде өзгеруі ток фазасының кернеуге қатысты (фазаның ығысуы) 180°-қа өзгеруімен сүйемелденеді.

22 - сурет

Тізбектің кірісіндегі кернеудің елеусіз өзгеруі кезіндегі тізбектегі токтың күрт өзгеру құбылысы кейде тізбектей жалғанған феррорезонанстық тізбектегі триггерлік әсер деп аталады. Ол тізбектің активті кедергісі аз болғанда орын алады.

Қорек көзінің кернеуі фазаның аударылу кернеуінен үлкен болған жағдайда, катушка кернеуі аз өзгереді, бұл магниттелудің магниттік қанығу аумағына өту сипаттамасымен байланысты болады. Бұл тәжірибеде кернеуді тұрақтандыру үшін қолданылады.

Амплитуда шектеуіштері - шығыс кернеуі, шектеу деңгейі деп аталатын белгілі бір мәнге дейін, кіріс кернеуге қатысты пропорционалды өзгеретін құрылғылар. Осыдан кейін шығыс кернеуінің мәні кіріс кернеуіне тәуелсіз және тұрақты болып қалады (23-сурет). Төмен жиілікті құрылғыларда стабилитрондардағы шектеуіштер жиі қолданылады (24-сурет). Екі анодты стабилитронның вольтамперлік сипаттамасы 24-суретте көрсетілген. Осы құрылғылардың көмегімен синусоидалды кернеуден трапецеидалды кернеуді қалыптастыру оңай (25-сурет). Егер амплитуда UКІР>>UСТ болса, формасы тікбұрышты импульстерге жақын кернеуді алуға болады.

23 – сурет



24-сурет 25-сурет

Трансформатор - айнымалы ток электр энергиясының параметрлерін түрлендіретін және осы энергияны бір тізбектен екіншісіне беретін статикалық электр магниттік құрылғы. Трансформатордың көмегімен айнымалы ток электр энергиясының негізгі параметрлерін (ток, кернеу) түрлендіруге болады. Алайда электр қуаты өзгеріссіз қалады. Трансформатордағы номиналды кернеулердің арақатынасына байланысты жоғары кернеулі ораманы және төмен кернеулі ораманы ажыратады.

Кернеу бойынша трансформация коэффициенті бірінші орамдағы орамдардың саны мен екінші орамдағы орамдардың санының өзара қатынасын, сондай-ақ орамдарда индукцияланытын ЭҚК-нің арақатынасын көрсетеді.



Трансформация коэффициентін бірінші және екінші ретті орамдардың зажимдеріндегі кернеуді трансформатордың бос жүрісін режимінде өлшеп, жеткілікті дәлдікпен анықтауға болады.

Бос жүріс режимінде трансформатордың желіден тұтынатын электр энергиясы болаттағы шығындарға жұмсалады (құйынды токтарға және магнит өткізгіштің қайта магниттелуіне). Бос жүріс тәжірибесі трансформатор болатының жағдайын анықтауға мүмкіндік береді.

Электр энергиясын тұтынушыларды трансформаторға қосу оларға энергияны кернеуді жоғарылатып немесе төмендетіп беруге мүмкіндік береді. Бұл жұмыста бір фазалы төмендеткіш трансформатор зерттеледі, ол бір мезгілде дәл сондай мәнде токтың күшін арттырады.



Трансформатордың бірінші және екінші ретті орамдары электрлік түрде қосылмаған болғандықтан, бірінші реттік орамнан екінші реттік орамға электр қуаты трансформатордың магнит өткізгішінде (өзекшесіне) тұйықталатын магнит ағынының көмегімен беріледі.

Трансформатормен тұтынылатын қуат трансформатордың тұтынушыға беретін қуатынан трансформатордың өзіндік шығына кететін қуаты көлеміне артық болады. Трансформатордың орамдары мен өзекшесіндегі қуат шығыны көп емес. Трансформатордың толық номиналды қуатын келесі қатынаспен анықтайды: *SH = UHІН*

мұндағы *UH* - трансформатордың екінші ретті орамындағы номиналды кернеу;

*ІН* - трансформатордың екінші ретті орамының номиналды тогы.

Жүктеменің бос жүрістен номиналды кернеуге дейін артуы кезінде екінші орама қысқыштарындағы кернеу трансформатордың ішкі кедергісіндегі кернеудің төмендеуі есебінен төмендейді. Бұл ретте, трансформатордың желіден тұтынатын тогы да артады, ал трансформатор өзекшесінде жалпы магнит ағыны іс жүзінде тұрақты болып қалады. Бастапқы кернеу *U1* мен жиілік өзгермеген кезде, екінші ретті кернеу *U2* шамасының жүктеме тогына *І2*тәуелділігі сыртқы сипаттама деп аталады. Сыртқы сипаттаманың көлбеуленуі тұтынушының қуат коэффициентіне (тұтынушының сипатына) байланысты.

Сондай-ақ, трансформатордың жұмысы келесі тәуелділіктермен де сипатталады: *U1H = const, cosφ2 = const* болғанда *І1, U2, cosφ1, η = f (P2),* мұндағы *P2 = U2I2cosφ2*– жүктемеге берілетін трансформатордың активті қуаты.

**№2-1 ЖҰМЫС.**

**АЙНЫМАЛЫ ТОК ТІЗБЕГІ ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЭКСПЕРИМЕНТІК АНЫҚТАУ**

1. **Жұмыс мақсаты**

Өлшеу нәтижелері бойынша айнымалы ток тізбектеріндегі элементтердің параметрлерін анықтау, тізбекке вольтметр мен амперметрді қосу, ток пен кернеуді өлшеу, айнымалы ток тізбектерінде Ом заңын қолдану.

Минимодульдер тізімі

|  |  |
| --- | --- |
| Минимодуль атауы | Саны |
| Конденсаторлар батареясы | 1 |
| Дроссель | 1 |

**2. Жұмысты орындау тәртібі**

2.1. Зертханалық қондырғымен танысу (қоректендіру модулі, мультиметрлер модулі, минимодульдер жиынтығы).

2.2. Жұмыс аумағында индуктивті тұтынушы ретінде ZK дроссельді L орнату. Бір мультиметрді кедергіні өлшеу режиміне орнатып, оны ZK индуктивті тұтынушының шығыстарына қосу. Сұлбаны оқытушы тексергеннен кейін стендтің электр қорек көзін (QF1 ажыратқышы) және қолданылатын мультиметрді қосу. RK индуктивті тұтынушының активті кедергісінің мәнін өлшеу. Нәтижелерді 1-кестеге жазу.

2.3. Индуктивті тұтынушының индуктивтілік L шамасын анықтау үшін электр тізбегін жинау (1-сурет). Вольтметр ретінде айнымалы кернеуді өлшеу режиміндегі мультиметрді пайдалану. Тексеру үшін сызбаны оқытушыға көрсету.



1-сурет 2-сурет

2.4. Тұрақты және айнымалы кернеу көздерін қосу (SA1 және SA2) және 1-кестеге амперметр және вольтметр көрсеткіштерін жазып алу. Айнымалы және тұрақты кернеу көздерін өшіру (SA2 және SA1).

1-кесте

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| RK, Ом | U, В | I, мА | ZK = U/I,Ом | ХК, Ом | L, Гн |
|  |  |  |  |  |  |

2.5. Сыйымдылықты тұтынушының сыйымдылық шамасын анықтау үшін электр тізбегін жинау (2-сурет). Конденсаторлар батареяларының ауыстырып-қосқышының оқытушы берген қалпын орнату. Оқытушыға тексеру үшін сызбаны көрсету.

2.6. Қуат көзін қосу және конденсаторлар батареяларының ауыстырып-қосқышының оқытушы берген қалпын кезекпен орната отырып аспаптардың көрсеткіштерін 2-кестеге толтыру.

2-кесте

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Қосылған | С1 | С2 | С3 |
| U, B |  |  |  |
| I, A |  |  |  |
| Xc, Ом |  |  |  |
| С, мкФ |  |  |  |

2.7. Өлшеу нәтижелері бойынша Ом заңын қолданып, индуктивті тұтынушының толық кедергісін ZK есептеу.

2.8. Өлшеу нәтижелері бойынша Ом заңын қолданып сыйымдылықты кедергісін есептеу ХС. Нәтижесін 2-кестеге толтыру.

2.9. Айнымалы кернеу жиілігі *f* = 50 Гц деп есептей отырып, индуктивті тұтынушының индуктивтілік шамасын және Cl, С2 және СЗ конденсаторларының сыйымдылықтарын анықтау. Нәтижелерді тиісті кестелерге енгізу.

**3. Жұмыс есебі** **мазмұны**

Жұмыс есебі келесілерді қамтуы тиіс:

а) жұмыстың атауы және жұмыстың мақсаты;

б) тәжірибенің электр сұлбалары;

в) тәжірибе мен есептеулер нәтижелері бар кестелер;

г) есептеу қатынасы;

д) резистор, нақты кагушка және конденсатор үшін векторлық диаграммалар;

е) жұмыс бойынша қорытынды.

**4. Бақылау сұрақтары**

1. Ток, кернеу, кедергі қандай бірліктерде өлшенеді?

2. Ом, Ампер, Вольт деген не?

3. "Толық кедергі" дегеніміз не?

4. "Активті кедергі" дегеніміз не?

5. "Реактивті индуктивті кедергі" дегеніміз не және ол қалай анықталады?

6. "Реактивті сыйымдылық кедергісі" дегеніміз не және ол қалай анықталады?

7. Айнымалы ток тізбегінің толық, активті және реактивті кедергісі арасындағы байланыс қандай?

8. Айнымалы ток тізбегі үшін Ом заңы қалай тұжырымдалады?

9. Конденсатор арқылы тұрақты ток өтуі мүмкін бе?

**№2-2 ЖҰМЫС.**

**ЭЛЕМЕНТТЕРІ ТІЗБЕКТЕЙ ЖАЛҒАНҒАН АЙНЫМАЛЫ ТОК ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІ.**

1. **Жұмыс мақсаты**

Қарапайым электр тезбегін жинауды және оның жекебөліктеріндегі кернеуді өлшеуді үйрену. Активті және реактивті элементтері тізбектей жалғанған электр тізбегінің қасиеттерін зерттеу, кернеулер резонансы құбылысымен және векторлық диаграмма тұрғызумен танысу.

**2. Жұмысты орындау тәртібі**

2.1. Жиынтық алабына 1-ші суретте көрсетілген электр тізбегін жинап оқытушығатексертіңіз.

2.2. ZK индуктивті тұтынушы ретінде қолданылатын L дроссельді, конденсаторлар батареяларын, резисторларды қолдану арқылы элементтері тізбектей жалғанған электр тізбегін жинау (1-сурет). Жиналған тізбекті айнымалы кернеу көзіне жалғау (қуат модулінің "А-N" ұяшығы). Тізбек бөлігіндегі кернеулерді өлшеу үшін мультиметр қолданыңыз.

1-сурет

2.3. Конденсаторға параллель өткізгіш жалғап (бұл кезде конденсатор тізбектен шығады) тізбекті желіге қосыңыз.

2.4. Қуат көзін қосу (QF қосқышы, қуат модулінің тұрақты және үш фазалы кернеу көздері, қуат өлшеуіші, сондай-ақ мультиметр). 1 - кестеде көрсетілген шамаларды R резисторы мен индуктивті тұтынушыны ZK тізбектей жалғаған кездегі өлшеулерді жүргізу. Өлшеу нәтижелерін 1-кестеге енгізу.

1-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тізбек | U, B | I, mA | UR, B | UK, B | UC, B | P, Вт | Q,ВАр | S, ВА | cosφ | φ |
| ZK, R |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| R, XC |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| R, ZK, XC |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

2.5. Үш фазалы және тұрақты кернеу көздерін өшіріп, конденсаторға қосылған қосымша өткізгішті алып тастаңыз. Индуктивтілік катушкасына параллель өткізгіш жалғап(бұл кезде катушкатізбектен шығады) 2.4 бөлімдегі жұмысты қайталаңыз.

2.6. 2.4бөлімдегі жұмысты тізбектей жалғанған резистор,индуктивтілік катушкасыжәне конденсатор тізбегі үшін қайталаңыз.

2.7. Сиымдылық шамасын өзгерте отырып токтың ең үлкен мәніне қол жеткізіңіз(бұл режим тізбектегі кернеулер резонансы деп аталады) сонымен қатар оған дейін және одан кейінгі мәндерді қоса алып өлшеу нәтижелерін 2-кестеге енгізіңіз.

2-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тізбек | U, B | I,mA | UR, B | UK, B | UC,B | P, Вт | Q, ВАр | S,  ВА | Cos φ | φ |
| R, ZK, ХСрез |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| R, ZK, ХС1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| R, ZK, ХС2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| R, ZK, ХС3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| R, ZK, ХС4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

2.8. Кернеулер резонансы кезіндегі өлшеу нәтижелерін қолдана отырып келесішамаларды анықтаңыз: тізбектің жеке бөліктеріндегі активті және реактивті қуаттарды РR және РК, QK жәнеQC, индуктивті тұтынушының қуат коэффициентін cosφК және осы жердегі ток пен кернеу арасындағы фазалар ығысуын φК, тізбектің толық кедергісін Z, резистор мен индуктивтілік катушкасының активті кедергісін R және RK, конденсатор мен индуктивтілік катушкасының реактивті кедергісін ХК және ХС, және индуктивті тұтынушының толық кедергісін ZК. Есептеу нәтижелерін 3-кестеге енгізіңіз.

3-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тізбек | РR,  Вт | РК,  Вт | QК,  ВАр | QС,  ВАр | cosφК | φК | Z,  Ом | R,  Ом | RК,  Ом | ZК,  Ом | ХК,  Ом | ХС,  Ом |
| R, ZK, ХСрез |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

2.9. Өлшеу нәтижелері бойынша векторлық диаграммалар тұрғызыңыз.

2.10. Келесі тәуелділіктер графиктерін тұрғызыңыз: ХС: I = f(Xc); Zэ = f(Xc); ХЭ = f(Xc); φ = f(Xc).

2.11. Айнымалы ток тізбегінде Кирхгофтың екінші заңының қолданылуы туралықорытынды жасаңыз

**3. Жұмыс есебі** **мазмұны**

Жұмыс есебі келесілерді қамтуы тиіс:

а) жұмыстың атауы және жұмыстың мақсаты;

б) зерттелетін тізбектің сұлбасы;

в) тәжірибе мен есептеулер нәтижелері бар кестелер;

г) есептеу қатынасы;

д) векторлық диаграммалар;

е)жұмыс бойынша қорытынды.

**4. Бақылау сұрақтары**

1. Айнымалы тізбектегі активті, реактивті және толық қуат дегеніміз не?

2. Толық, активті және реактивті қуаттар арасындағы өзара байланыс қандай?

3. "Қуат коэффициенті" дегеніміз не?

4. Егер активті кедергісі, индуктивтілігі және желінің жиілігі белгілі болса, катушканың толық кедергісін қалай есептеуге болады?

5. Резистордың, нақты катушканың және конденсатордың тізбектей жалғанған кездегі тізбектің толық кедергісін қалай есептеуге болады?

6. Айнымалы тоқтың электр тізбегінің учаскесіндегі кернеу мен ток арасындағы фазалардың ығысу бұрышы неге байланысты?

7. "Кедергілер үшбұрышы" дегеніміз не?

8. Резонанс кезіндегі тізбектің реактивті кедергісі және тізбектің реактивті қуаты неге тең?

9. Қандай жағдайда зерттелетін тізбек активті-индуктивті сипатта болады және қандай жағдайда активті-сыйымдылық сипатта болад

**№2-3 ЖҰМЫС.**

**ЭЛЕМЕНТТЕРІ ТІЗБЕКТЕЙ ЖАЛҒАНҒАН АЙНЫМАЛЫ ТОК ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІ**

Минимодульдер тізімі

|  |  |
| --- | --- |
| Минимодуль атауы | Саны |
| Конденсаторлар батареясы | 1 |
| Дроссель | 1 |
| Резистор 2 Вт 100 Ом | 1 |
| Тумблер | 3 |

1. **Жұмыс мақсаты**

Активті және реактивті элементтердің параллель қосылыстарымен тізбектің жұмыс режимдерінің ерекшеліктерімен, токтардың резонанстық құбылысымен, қуат коэффициентінің жоғарылауымен, айнымалы ток тізбектерінде Кирхгофтың 1-ші заңын қолданумен танысу.

1. **Жұмысты орындау тәртібі**

2.1. Зертханалық қондырғымен танысу (қуат беру модулі, функционалды генератор, мультиметр модулі, минимодульдер жиынтығы).

2.2. R резисторы, ZK индуктивті тұтынушысы және С конденсатор батареясы параллель жалғанған электр тізбегін жинаңыз (1-сурет). Оқытушы берген позицияға С конденсаторларының батарея қосқышын орнатыңыз, ZK индуктивті тұтынушысы ретінде l дросселін қолданыңыз. Тексеру үшін сұлбаны оқытушыға ұсыныңыз.

2.3. Әр түрлі тұтынушылардың параллель қосылуы кезінде электр тізбегінің жұмысын зерттеңіз (1-кестені қараңыз). Стендті кернеу көзіне жалғаңыз. Функционалды генераторды, қуат өлшегішін қосыңыз. Функционалды генератордың (ФГ) шығысына жиілігі 50 Гц-ге жақын, 5... 10 В кернеуді орнатыңыз. Кезекпен тиісті тармақтарды қосқыштармен қосып, 1- кестеде көрсетілген шамаларды өлшеңіз. Өлшеу нәтижелері 1- кестеге енгізіңіз.

2.4. ZK индуктивті тұтынушысына параллель қосылған С сыйымдылығының электр тізбегінің қуат коэффициентіне және қуат көзінен тұтынылатын ток шамасына әсерін зерттеңіз. Ол үшін R резисторы бар тармақты ашыңыз. С конденсатор батареясының қосқышын "1" (С=0) күйіне орнатыңыз. Егер тізбекте тек индуктивті тұтынушы болса, ZK кестеде көрсетілген шамаларды өлшеңіз, 2-кестеде көрсетідгендей. Қорек көзінен ең аз ток / (ток резонансына жақын тізбектің күйі) тұтынылатын конденсатор батареясының сыйымдылығының мәнін орнатыңыз. 2-кестеде көрсетілген шамаларды өлшеңіз. Конденсаторлар батареясының сыйымдылығын азайту және арттыру (сыйымдылықтың резонанстық мәнінен) арқылы екі режимді -резонансқа дейін және резонанстан кейінгі режимді жасаңыз. Өлшеу нәтижелері 2-кестеге енгізіңіз. Функционалды генераторды өшіріңіз.



1-cурет

1-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сұлба | U,B | I,мА | Ir,  мА | ІК,  мА | Іс,  мА | Р,  Вт | Q,  ВАр | S,  ВА | cosφ | φ |
| ZK, R |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| R, Хс |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| R, ZK, Xc |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

* 1. Өлшеу нәтижелері бойынша (2-кесте) ХС сыйымдылық кедергісінің шамасын және С конденсаторларының батарея сыйымдылығының шамасын есептеңіз.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сұлба | U,В | I,мА  мА | Ik, мА | Іс,mA | P, Вт | Q, ВАр  BAp | S, ВА  BA | Cos φ | φ | Xc, Ом  Ом | С, мкФ |
| ZK |  |  |  |  |  |  |  |  |  | — | — |
| ZK ,Хнәт |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ZK,Xcl |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Zk, Xс2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ZK,Xc3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ZK, Xс4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

2.6.Тәуелділік графиктерін тұрғызыңыз Cos φ = f(C), І = f(C), *Ik* ~f(C). Ic = f(C), Р =f(C).

2.7. Тәжірибе мәліметтеріне сәйкес, әр тәжірибе үшін ток пен кернеудің векторлық

диаграммаларын масштабта тұрғызыңыз.

2.8. Қорытынды жасау:

- параллель қосылған тұтынушылардың бір-біріне әсері туралы;

- индуктивті тұтынушыға параллель қосылған конденсатордың желіден тұтынылатын ток мөлшеріне, тізбектің активті қуатына және тізбектің қуат коэффициентіне әсері туралы;

- 1-ші Кирхгоф заңын айнымалы ток тізбектерінде қолдану туралы;

**3. Есеп берудің мазмұны**

Жұмыс есебі келесілерден тұру қажет:

а) жұмыстың атауы және жұмыстың мақсаты;

б) эксперимент сұлбасы және алынған нәтижелер кестесі;

в) барлық жүргізілген тәжірибелер үшін векторлық диаграммалар;

г) жұмыс бойынша қорытындылар.

**4. Бақылау сұрақтары**

1. Тұтынушыларды параллель қосқан кезде желіден тұтынылатын токтың мөлшерін қалай анықтауға болады?

2. Тізбектің қуат коэффициентін қандай мақсатта арттырады?

3. Тізбектің қуат коэффициентін қалай анықтауға болады?

4. Егер активті индуктивті тұтынушыға параллель конденсатор қосылса, желіден тұтынылатын токтың мөлшері және тізбектің активті қуаты қалай өзгереді?

5. Неліктен конденсатордың индуктивті тұтынушысына параллель қосылған кезде желіден тұтынылатын ток азаяды?

6. Кирхгофтың бірінші заңы айнымалы ток тізбектерінде қалай қолданылады?

7. Параллель жалғанған индуктивті катушка және конденсаторы бар тізбектің векторлық диаграммасын қалай тұрғызады?

8. Ток резонансы " дегеніміз не? Ол қандай жағдайда пайда болады?

**Жұмыс № 2-4.**

**ТҰТЫНУШЫЛАРЫ "ЖҰЛДЫЗША" СҰЛБАСЫ БОЙЫНША ЖАЛҒАНҒАН ҮШ ФАЗАЛЫ ТІЗБЕК.**

1. **Жұмыс мақсаты**

Үш фазалы жүйелермен, фазалық және желілік токтар мен кернеулерді өлшеумен танысу. Симметриялы және асимметриялық үш фазалы тұтынушының токтары мен кернеулерінің негізгі арақатынасын тексеру. Төрт сымды үш фазалы жүйедегі бейтарап сымның рөлін қарастыру. Кернеулер мен токтардың векторлық диаграммаларын құруды үйрену.

Минимодульдер тізімі

|  |  |
| --- | --- |
| Минимодуль атауы | Саны |
| Резистор 2 Вт 100 Ом | 1 |
| Резистор 2 Вт 120 Ом | 1 |
| Резистор 2 Вт 150 Ом | 3 |
| Тумблер (қосқыш) | 2 |

2. Жұмысты орындау тәртібі

2.1. Зертханалық қондырғымен танысу (қорек көзі модулі, мультиметр модулі, минималды модульдер жиынтығы).

1-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Қорек көзінің шықпаларында өлшенген | | | | | | Есептелген | | |
| Желілік кернеу | | | Фазалық кернеу | | |
| UАВ, В | Uвc, В | Uca, В | UA, B | Ub, B | Uc,B | Uж, В | Uф, В | Uж/ Uф |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

2.2. Стендтің қорек модулін қосыңыз (QF ажыратқышы). Мультиметрдің біріне **айнымалы кернеуді өлшеу режимін** орнатыңыз. Тұрақты және үш фазалы кернеу көзін қосыңыз және үш фазалы көздің желілік және фазалық кернеулерін бос жүріс режимінде өлшеңіз. Өлшеу нәтижелерін 1-кестеге енгізіңіз. Үш фазалы және тұрақты кернеу көздерін өшіріңіз.

2.3. Симметриялық үшфазалы электр тізбегін (1-сурет) жинаңыз. SA1 және SA2 қосқышын\қосыңыз. Оқытушыға тексеру үшін сұлбаны ұсыныңыз.

2.4. Тұрақты және үш фазалы кернеу көзін қосыңыз. Бейтарап сым қосылған кезде токтарды, фазалық және желілік кернеулерді өлшеңіз (SA2 қосқышы жабық). Өлшеу нәтижелерін 2-кестеге енгізіңіз. Тұтынушылардың желілік және фазалық кернеулерінің қатынасын тексеріңіз.

2.5. SA2 қосқышын ашыңыз. Бейтарап сым өшірілген кезде алдыңғы өлшемдерді қайталаңыз. Өлшеу нәтижелерін 2-кестеге енгізіңіз. Үш фазалы және тұрақты кернеу көзін өшіріңіз.

2.6. Бейтарап сымы бар болған кездегі, желілік сымның үзілуінің тізбектің жұмыс режиміне әсерін зерттеңіз. Ол үшін SA1 қосқышын ажыратып, SA2 қосқышын жабыңыз. Тұрақты және үш фазалы кернеу көздерін қосыңыз. Ток пен кернеуді өлшеңіз. Өлшеу нәтижелерін 2-кестеге енгізіңіз. Тұрақты және үш фазалы кернеу көздерін өшіріңіз.



1-сурет

2.7. Симметриялы үш фазалы тізбекті зерттеңіз. Бұл үшін 2-суреттегі сұлбаны жинаңыз. Оқытушыға тексеру үшін сұлбаны көрсетіңіз. Бейтарап сым бар кездегі қабылдағыштың әр фазасындағы токтарды, желілік және фазалық кернеулерді өлшеңіз. Нәтижелерін 2-кестеге енгізіңіз.

2.8. SA2 қосқышымен бейтарап сым тізбегін ажыратыңыз және токтар мен кернеулерді қайтадан өлшеңіз. Нәтижелерін 2-кестеге енгізіңіз.



2-cурет

2.9. Өлшеу нәтижелері бойынша, келесілерді анықтау керек

- қорек көзінің Uж желілік кернеулерінің орташа мәні;

- қорек көзінің Uф фазалық кернеулерінің орташа мәні;

- Uж /Uф қатынасы;

- симметриялы жүктеме кезіндегі токтың орташа мәні.

2.10. Барлық жүргізілген тәжірибелер үшін масштабта векторлық диаграммалар құрыңыз.

2.11. Бейтарап сымның симметриялы және симметриялы емес жүктеме кезінде үш фазалы жүйенің жұмысына әсерін салыстырыңыз.

2-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Жүктеме режимі | Ток, мА | | | | | | **Кернеу, В** | | | | | | | |
|  |  |  | |  | |  | Фазалық | | | | Желілік | | | |
|  | |  |  |  |  |  |  |
| Бейтарап сым қосылған. жүктеме симметриялы |  | |  |  |  | |  |  | |  |  |  |  |  |
| Бейтарап сым өшірілген, жүктеме симметриялы |  | |  |  |  | |  |  | |  |  |  |  |  |
| Бейтарап сым қосылған, желілік сым үзілген |  | |  |  |  | |  |  | |  |  |  |  |  |
| Бейтарап сым қосылған, жүктеме симметриялы емес |  | |  |  |  | |  |  | |  |  |  |  |  |
| Бейтарап сым өшірілген, жүктеме симметриялы емес |  | |  |  |  | |  |  | |  |  |  |  |  |

**3. Жұмыс есебінің мазмұны**

Жұмыс есебінде мыналар қамтылуы керек:

а) жұмыстың атауы және жұмыстың мақсаты;

б) электр өлшеу аспаптарының техникалық деректері;

в) өлшеу құралдары қосылған эксперимент сұлбасы;

г) эксперимент нәтижелері бар кестелер;

д) барлық жүргізілген тәжірибелер үшін векторлық диаграммалар;

е) жұлдыз сұлбасы бойынша тұтынушыны қосу кезінде үш фазалы тізбектегі бейтарап сымның рөлі туралы қорытынды.

**4. Бақылау сұрақтары**

1. Жұлдызша жалғау дегеніміз не?

2. Үш фазалы қорек көзінің орамдарын жұлдызша сұлбасымен жалғағанда фазалық және желілік кернеулерінің қатынасы қандай?

3. Жұлдызшамен қосылған кезде фазалық және желілік токтардың қатынасы қандай?

4 Егер тұтынушы токтары белгілі болса, бейтарап сымдағы ток мөлшерін қалай анықтауға болады?

5. Бейтарап сым не үшін қолданылады?

6. Фазалық және желілік кернеуді өлшеу үшін вольтметрді қандай қысқыштарға қосу керек?

7. Қандай үш фазалы жүктеме симметриялы деп аталады?

8. Неліктен симметриялы емес жүктеме кезінде бейтарап сымның үзілуі апатты жағдай болып табылады?

**Жұмыс № 2-5.**

**ТҰТЫНУШЫЛАРЫ "ҮШБҰРЫШ" СҰЛБАСЫ БОЙЫНША ЖАЛҒАНҒАН ҮШ ФАЗАЛЫ ТІЗБЕК.**

**1. Жұмыс мақсаты**

Симметриялы және симметриялы емес тұтынушыларды үшбұрышпен жалғау кезінде үш фазалы тізбектің жұмыс ерекшеліктерін зерттеу, эксперимент нәтижелері бойынша векторлық диаграммалардың құруды игеру.

Минимодульдер тізімі

|  |  |
| --- | --- |
| Минимодуль атауы | Саны |
| Резистор 2 Вт 150 Ом | 3 |
| Тумблер (қосқыш) | 2 |

**2. Жұмысты орындау тәртібі**

2.1. Зертханалық қондырғымен танысу (қоректендіру модулі, мультиметрлер модулі, бағыттамалық өлшеу аспаптары, минимодульдер жиынтығы, теру алаңы).

2.2. Стендтің қорек модулін (QF1 ажыратқышы) және үш фазалы кернеу көзін қосыңыз. Мультиметрде айнымалы кернеуді өлшеу режимін орнатыңыз және мультиметрмен қорек көзінің желілік кернеулерін бос жүріс режимінде өлшеңіз. Өлшеу нәтижелерін 1- кестеге енгізіңіз. Қорек көзін өшіріңіз. Желілік кернеудің Uж орташа мәнін есептеңіз.

1-кесте

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| UАВ, В | UВС, В | UСА, В | Uж, В |
|  |  |  |  |

2.3. 1-суретке сәйкес тұтынушыларды үшбұрышпен жалғағандағы симметриялы үш фазалы тізбектің сұлбасын жинаңыз. Тексеруге сұлбаны дайындаңыз.

2.4. Қорек көзін (QF1 ажыратқышын), сондай-ақ тұрақты және үш фазалы кернеу көздерін қосыңыз. IAB, IВС, IСА фазалық токтарын және IА желілік токты, және тұтынушылардағы кернеуді өлшеңіз. Нәтижелерін 2-кестеге енгізіңіз.

2.5. SA1 қосқыштың көмегімен "В" фазасының желілік сымын ажыратып, IAB, ІВC, 1СА фазалық токтарын және 1А желілік токты, сондай-ақ тұтынушылардағы кернеуді өлшеңіз.

2.6. SA2 қосқышының көмегімен "СА" тұтынушы фазасындағы жүктемені өшіріңіз және өлшеулер жүргізіңіз. Нәтижелерін 2-кестеге енгізіңіз.

2.7. SA1 қосқышының көмегімен "В" фазасының желілік сымын және SA2 қосқышын қолдана отырып, "СА"тұтынушы фазасындағы жүктемені ажыратыңыз. Барлық фазалық токтарын. ІАВ, ІВС, ІСА және ІА желілік ток, сондай-ақ тұтынушылардағы кернеуді өлшеңіз. Нәтижелерін 2-кестеге енгізіңіз.Үш фазалы және тұрақты кернеу көздерін өшіріңіз.



1-сурет

2-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Жүктеме режимі | Жүктеме тогы, мА | | | | | | Қабылдағыштың фазаларындағы кернеу, В | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Симметриялық жүктеме |  | | | | | |  | | |
| «В» желілік сымының үзілуі |  | | | | | |  | | |
| «СА» қабылдағыштың фазасының үзілуі |  | | | | | |  | | |
| «СА» қабылдағыштың фазасының үзілуі және «В» желілік сымының үзілуі |  | | | | | |  | | |

2.8. Барлық тәжірибелер үшін масштабта векторлық диаграммалар тұрғызыңыз.

2.9. Векторлық диаграммалар бойынша зерттелген режимдер үшін ІВ және ІС желілік токтарды анықтаңыз.

2.10. Зерттелген режимдер үшін тұтынушыны үшбұрышпен жалғау кезінде желілік және фазалық токтардың өлшеу нәтижелерін салыстырыңыз.

2.11. Желілік және фазалық сымдардың үзілуінің тұтынушылардың жұмыс режиміне әсерін талдаңыз.

Стендтің қорек көзін өшіріңіз (қорек модулінің QF ажыратқышы).

**3. Есептің мазмұны**

Жұмыс есебі келесілерді қамтуы керек:

а) жұмыстың атауы және жұмыстың мақсаты;

б) электр өлшеу аспаптарының техникалық деректері;

в) өлшеу құралдары жалғану эксперимент сұлбасы;

г) эксперимент нәтижелері енгізілген кестелер;

д) барлық өткізілген тәжірибелер үшін векторлық диаграммалар ;

е) жұмыс бойынша қорытындылар.

**4. Бақылау сұрақтары**

1. Үш бір фазалы тұтынушы үшбұрышқа қалай қосылады?

2. Үш фазалы тұтынушының фазалық және желілік кернеулерін өлшеу үшін вольтметрді қайда қосу керек?

3. Үшбұрышша жалғанған симметриялы тұтынушының фазалық және желілік кернеулері қандай қатынаста болады?

4. Үшбұрышша жалғанған симметриялы тұтынушының фазалық және желілік токтарының қатынасы қандай?

5. Үшбұрыш жалғауы кезінде келесі формулаларды әрқашанда қолдануға болады ма?

ĪA = ĪAB – ĪCA, ĪB = ĪBC – ĪAB, ĪC = ĪCA – ĪBC

6. Үшбұрышқа қосылу кезінде әрқашан қатынас дұрыс па

ĪA + ĪB + ĪC = 0

7. Тұтынушының бір фазасының ажыратылуы басқа фазалардың жұмыс режиміне және үшбұрышша жалғанған барлық үш фазалы тізбектің жұмыс режиміне қалай әсер етеді?

8. Желілік сымның үзілуі үшбұрыш сұлбасымен жалғанған тұтынушылардың жұмыс режиміне қалай әсер етеді?

**№ 2-6 жұмыс**

**СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС АЙНЫМАЛЫ ТОК ТІЗБЕГІ**

1. **Жұмыс мақсаты**

Ферромагниттік жүрекшесі бар индуктивтілік катушкасының және конденсатордың вольтамперлік сипаттамаларын эксперименттік зерттеу. Өзекшесі бар катушкадағы ток қисығының пішінін зерттеу. Тәжірибелік нәтижелерді есептелген нәтижелермен салыстыру. Кернеу деңгейінің екі жақты шектегішінің жұмысымен танысу.

Минимодульдер тізімі

|  |  |
| --- | --- |
| Минимодуль атауы | Саны |
| Резистор 2 Вт 1 Ом | 1 |
| Резистор 2 Вт 22 Ом | 1 |
| Резистор 2 Вт 680 Ом | 1 |
| Индуктивтілік катушкасы | 1 |
| Конденсаторлар батареясы | 1 |
| Екіанодты стабилитрон | 1 |

1. **Жұмысты орындау тәртібі**

2.1. Зертханалық қондырғымен танысу (қоректендіру модулі, функционалдық генератор, мультиметрлер модулі, минимодульдер жиынтығы, осциллограф).

2.2. Ферромагниттік жүрекшесі бар индуктивтілік катушкасының вольтамперлі сипаттамаларын алу үшін 1- суретте көрсетілген электр тізбегін жинаңыз. Амперметр және вольтметр ретінде тиісті жұмыс режимдерінде мультиметрлерді қолданыңыз. Синусоидалы кернеудің реттелетін көзі ретінде 50 Гц жиіліктегі функционалды ГЕНЕРАТОР модулін қолданыңыз. Осциллографтың шықпаларына R1 қосымша резисторына параллель қосыңыз. Оқытушыға тексеру үшін сұлбаны ұсыныңыз.



1-сурет.

2.3. Индуктивтілік катушкасының UK=f(IK) вольтамперлік сипаттамасын алыңыз.

Амплитуда потенциометрдің тұтқасын шеткі сол жаққа орналастырыңыз. Қорек модулін (QF ажыратқышын) және ФГ қосыңыз. Кернеуді **Амплитуда** потенциометрмен нөлден біртіндеп арттыра отырып, UK катушкасындағы кернеуді және Ik тогын өлшеңіз. Өлшеу нәтижелерін 1- кестеге енгізіңіз. Өлшеу барасында осциллографтың көмегімен тізбектегі ток қисығының пішінін бақылаңыз. Ток қисығын сызыңыз. ФГ өшіріңіз.

1. кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| UK, В | 0 |  |  |  |  |  |  |
| Ik,  А |  |  |  |  |  |  |  |

2.4. Конденсатордың вольтамперлік сипаттамасын алу үшін өзекшесі бар катушканың орнына С конденсатор батареясын (конденсатор батареясының минимодулі) қосыңыз. Конденсатор батареясының минимодулінің қосқышын оқытушы берген позицияға орнатыңыз. ФГ-ні қосыңыз және конденсатордың вольтамперлік сипаттамасын алыңыз. 2.3 бөлімшедей етіп орындаңыз. Өлшеу нәтижелері 2-кестеге енгізіңіз. Қорек көзін өшіріңіз.

2-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| UС, В | 0 |  |  |  |  |  |  |
| IС,  А |  |  |  |  |  |  |  |

2.5. Алынған эксперименттік нәтижелерді қолдана отырып, ферромагниттік өзекшесі бар катушканың және конденсатордың вольтамперлік сипаттамаларын бір координат жүйесінде тұрғызыңыз. Тізбектей жалғанған ферромагниттік өзекшесі бар катушка және зерттелген конденсаторлы тізбектің вольтамперлік сипаттамасын құрыңыз.

1-сурет 2-сурет

2.6. Ферромагниттішесі бар катушка мен конденсатордың тізбектей жалғанған электр тізбегін жинаңыз (2-сурет).

Оқытушы сұлбаны тексергеннен кейін ФГ-ні қосыңыз. **Амплитуда** потенциометрмен кіріс кернеуін нөлден біртіндеп арттыра отырып, бүкіл тізбектің вольтамперлік сипаттамасын алыңыз. Өлшеу нәтижелерін 3-кестеде келтіріңіз.

3-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| U, В | 0 |  |  |  |  |  |  |
| I,  А |  |  |  |  |  |  |  |

2.7. Тізбектей жалғанған ферромагнитті жүрекшесі бар катушка мен конденсатордан тұратын тізбектің эксперименттік нәтижелері бойынша ВАС салыңыз. Алынған сипаттаманы есептеу сипаттамасымен салыстырыңыз.

2.8. Кернеу деңгей шектегішінің жұмысымен танысңыз. Ол үшін сұлбаны 3-сурет бойынша жинаңыз. VD1 екіанодты стабилитронға осциллографты параллель қосыңыз.

Кернеуді **Амплитуда** потенциометрмен нөлден біртіндеп көбейте отырып, осциллографпен шығыс кернеуінің формасын қарастырыңыз. Осциллографпен стабилитрондағы кернеу амплитудасын және мультиметрмен ток мәнін өлшеңіз және оларды 2С162А стабилитронының паспорттық деректерімен салыстырыңыз. Ең үлкен кіріс және оған сәйкес шығыс кернеулерінің осциллограммаларын сызыңыз, шығыс кернеуінің амплитудасын және стабилитрон арқылы өтетін ток мөлшерін өлшеңіз.

**3. Жұмыс есебінің** **мазмұны**

Жұмыс есебі келесілерді қамтуы керек:

а) жұмыстың атауы мен мақсаты;

б) эксперименттер сұлбалары және өлшеу нәтижелері бар кестелер;

в) есептік және эксперименттік вольтамперлік сипаттамалар;

г) кернеулер мен токтардың осциллограммалары;

д) есептеу нәтижелерін эксперименттік деректермен салыстыру;

е) зерттелген тізбектердің қасиеттері туралы қорытындылар.

**4. Бақылау сұрақтары**

1. Индуктивтілік катушкасының ферромагниттік өзекшесінің тағайындалуын түсіндіріңіз.

2. Өзекшенің катушканың индуктивтілігінің мөлшеріне әсерін түсіндіріңіз.

3. Өзекшеде ауа саңылауы болған кезде индуктивтілік катушкасының вольтамперлік сипаттамасы қалай өзгереді?

4. Неліктен өзекше әдетте бір-бірінен оқшауланған электр болат пластиналарынан жасалады?

5. Индуктивті катушканы синусоидалы кернеумен қоректендіргенде синусоидалы токтың формасының бұрмалану себебін түсіндіріңіз.

6. Ферромагниттік өзекшесі бар катушканың орын басу сұлбасының параметрлерін қалай анықтауға болады?

7. Сызықтық индуктивтілік катушкасы мен конденсатордың тізбектей жалғанғанда тізбекте кернеу резонансының пайда болуын қалай қамтамасыз етуге болады?

8. Кернеу феррорезонанс құбылысының ерекшеліктері қандай?

9. Неліктен конденсатордың сыйымдылығының жоғарылауымен триггерлік эффекг пайда болатын қорек кернеуінің өзгеруі мүмкін?

10. Феррорезонанстық құбылыстарды практикалық қолдану қандай?

11. Кернеу деңгейінің шектегішінің шығыс кернеуінің формасының өзгеру себебін түсіндіріңіз.

**Жұмыс № 2-7.**

**RL ЖӘНЕ RC ТІЗБЕГІНДЕГІ ӨТПЕЛІ ПРОЦЕСТЕР**

**1.Жұмыс мақсаты**

Зертханалық жұмыстың мақсаты - электр немесе магнит өрісінің бір энергия жинақтағышында жүретін өтпелі процестерді эксперименттік зерттеу.

Минимодульдер тізімі

|  |  |
| --- | --- |
| Минимодульдер | Саны |
| Дроссель | 1 |
| Конденсатор 1мкФ | 1 |
| Резистор 150 Ом | 1 |
| Резистор 330 Ом | 1 |
| Резистор 680 Ом | 1 |
| Резистор 1 кОм | 1 |

**2. Жалпы мәліметтер**

Электр тізбегінің бір жұмыс режимінен екіншісіне ауыстыру процесі *өтпелі* деп аталады.

Жалпы жағдайда электротехникада өтпелі процестің пайда болуы коммутация құбылысымен байланысты болады. Коммутация t = 0 уақытында басталып, бірден орындалады деген болжам қабылданады, яғни ∆tK =0 болғанда. Бұл жағдайда уақыттың екі моменті қарастырылады: t(-0) немесе t (0—) коммутациясының алдындағы уақыт моменті және t (0+) немесе t(+0) коммутациядан кейінгі уақыт моменті. Болжам ∆tK = 0 коммутация заңдарына сәйкес болады.

Коммутация кезінде индуктивтілігі бар тармақта ток өзгермейді, яғни iL (+0) = iL (-0) = iL (0). Коммутация кезіндегі сыйымдылықтағы кернеу өзгермейді, яғни uc(+0) = uc (-0) = uc (0).

uc (0) және iL(0) мәндері *тәуелсіз бастапқы шарттар* деп аталады. R, С идеалды элементтері үшін коммутация кезіндегі ток секіріспен өзгеруі мүмкін, яғни iR (—0)≠ iR (+0);

ic (—0) ≠ ic (+0). Коммутация кезінде R және L идеалды элементтері үшін кернеулер секіріспен өзгеруі мүмкін, яғни uR(—0) ≠ uR (+0); uL (—0) ≠ uL (+0). Ал, iR (+0), ic (+0), uR (+0), uL (+0) мәндері тәуелді бастапқы шарттар деп аталады.

Өтпелі процесте кернеулер мен токтардың лездік мәндері уақыттың периодтық функциялары болып табылмайды. Егер элементтегі кернеу мен токтың оң бағыттары бірдей болса, онда идеалды элементтердің теңдеулері келесідей болады:



Бір энергия жинақтағыш және тұрақты кернеу (ток) көзі бар тізбектегі өтпелі процесс сызықтық біртекті емес (F ≠ 0) дифференциалдық теңдеумен сипатталады:

Бұл теңдеуде тізбектің R - C үшін , R-L тізбегі үшін (t), F-кернеу немесе ток көздерінің шамаларына байланысты тұрақты, а және b уақытқа тәуелді емес коэффициенттер.

Бұл теңдеудің жалпы шешімі . түрінде болады. *(t)* шешімінің еркін компоненті біртекті дифференциалдық теңдеудің жалпы шешімі ретінде анықталады

*(t)=0*

*(t)=A* түрде болады, және мұндағы: A – интегралдау тұрақтысы; p= - а сипаттамалық теңдеудің түбірі p + a = 0. шамасы уақыт өлшеміне ие және уақыт тұрақтысы деп аталады. Уақыт аралығы үшін ∆t=τ шешімнің еркін компоненті e есе азаяды. өрнегі өтпелі процестің ұзақтығын бағалауға мүмкіндік береді. 4 τ-ден 5 τ-ге дейін қабылдауға болады.

шамасы теңдеудің жеке шешімі болып табылады

= *bF*

*=F* шамасы уақытқа тәуелді емес және коммуникациядан кейін белгіленген режимде есептелуі мүмкін.

Жалпы шешім *x(T)= A+*. түрінде болады. А интеграциясының тұрақтысы тәуелсіз бастапқы шарттардан анықталады *t=0 A+ = x(0)* и *A=x(0)-.*

**3. Жұмыстың мазмұны мен орындалу тәртібі**

Зертханалық жұмыста кернеу көзі функционалды ГЕНЕРАТОР модулі болып табылады. Уақытқа тәуелділікті бақылау үшін ОСЦИЛЛОГРАФ қолданылады, электр тізбегінің пассивті элементтері минималды модульдерден таңдалады: дроссель, 1 мкФ конденсаторы және резисторлар. RK катушкаларының активті кедергісі мультиметрмен өлшенеді. L индуктивтілігі есептеу арқылы дроссельді 50 Гц жиіліктегі функционалды генераторға қосу және кернеу мен токты өлшеу арқылы анықталады.

Электрондық осциллограф периодты процестерді байқауға мүмкіндік береді. Сондықтан жұмыста тізбекті кернеуге тік бұрышты пішінді ауыспалы импульстар түрінде қосқан кезде өтпелі процесс зерттеледі (1-сурет). Егер уақыт аралығы 0,5Т = Тпп және Tпп = 5τ қабылдаса, онда импульстардың жиілігі ƒ = 1/T = 1/10τ.



1-сурет

**R-C** тізбегіндегі өтпелі процесс

\* 2-суретте көрсетілген сұлба бойынша электр тізбегін жинаңыз. **R-C** тізбегін **ФУНКЦИОНАЛДЫ ГЕНЕРАТОР**ын модулінің шығысына қосыңыз.



2-сурет

\* Оқытушының қатысуымен жиналған электр тізбегін тексеріңіз.

\* Оқытушымен берілген хаттамаға +U немесе —U.кернеуіне зерттелетін тізбектерді қосу.

\* Оқытушы белгілеген элементтердің параметрлерін орнатыңыз. Бақылау хаттамасында көрсетілген алдын ала есептеулерді орындаңыз.

\* **Қорек модулінің** **QF** автоматты ажыратқышын және **ФУНКЦИОНАЛДЫ ГЕНЕРАТОР**дың **ЖЕЛІ** қосқыштарын қосыңыз. **Форма** қосып ажыратқышын жағдайға қосыңыз. Реттегішпен жиілікті модульдің шығысында хаттамада есептелген f жиілігін орнатыңыз . **АМПЛИТУДА**лық реттегішпен U= 5 В кернеуінің мәнінің шамасын орнатыңыз. • ОСЦИЛЛОГРАФты қосыңыз. Нөл сызығын орнатыңыз. Реттегіштің тұтқасын сағат тілімен бұраңыз.

\* Осциллографтың 1 кірісін қорек көзіне қосыңыз. Экран аймағын барынша пайдалану үшін күшейту қосқышын кернеу бойынша орнатыңыз. Кернеу қосқышындағы mU масштабын қолдана отырып, кіріс кернеуінің амплитудасы Um = 5 В екеніне көз жеткізіңіз. Басқа тәжірибелерде осциллографты орнатудың көрсетілген тәртібін қолданыңыз.

\* Осциллографтың 1- кірісін С конденсаторына қосыңыз. Осциллограф экранынан uc(t). тәуелділік қисығын калька қағазына салыңыз. Суретте mu масштабын көрсетіңіз.

R-L **тізбегіндегі өтпелі процесс.**

\* R-L тізбегін функционалды генераторын модуль шығысына қосыңыз. Rк катушкалар кедергісі мультиметрмен өлшенеді. Резистор Rш = 10 Ом шағын модульдер жиынтығынан алынады.

\* Оқытушының қатысуымен жиналған электр тізбегін тексеріңіз.

\* Оқытушы белгілеген элементтердің параметрлерін орнатыңыз. Өлшеу хаттамасында көрсетілген алдын ала есептеулерді орындаңыз.

\* Осциллографтың 1 кірісін Rш. резисторына қосыңыз. Uш (t) тәуелділік қисығын осциллограф экранынан қағазға салыңыз. Суретте тU масштабын жазыңыз.

\* Сигналдардың осциллограммаларын өлшеу хаттамасына бекітіңіз.

\* Өлшеу хаттамасын оқытушыға бекітіңіз.

\* Қорек модулінің **QF** ажыратқышын, модуль **ФУНКЦИОНАЛДЫҚ ГЕНЕРАТОР-дың** желілік қосқышын және **ОСЦИЛЛОГРАФ-**ты өшіріңіз.

**4.** **Жұмыс есебі** **мазмұны**

Жұмыстың есебі қамтуы керек:

а) жұмыстың атауы және жұмыстың мақсаты;

б) өлшеу аспаптары қосылған эксперименттер сұлбасы;

в) өтпелі процестерді есептеу;

г) эксперименталды түрде алынған осциллограммалар;

д) жұмыс бойынша қорытынды.

**5. Бақылау сұрақтары**

1. "Өтпелі процестер"терминін түсіндіріңіз?

2. Элементтердің сыйымдылығы мен индуктивтілігінің мәндері өтпелі процесс түріне қандай әсер етеді?

3. Электр энергиясын сақтау дегеніміз не? Бұл функцияны қандай элементтер орындай алады?

**Жұмыс № 2-8.**

**С КОНДЕНСАТОРЫНЫҢ R-L ТІЗБЕГІНЕ РАЗРЯДЫ**

**1. Жұмыстың мақсаты**

Жұмыстың мақсаты-электр және магнит өрісінің екі тәуелсіз энергия сақтаушысы бар тізбектегі еркін процесті эксперименттік зерттеу.

Минимодульдер тізімі

|  |  |
| --- | --- |
| Минимодульдер тізімі | Саны |
| Диод | 1 |
| Дроссель | 1 |
| Конденсатор 1мкФ | 1 |
| Резистор 150 Ом | 2 |
| Резистор 330 Ом | 1 |
| Резистор 680 Ом | 1 |
| Резистор 1 кОм | 1 |

**2.Жалпы мәліметтер**

Екі тәуелсіз энергия жинағышы бар тізбектегі еркін процесс (1-сурет) тізбек кернеу көзінен ажыратылған кезде пайда болады.

Кирхгоф теңдеуі

және элементтер теңдеуі:

;



Екі сызықтық дифференциалдық теңдеулердің біртекті жүйесін анықтаңыз:

Біртекті жүйенің жалпы шешімі тек еркін компоненттеріне ие.

Олардың түрін анықтау үшін det(A-p1)=0 сипаттамалық теңдеуінің түбірлерін табу керек,

Мұндағы 1-бірлік матрица. Нәтижесінде біз келесіні аламыз

Сипаттамалық теңдеудің түбірлері

Мұндағы – *R-L-C* контурының резонанстық жиілігі

Еркін процестің сипаты түбірлерінің түріне байланысты болуы мүмкін:

1. Теріс нақты әртүрлі, егер болса;
2. кешенді түйіндес теріс заттық бөлігімен, егер = , ондағы = өшетін тербелістердің жиілігі;
3. Теріс нақты әртүрлі, егер

Әртүрлі түбір болғанда ортақ шешім келесідей болады:

.

Егер , болса процесс апериодты ; – тербелмелі деп аталады. Өтпелі процестің сипатының ауысуы, мұндағы контурдың сипаттық кедергісі.

Сипаттамалық теңдеудің түбірлері өтпелі процестің ұзақтығын бағалауға мүмкіндік береді. Өтпелі процестің уақыты, әдетте, еркін құрамдасы ...... азаятын аралық болып саналады. Апериодты процестің уақытын, келесідей бағалауға болады , мұндағы -сипаттамалық теңдеудің түбірінің кіші модулі. Тербелмелі өтпелі процестің уақыты. .

Токтар мен кернеулердің тәуелділігі 2-суретте апериодтық және 3-суретте тербелмелі өтпелі процесс үшін көрсетілген.



2-сурет 3-сурет

Интегралдау тұрақтыларын есептеу кезінде тәуелсіз бастапқы шарттар қолданылады. Тәуелсіз бастапқы жағдайларға конденсатордағы кернеу және катушкалар арқылы ток жатады. Бұл шамалар коммутация кезінде өз мәндерін сақтайды.

екі теңдеу керек, оларда функциялардың шамалары және оның коммутация моментіндегі шамалары көрсетілуі керек:

болғанда , Егер болса (13.4-сурет),

болғанда және .

**3. Жұмыстың мазмұны мен орындалу тәртібі**

3.1 Эксперименттің сипаттамасы

Зертханалық жұмыста С конденсаторының R, L тізбегіне разрядтау процесі 1-суретте көрсетілген сұлба бойынша зерттеледі.

Зертханалық жұмыста ФУНКЦИОНАЛДЫ ГЕНЕРАТОР модулі қолданылады. Уақытқа тәуелділікті бақылау үшін ОСЦИЛЛОГРАФ қолданылады. Электр тізбегінің пассивті элементтері шағын модульдерден таңдалады: диод, дроссель, 1 мкФ конденсаторы және резисторлар. RK катушкаларының активті кедергісі мультиметрмен өлшенеді.

С конденсаторы 0-ден Т/2-ге дейінгі уақыт аралығында VD1 диоды және Ri резисторы арқылы Uт кернеуіне дейін, модуль шығысынан ФУНКЦИОНАЛДЫ ГЕНЕРАТОР арқылы зарядталады. t = Т/2 уақытында модульдің шығысындағы кернеу —Uт тең болады және VD1 диоды жабылады. С сыйымдылығы R-L тізбегіне разрядталады (4-сурет ). Әрі қарай процесс қайталанады, бұл осциллограф экранында уақытша тәуелділікті байқауға мүмкіндік береді.



4- сурет

5-суретте көрсетілген сұлбаға сәйкес электр тізбегін жинаңыз. С конденсаторы 1 мкФ, индуктивтілік L - дроссель, R, Ri резисторлары және VD1 диоды – минимодульдерден алынады.



5-сурет.

Оқытушының қатысуымен жиналған электр тізбегін тексеріңіз.

R1 резисторын 1 кОм мөлшерінде орнатыңыз. RK катушкасының активті кедергісін мультиметрмен өлшеңіз. Мәндерді өлшеу хаттамасына жазыңыз.

ҚОРЕК МОДУЛІнің QF автоматты ажыратқышын және ФУНКЦИОНАЛДЫ ГЕНЕРАТОРдың ЖЕЛІ модулінің қосқышын қосыңыз. Форма қосқышы Чз күйіне қосыңыз. Жиілік реттегішпен ФУНКЦИОНАЛДЫ ГЕНЕРАТОР модульдің шығысында f =20...50 Гц. жиілігін орнатыңыз. Амплитуда реттегішімен кернеуідің U = 5 В әрекеттік мәнінің шамасын орнатыңыз. f және U шамаларын өлшеулер хаттамасына жазыңыз.

ОСЦИЛЛОГРАФ-ты қосыңыз. Сигналдың нөлдік мәнін орнатыңыз, вертикал сызба реттегішінің тұтқасын сағат тілімен бұраңыз.

Осциллографтың кірісін 1қорек көзіне қосыңыз. Осциллографтың көлденең сызбасын тұтқаларын экранда бір тербеліс кезеңі толық болатындай етіп орнатыңыз. Экран аймағын барынша пайдалану үшін күшейту қосқышын кернеу бойынша орнатыңыз. Кернеу бойынша күшейту қосқышындағы масштабты қолдана отырып, кіріс кернеуінің амплитудасы Uт =5 В екеніне көз жеткізіңіз. Басқа тәжірибелерде осциллографты орнатудың көрсетілген тәртібін қолданыңыз.

3.2. С сыйымдылығының R-L тізбегіне апериодтық разряды

R = 1 кОм кедергісінің шамасын орнатыңыз. Өлшеу хаттамасында Rкр кедергісінің мәнін есептеңіз. R+ RK >Rкр екеніне көз жеткізіңіз.

Осциллографтың1 кірісін R резисторына қосыңыз. Осциллограф экранынан Ur(t) тәуелділік қисығын қағазға салыңыз. Суретте масштабты / % көрсетіңіз.

Осциллографтың 1 кірісін С конденсаторына қосыңыз. Суретте масштабты көрсетіңіз.

3.3. С сыйымдылығының R-L тізбегіне тербелмелі разряды

Кедергі мәнін R = 680 Ом (330 Ом, 150 Ом — оқытушының нұсқауы бойынша) орнатыңыз. R+ RK <RKP екеніне көз жеткізіңіз.

Осциллографтың 1 кірісін R резисторына қосыңыз. Суретте масштабты жазыңыз. uR(t). тәуелділік қисығын осциллограф экранынан калькаға түсіріңіз. Суретте ти.масштабын келтіріңіз.

Осциллографтың 1 кірісін С конденсаторына қосыңыз. Суретте масштабты жазыңыз. uс(t). тәуелділік қисығын осциллограф экранынан калькаға түсіріңіз.

Сипаттамалық теңдеулердің түбірін есептеңіз.

Әр түрлі түбірлерге арналған ток және кернеу функциялары және олардың туындылары:

;

).

**4. Жұмыс есебі** **мазмұны**

Жұмыс есебі қамтуы керек:

а) жұмыстың атауы және жұмыстың мақсаты;

б) өлшеу аспаптары қосылған эксперименттер сұлбасы;

в) конденсатордың апериодтық және тербелмелі разрядындағы өтпелі процесті классикалық әдіспен есептеу;

г) конденсатордағы және шунттағы кернеулердің есептік графиктері және оларды эксперименталды түрде алынған тәуелділіктермен салыстыру;

д) жұмыс бойынша қорытынды.

**5. Бақылау сұрақтары**

1. "Өтпелі процестер"терминін түсіндіріңіз?

2. Элементтердің сыйымдылығы мен индуктивтілігінің мәндері өтпелі процесс түріне қандай әсер етеді?

3. Электр энергиясын жинақтағыш дегеніміз не? Бұл функцияны қандай элементтер орындай алады?

4. Апериодтық өтпелі процесс дегеніміз не?

5. Тербелмелі өтпелі процесс қашан пайда болады? Оның пайда болу шарттарын тұжырымдаңыз.

**Жұмыс № 2-9.**

**БІР ФАЗАЛЫ ТРАНСФОРМАТОР**

**1. Жұмыс мақсаты**

Бір фазалы трансформатордың мақсаты мен негізгі сипаттамасымен, жүктеменің әр түрлі сипаты бар трансформатордың жұмысымен танысыңыз.

Минимодульдер тізімі

|  |  |
| --- | --- |
| Минимодульдер тізімі | Саны |
| Трансформатор | 1 |
| Резистор 2 Вт 22 Ом | 1 |
| Тумблер (қосқыш) | 3 |
| Конденсаторлар батареясы | 1 |
| Потенциометр ППБ-ЗА-150 | 1 |

**2. Жұмысты орындау тәртібі**

Зертханалық қондырғымен танысу (қорек модулі, минимодульдер жиынтығы, мультиметр модулі, қуат өлшегіш).

Электр тізбегін жинаңыз (1-сурет).



1-сурет

Бастапқы кернеу ретінде үш фазалы қорек көзінің кернеуін қолданыңыз. Трансформатордың екінші жағында вольтметр ретінде айнымалы кернеуді өлшеу режимінде мультиметр қолданыңыз. Конденсатор батареясының минимодулін сыйымдылық жүктемесі ретінде пайдаланыңыз. Ауыстырып қосқыш батарея конденсаторлардың ұстанымын "О"-ға қойыңыз. Активті жүктеме ретінде тұрақты резистор R=22 Ом және айнымалы кедергі сұлбасы бойынша қосылған 150 Ом кедергісі бар RP1 потенциометрін қолданыңыз. Оқытушыға тексеру үшін сұлбаны көрсетіңіз.

Стендтің қорек көзін, тұрақты және айнымалы кернеу көздерін, мультиметр мен қуат өлшегішін қосыңыз. Трансформатордың бірінші реттік U1o және екінші реттік U2o кернеулерінің шамасын бос жүріс режимінде өлшеңіз. Өлшеу нәтижелері 1-кестеге енгізіңіз. Өлшеу нәтижелері бойынша К12 трансформаторының трансформация коэффициентін есептеңіз.

1-кесте

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| U1o, В | U2o. В | К12 |
|  |  |  |

Жүктеменің активті сипаты бар жұмыс режиміндегі трансформаторды зерттеңіз. Ол үшін SA1 және SA2 қосқыштарын жабыңыз және RP1 жүктеме кедергісінің мәнін өзгерте отырып, 2-кестеде көрсетілген мәндерді өлшеңіз.

2-кесте

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Өлшенген | | | | | | Есептелген | |
| Екінші реттік тізбек | | |  | Бірінші реттік тізбек | | Р2, Вт | η |
| I2, мА | U2, В | U1, В | | P1,  Вт | Cosφ1 |  |  |
|  |  |  | |  |  |  |  |

Зерттеу нәтижелері бойынша екінші реттік тізбектің активті қуатын және трансформаторының пайдалы әсер коэффициентін η есептеңіз. Трансформатордың активті жүктеме сипатына қарай U2=f(I2) сыртқы сипаттамасын құрыңыз, бірінші реттік токтың екінші реттік ток шамасына тәуелділігі I1=f(l2), трансформатордың пайдалы әсер коэффициентінің және оның қуат коэффициентінің екінші реттік тізбектің P2 активті қуатына тәуелділігін көрсетіңіз. Сыйымдылық жүктемелі трансформатордың сыртқы сипаттамасын алыңыз. Ол үшін SA3 қосқышын ашыңыз. С конденсаторларының батарея сыйымдылығының мәнін С конденсаторларының батареясының минимодуль қосқышын қолдана отырып өзгертіңіз. Өлшеулер нәтижесін 3-кестеге енгізіңіз. Зерттеу нәтижелері бойынша сыйымдылық жүктемесі бар трансформатордың сыртқы сипаттамасын құрыңыз, оны активті жүктеме кезінде алынған сипаттамамен салыстырыңыз. Стендтің қорек көзін өшіріңіз.

**3. Жұмыс есебі** **мазмұны**

Жұмыс есебі келесілерді қамтуы керек:

а) жұмыстың атауы және жұмыстың мақсаты;

б) өлшеу аспаптары қосылған эксперименттер сұлбасы;

в) эксперименттер нәтижелері бар кестелер;

г) эксперименттік сипаттамалар:

д) жұмыс бойынша қорытынды.

**4. Бақылау сұрақтары**

1. Трансформатор не үшін арналған?

2. Трансформатордың жұмыс принципі қандай?

3. Трансформация коэффициентін қалай анықтауға болады?

4. Неліктен жүктеме тогының жоғарылауымен трансформатор желіден тұтынатын ток артады?

5. Неліктен жүктеме өзгерген кезде трансформатордың ПӘК-і өзгереді?

6. Трансформатор бос жүріс және қысқа тұйықталу режимінде тұтынатын активті қуатты қандай процестер сипаттайды?

7. Неліктен активті жүктеме кезінде токтың жоғарылауы екінші реттік кернеудің төмендеуіне әкеледі?

8. Неліктен трансформатордың сыртқы сипаттамасы жүктеме сипатына байланысты?

1. \* өлшеуіш аспаптардың типтері олардың параметрлерінің нашарлауынсыз өзгеруі мүмкін. [↑](#footnote-ref-1)