**Коммерциялық емес акционерлік қоғам**

**АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ**

Өндірістік қондырғылардың электр жетегі және автоматтандырылуы

# ЭЛЕКТРТЕХНИКА НЕГІЗДЕРІ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРОНИКА

5В073100 – Қоршаған ортаны қорғау және өмір тіршілігінің қауіпсіздігі мамандығының студенттеріне зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар

Алматы 2016

Құрастырғандар: Алдибеков И.Т., М.Б. Жаркымбекова., Даркенбаева Э.Б., Кузьмин И.В. Электртехника негіздері және электроника. 5В073100 – Қоршаған ортаны қорғау және өмір тіршілігінің қауіпсіздігі мамандығының студенттеріне зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар.- Алматы: АЭжБУ, 2016.–61б.

Әдістемелік нұсқауларда жұмыстарды орындау бағдарламасы, тәжірибеге дайындық және оны жүргізу тәсілдері, алынған нәтижелерді талдау қарастырылған.

Әр зертханалық жұмыс келесі бөлімдерден тұрады: жұмыстың мақсаты, жұмысқа дайындық, бақылау сұрақтары, жұмыстың бағдарламасы мен орындалу тәртібі, жұмыс бойынша қорытынды. Әр тапсырманы іске асыру үшін зерттелетін электрлік сұлбалар, тәжірибелер мен есептеулер нәтижелеріне қатысты кестелер келтірілген, тапсырманы орындау үшін түсініктеме берілген.

Әдістемелік нұсқаулар 5В073100 – Қоршаған ортаны қорғау және өмір тіршілігінің қауіпсіздігі мамандығының студенттеріне зертханалық жұмыстарды орындауға арналған.

Без. 23, кест.30, әдеб. – 9 атау.

Пікір беруші: т.ғ.к., доцент Матаев У.М.

«Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2016ж. баспа жоспары бойынша басылады.

© «Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2016ж.

Аннотация

В настоящее время актуальным остается вопрос об использовании электрической энергии, так как из всех используемых видов энергии наиболее широко применяется электрическая энергия.

Ее свойства обеспечивают преимущества перед другими видами энергии: относительная простота получения за счет преобразования других видов энергии; простота передачи энергии на большие расстояния и распределение между потребителями; совершенство преобразования в другие виды энергии; простота изменения параметров.

Эти свойства электрической энергии позволили решить не только основные вопросы электроэнергетики, но и поднять электротехническую науку на качественно новый уровень.

Электротехника – это наука о процессах, связанных с практическим применением электрических и магнитных явлений.

Учебное пособие разработано в соответствии с рабочей программой для студентов (syllabus) и достаточно полно отражает содержание дисциплины.

В работе рассмотрены основные законы и методы анализа простых и сложных цепей постоянного, переменного и трехфазного тока, классический метод анализа переходных процессов в цепях первого и второго порядка.

Наряду с электрическими цепями, в данной работе рассмотрены свойства и методы анализа магнитных цепей, режимы работы трансформатора, режимы работы электрических машин постоянного и переменного тока.

В разделе, посвященном вопросам электроники, рассмотрены: принцип работы полупроводниковых приборов, их применение в качестве однофазных и трехфазных выпрямителей.

Для лучшего освоения предмета приведены решения типичных задач электротехники с пояснениями, приведены контрольные вопросы. Весь материал сопровождается иллюстрирующими рисунками, математическими формулами, описывающими процессы в электрических цепях.

## Мазмұны

1 Зертханалық жұмыс №1. Тұрақты токтың сызықты электр тізбектерін зерттеу……..... 3
2 Зертханалық жұмыс №2. Бір фазалы синусоидалы токтың электр тізбектерін зерттеу ……..... 6
3 Зертханалық жұмыс №3. Кернеу резонансын зерттеу……..... 9
4 Зертханалық жұмыс №4. Симметриялы қорек көзі және «жұлдызша» сұлба бойынша жалғанған жүктемесі бар үш фазалы тізбекті зерттеу……..... 11
5 Зертханалық жұмыс №5. Симметриялы қорек көзі және

«үшбұрыш» сұлба бойынша жалғанған жүктемесі бар үш фазалы тізбекті зерттеу..... 15
6 Зертханалық жұмыс №6. Электрлік вентилдері бар тізбекті зерттеу……..... 18
7 Зертханалық жұмыс №7. RC байланысы бар екі каскадты күшейткішті зерттеу……. 20
8 Зертханалық жұмыс №8. Операциялық күшейткішті зерттеу……..... 28
9 Зертханалық жұмыс №9. Бір фазалы екі орамалы трансформаторды зерттеу……. 34
10 Зертханалық жұмыс №10. Фазалық роторлы асинхронды электрлік қозғалтқышты зерттеу…….. 36
11 Зертханалық жұмыс №11. Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды электрлік қозғалтқышты зерттеу ……... 45
12 Зертханалық жұмыс №12. Асинхронды машинаны асинхронды генератор режімінде зерттеу..... 53
Әдебиеттер тізімі…….....……..... 61

## 1 Зертханалық жұмыс №1. Тұрақты тоқтың сызықты электр тізбегін зерттеу

**Жұмыстың мақсаты:** тұрақты ток тізбектерді есептеудің негізгі тәсілдерін (Кирхгоф заңдарын тікелей пайдалану тәсілі, контурлық токтар тәсілі, беттестіру тәсілі) тәжірибе арқылы тексеру.

### 1.1 Жұмысқа дайындық

*Бақылау сұрақтарына* жауап беру және зертханалық жұмысты өткізуге дайындық жасау: зерттелетін сұлбаның суретін және тәжірибелік деректерді енгізетін кестелер болу керек.

### 1.2 Жұмыс орындаудың тәртібі

1.2.1 Берілген сұлбаны сызып алу керек (сұлбаның нұсқасын оқытушы көрсетеді) және сұлбаның тармақтарындағы токтардың бағыттарын өз қалауы бойынша көрсету керек. Зерттелетін сұлбалардың нұсқалары 1.1 – суретте берілген. Параметрлердің мәні 1.1 – кестеде көрсетілген. Нәтижелерді 1.1 кестеге енгізу керек.

1.2.2 Алдын ала бір ЭҚК–нің көзі, резисторлары және өлшегіш аспаптары бар сұлбаны сызып және жинап, амперметр және вольтметр көмегімен берілген тізбектегі резисторлардың параметрлерін (шамаларын) анықтау керек.

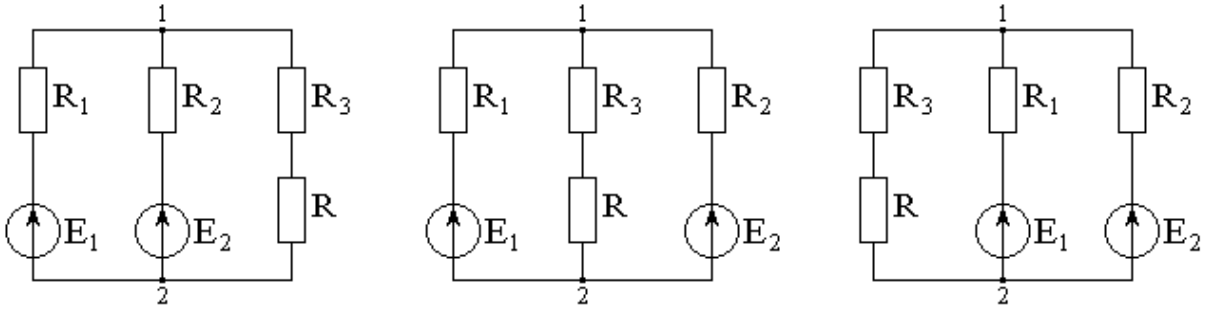
1.1 кесте – Зерттелетін сұлбаның нұсқалары және резисторлардың параметрлері

| Нұсқа | *Сұлба №* | $E_1$, В | $E_2$, В | $R_1$, Ом | $R_2$, Ом | $R_3$, Ом | $R$, Ом |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 15 | 7 | 220 | 330 | 150 | 47 |
| 2 | 2 | 9 | 15 | 470 | 680 | 330 | 220 |
| 3 | 3 | 15 | 12 | 680 | 1000 | 470 | 150 |

1.2.2 Әмбебап сандық аспап көмегімен берілген электр тізбегінің элементтерінің нақты параметрлерін өлшеу. Нәтижелерді 1.2 – кестеге енгізу керек.

1.2 кесте – Резисторларды өлшеу нәтижелері

| *Тізбек элементі* | $R_1$ | $R_2$ | $R_3$ | $R$ |
|---|---|---|---|---|
| $R$, Ом | | | | |




сұлба 1 сұлба 2 сұлба 3

1.1 сурет – Зерттелетін сұлбалардың нұсқалары

1.2.3 Берілген $E_1$ *мен* $E_2$ және резисторлардың мәндері бойынша оқытушы берген әдіспен зерттеліп жатқан тізбектің тармақтарындағы токтарды есептеу керек.

1.2.4 Резисторлар мәні арқылы есептеу нәтижелерін 1.3 – кестедегі «Есеп» жолына енгізіңіз.

1.2.5 Өз нұсқаңыздың сұлбасын жинаңыз, берілген $E_1$ *мен* $E_2$, резистор мәнін қойыңыз. Тізбектің элементтеріндегі кернеуді және тармақтардағы токты өлшеңіз. Амперметрді тізбекті бөліп, ток бағыты аспаптың «+» пен «–» бағытына сәйкес болатындай бағытта қосады. Сонда аспап қажетті токтың таңбасын және шамасын көрсетеді. Вольтметр тізбек элементтеріне параллель, аспаптың «+» пен «–» бағытына сәйкес болатындай бағытта қосылады. Сонда аспап кернеудің шамасын және таңбасын көрсетеді. Ескере кететін жайт, пассивті элементте кернеудің түсу бағыты сол жердегі токтың бағытымен сәйкес болады.

Аспаптың «минус» клеммасы қара түсті болады және «□» немесе «com» белгісімен көрсетіледі.

Өлшеу нәтижелерін 1.3 – кестедегі «*Тәжірибе*» жолына енгізу керек. Өлшенген шамалардың мәндерін және бағыттарын белгілеудің дұрыстығын Кирхгофтың бірінші және екінші заңдары бойынша құрылған теңдеулерге қойып, тексеру керек.

1.3 кесте – Тізбектегі кернеу мен токтың өлшенген мәндері

| | $E_1$, В | $E_2$, В | $I_1$, мА | $I_2$, мА | $I_3$, мА | $U_{R1}$, В | $U_{R2}$, В | $U_{R3}$, В | $U_R$, В |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Тәжірибе* | | | | | | | | | |
| *Есеп* | | | | | | | | | |
| $\delta$, % | | | | | | | | | |

1.2.6 Сұлбаның 1 түйіні үшін токты өлшеудің $\delta_I$,% қателігін есептеу керек. Ол үшін түйіндегі токтардың алгебралық қосындысын максималды мәні бар токқа қатынасын алу керек, яғни

$$\delta_I,\% = \frac{\sum_{k=1}^{n} I}{I_ш} 100\% .$$

Нәтижесін 1.4 – кестеге енгізіңіз.

1.4 кесте – Токтарды анықтаудың қателігі

| Тізбек түйіні | $I$, мА | $I_{max}$, мА | $\delta_I$,% |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |

1.2.7 Сұлбаның екі контуры үшін кернеуді өлшеудің қателігін есептеу керек. Ол үшін контурдың ішіндегі элементтердің кернеулері мен ЭҚК көздердің кернеулерінің алгебралық қосындысын максималды мәні бар кернеуге қатынасын алу керек, яғни

$$\delta_U,\% = \frac{\sum_{k=1}^{n} U}{U_ш} 100\% .$$

1.5 кесте - Кернеулерді анықтау қателігі

| Тізбек контуры | $\sum_{k=1}^{n} U, B$ | $U_{max}$, В | $\delta_U$,% |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | | | |

1.2.8 Активтік екі ұштықтан пассивтік екі ұштыққа максималды қуаттың беріліс жағдайын тексеру керек. Ол үшін тұрақты *R* резистордың орнына айнымалы резисторды қосу керек және оның мәнін *0*-ден (қысқа тұйықталу режимі ) ∞-ге (бос жүріс режимі) өзгертіп, амперметрдің және вольтметрдің көрсетулерін жазып алу керек. Айнымалы *R* резистордағы бөлініп шығатын қуатты есептеу керек *($P = I^2R$)* және *$P = f(I)$* тәуелділіктің графигін құру керек.

1.6 кесте – Айнымалы резисторы бар тармақтағы өлшеулер

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *U*, В | 0 | | | | | | |
| *I*, мА | | | | | | | 0 |
| *R*, Ом | 0 (қ.т.) | | | | | | ∞(б.ж.) |
| *P*, мВт | 0 | | | | | | 0 |

График бойынша $P_{max}$ максималды қуатты және оған сәйкес $I_{max}$ токты анықтау керек. Максималды қуат жүктеме кедергісінің (айнымалы резистордың) қандай мәнінде $R_{жүкт}$ бөлінетіндігін есептеу керек:

$$R_{жүк} = \frac{P_{\max}}{I^2} \quad . \qquad (1.1)$$

Жұмыс туралы қорытынды**.**

Алынған мәліметтер мен есептеу нәтижелері туралы қорытынды жасалуы керек, өзгешеліктері болса себептерін түсіндіру керек.

Бақылау сұрақтары:

1) *Амперметр* және *вольметр* арқылы резистор кедергісінің шамасын қалай анықтауға болады?

2) Сұлбадағы тармақтағы *токты өлшеу үшін* әмбебап сандық аспапты қалай қосу керек?

3) Сандық аспап арқылы сұлба элементіндегі *кернеуді* қалай өлшейді?

4) Зерттелетін сұлба үшін теңдеулер жүйелерін құру керек:

- *Кирхгоф заңдары бойынша;*

- *контурлық токтар тәсілі бойынша;*
- *түйінді потенциалдар тәсілі бойынша.*

5) Контурлық токтар тәсіліне және беттестіру тәсіліне түсініктеме беріңіз.

## 2 Зертханалық жұмыс №2. Бір фазалы синусоидалы токтың сызықты электр тізбегін зерттеу

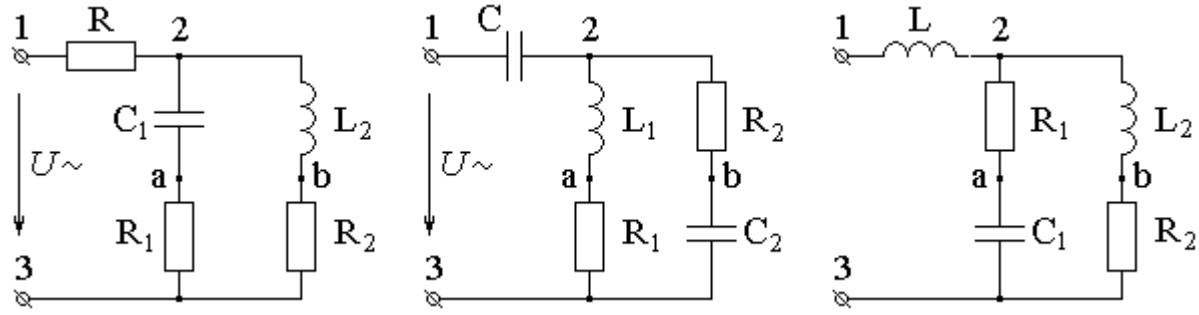
*Жұмыстың мақсаты:* синусоидалы ток тізбегіндегі токтарды және кернеулерді өлшеуді үйрену. Тізбектің элементтерінің параметрлерін ток пен кернеудің әрекеттік мәндері арқылы анықтау, синусоидалы токтың тармақталған тізбектерін балама түрлендіру және оларды есептеуге дағдылану.

### 2.1 Жұмысқа дайындық

*Бақылау сұрақтарына* жауап беру және зертханалық жұмысты өткізуге дайындық жасау: зерттелетін сұлбаның суретін және тәжірибелік деректерді енгізетін кестелер болу керек.

### 2.2 Жұмысты орындау тәртібі

2.2.1 Берілген сұлбаны сызып алу керек (сұлбаның нұсқасын оқытушы көрсетеді) және сұлбаның тармақтарындағы токтардың бағыттарын өз қалауынша көрсету керек. Зерттелетін сұлбалардың нұсқалары 2.1 – суретте берілген. Элементтердің параметрлерінің мәні 2.1 – кестеде көрсетілген.




сұлба 1 сұлба 2 сұлба 3

2.1 сурет - Зерттелетін сұлбалардың нұсқалары

2.1 кесте – Зерттелетін сұлбалардың нұсқалары және параметрлерінің мәндері

| *Сұлба нұсқалары* | $U_{кір}$, В | *f*, Гц | *R*, Ом | $R_1$, Ом | $R_2$, Ом | *L*, мГн | $L_1$, мГн | $L_2$, мГн | *C*, мкФ | $C_1$, мкФ | $C_2$, мкФ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 1000 | 220 | 330 | 150 | – | – | 100 | – | 1,0 | – |
| 2 | 7 | 1900 | – | 390 | 330 | – | 40 | – | 0,47 | – | 0,056 |
| 3 | 9 | 2500 | – | 220 | 470 | 10 | – | 10 | – | 0,1 | – |

2.2.2 Қоректендіруші көз ретінде пішіні үш түрлі сигнал бере алатын реттелмелі кернеу көзі қолданылады. Оның ауыстырғышы (переключатель) алдын-ала синусоидалы сигнал беретін режимге қойылады. Тізбектің кірісіне нұсқаға (вариант) сәйкес $U_{кір}$ кернеу және $f$ жиілік берілуі керек.

2.2.3 Тізбектің сұлбасын жинап, тармақтағы токтарды, элементтердегі кернеулерді және $a$ мен $b$ нүктелер арасындағы $U_{ab}$ кернеуді, сондай-ақ 2-3 бөліктегі $U_{23}$ кернеуді өлшеп алу керек. Мысал ретінде келтірілген сұлба 1 үшін 2.2- кесте сияқты кестеге өлшеудің нәтижелерін енгізу керек.

2.2 кесте – Есептеу мен өлшеу нәтижелері

| | $I$, мА | $I_1$, мА | $I_2$, мА | $U_R$, В | $U_{R1}$, В | $U_{R2}$, В | $U_{C1}$, В | $U_{L2}$, В | $U_{23}$, В | $U_{ab}$, В |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| өлшеу | | | | | | | | | | |
| есеп | | | | | | | | | | |
| $\delta$, % | | | | | | | | | | |

Алдымен тізбектің тармақталмаған бөлігінің тогын $I$ векторын тұрғызып алып (масштаб бойынша), онан кейін толық тізбектің токтарының (таңдалған ток масштабында $m_i$, мА/см) және кернеулерінің (кернеу масштабында $m_u$, *В/см*) диаграммаларын тұрғызу керек. Токтардың диаграммасын тұрғызу үшін циркуль пайдалану керек. Алдымен $I$ векторын тұрғызып, оның басқы ұшынан циркульмен радиусы $I_1$ тең шеңбер, ал оның соңғы ұшынан циркульмен радиусы $I_2$ тең шеңбер сызамыз. Екі шеңбердің қиылысқан нүктесіне $I_1$ мен $I_2$ токтарының векторлары бағытталады. Осындай жолмен кернеулер диаграммасын тұрғызуға болады. Векторлық диаграмманың негізінде кернеулердің топографиялық диаграммаларын тұрғызу керек. Топографиялық диаграмма арқылы тізбектің $U_{ab}$ кернеуін анықтау керек. Топографиялық диаграмма арқылы алынған нәтижелерді тәжірибеден алынған нәтижелермен салыстыру керек.

2.2.4 2.2.2 - пункт мәліметтері бойынша *Ом* заңын қолданып, $R$, $X_L$, $X_C$, кедергілердің мәндерін және элементтердің индуктивтілігін $L$, сыйымдылығын $C$ есептеу керек. Есептеу нәтижелерін 2.2 кестеге енгізу керек.

2.2 кесте - Сұлба элементтерінің параметрлерінің мәндері

| R, Ом | $R_1$, Ом | $R_2$, Ом | $X_{C1}$, Ом | $C_1$, мкФ | $X_{L2}$, Ом | $L_2$, мГн |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

2.2.5 2.2.4 - пунктте табылған кедергілердің мәндерін қолдана отырып, $\underline{Z}_{23}$ кешендік кедергіні, ал содан кейін тізбектің толық кешендік кірістік кедергіні $\underline{Z}_{КІР}$ есептеу керек. Ом заңы бойынша тізбектің тармақтарындағы

токтардың кешендік мәндерін есептеу керек. Есептелген токтардың мәндерін тәжірибе арқылы табылған токтармен салыстыру керек. Тізбектің толық *S*, активтік *P* және реактивтік *Q* қуаттарын есептеу керек.

Жұмыс туралы қорытынды.

Тізбектегі орындалған түрлендірудің баламалығына және есептеу мен тәжірибелік нәтижелердің айырмашылықтарына себеп болған жағдайларға көңіл аудару керек.

Бақылау сұрақтары:

1) Уақытқа тәуелді синусоидалы функцияның *периоды T, сызықты* f және *бұрыштық @ жиіліктері* деп нені айтады? Олардың өзара байланысы қандай?

2) Токтың, кернеудің немесе ЭҚК-тің *амплитудалық* және әрекеттік мәндері арасында қандай байланыс?

3) Кедергілердің, өткізгіштіктердің және қуаттардың үшбұрыштары қандай болады?

4) Ом және Кирхгофтың заңдары кешендік (комплекстік) түрде қалай жазылады?

5) *Индуктивтік* $X_L$ және *сыйымдылық* $X_C$ кедергілердің жиілікке тәуелділіктерінің сипаты қандай?

6) Токтардың және кернеулердің *векторлық диаграммаларын* тұрғызу ретіне түсініктеме беріңіз.

7) Кернеулердің *топографиялық диаграммасын* тұрғызу ретіне түсініктеме беріңіз.

8) *Кешендік сандармен* математикалық амалдар қалай орындалады?

## 3 Зертханалық жұмыс №3. Кернеу резонансын зерттеу

*Жұмыстың мақсаты:* элементтері тізбектей жалғанған тербелмелі контурда пайда болатын кернеу резонансы құбылысымен танысу. Контурдың тәжірибелік жолмен алынған резонанстық қисығы бойынша және контурдың берілген параметрлері бойынша резонанстық контурдың негізгі сипаттамаларын есептеу.

### 3.1 Жұмысқа дайындық

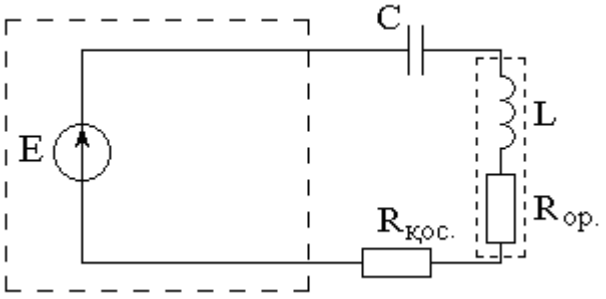
Зертханалық жұмысты өткізуге дайындық жасау: зерттелетін сұлбаның суретін және тәжірибелік деректерді енгізетін кестелер болу керек.

### 3.2 Жұмысты орындау тәртібі

3.2.1 Өз нұсқаңыз үшін сұлбаның элементтерінің параметрлерін алып, 3.1- суреттегі резонанстық контурды жинаңыз. Сұлбаның нұсқалары бойынша параметрлері 3.1- кестеде келтірілген.

3.1 кесте – Зерттелетін сұлбаның параметрлері

| *Нұсқа* | *L*, мГн | $R_{кат}$, Ом | *C*, мкФ | $R_{кос1}$, Ом |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 | өлшеу | 0,1 | 100 |
| 2 | 40 | өлшеу | 0,22 | 220 |
| 3 | 22 | өлшеу | 0,47 | 330 |




3.1 сурет – Элементтері тізбектей жалғанған тербелмелі контур

Қоректендіру көзі ретінде арнайы түрі бар сигналдар генераторын пайдаланылады, оны синусоидалы сигнал беретін режиміне ауыстырғыш (переключатель) арқылы ауыстырып қою керек. Тізбек кірісіне 5…9 *В* тең кернеуді беріп, содан кейін оны тұрақты етіп ұстап тұру керек. Амперметр мен вольтметр ретінде әмбебап сандық өлшеуіш аспапты пайдаланамыз. Алдын-ала аспапты айнымалы токты және кернеуді өлшейтін режимге (*AC*) қойып, өлшейтін шамалардың керекті шектерін таңдап алу қажет (мысалы, вольтметр 20 *В*, ал амперметр 40 *мА*).

3.2.2 Резонанстық айналу жиілігін $\omega_0$ және сызықты $f_0$ жиілігін, контурдың сапалылығын *Q* және сипаттамалық кедергісін $\rho$ есептеп алу керек.

Контурдың толық активті кедергісінің $R_\Sigma = R_{кат.} + R_{кос2}$ екі есе ұлғаюын қамтамасыз ететін қосымша кедергісін $R_{кос2}$ есептейді. Осы кезде контурдың $Q_2$ сапалылығы $Q_1$-дан қарағанда екі есе кіші болады.

Алынған нәтижелерді 3.3 – кестенің *«есеп»* деген жолына енгіземіз.

3.2.3 $Q_1$ және $Q_2$ сапалылық мәндері үшін жиіліктер $0{,}2f_0$ –тан $2f_0$ –қа дейінгі аралықтағы өзгерген кезде *I(f)* токтардың мәнін өлшеу керек. Нәтижелерді 3.2- кестеге енгіземіз.

3 .2 к е с т е – Параметрлерді өлшеу нәтижелері

| *f*, Гц | | | | | $f_0$ | | | | | *Ескерту* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *I*, | | | | | | | | | | $Q_1, R_{КОС1}$ |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| мА | | | | | | | | | | |
| *I*, мА | | | | | | | | | | $Q_2, R_{КОС2}$ |

3.2.4 3.2.3 - пункт нәтижелері бойынша $Q_1$ және $Q_2$ сапалылық мәндері үшін *I=f(f)* контурдың резонанстық қисықтарын тұрғызамыз. Резонанстық қисық бойынша шектік жиіліктерді ($f_{1шек}$ және $f_{2шек}$) және контурдың өткізу жолағын анықтау қажет, сапалылықтың нақты мәндерін есептеу керек.

Ескере кететін жайт, үлкен сапалылыққа ие контурдың өткізу жолағы тар (кішкентай) болады.

Резонанстық жиіліктің нақты мәнін $\omega_0$, $f_0$, сипаттамалық кедергіні $\rho$, контурдың қосынды активті кедергісін $R_\Sigma$, индуктивтілікті $L$ және сыйымдылықты $C$ есептеу керек. Нәтижелерді 3.3 - кестедегі «тәжірибе» жолына енгізіңіз.

3 .3 кесте – Өлшеулер мен есептеу нәтижелері

| | | $\omega_0$ | $f_0$ | $Q$ | $\rho$ | $R_\Sigma$ | $L$ | $C$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Q_1$, $R_{кос1}$ | *есеп* *Тәжірибе* | | | | | | | |
| $Q_2$, $R_{кос2}$ | *есеп* *Тәжірибе* | | | | | | | |

Жұмыс бойынша қорытынды.

Жұмыс бойынша жалпы қорытынды жасау және есептеу нәтижелерінің тәжірибелік нәтижелерден айырмашылықтарына себеп болған жағдайларға көңіл аудару керек.

Бақылау сұрақтары:

1) Резонанс құбылысы дегеніміз не?

2) Резонанс түрлерін және олар пайда болатын электр тізбектерін атаңыз?

3) Электр тізбектерінде резонанс құбылысы қандай шарттар оындалған кезде байқалады?

4) Резонанс құбылысы байқалатын электр тізбектерінің режимінің негізгі белгілері қандай?

5) Резонанстық контурдың негізгі сипаттамаларына (контурдың сапалылығы *Q*, резонанстық жиілік $\omega_0$, $f_0$ және сипаттамалық кедергі $\rho$) түсініктеме беріңіз және формулаларын жазыңыз.

## 4 Зертханалық жұмыс № 4. Симметриялы қорек көзі және «жұлдызша» сұлба бойынша жалғанған жүктемесі бар үш фазалы тізбекті зерттеу

**Жұмыстың мақсаты:**

- үш фазалы қорек көздері мен қабылдағыштарды «жұлдызша» сұлба бойынша жалғауды үйрену;

- үш фазалы тізбектің симметриялы және симметриялы емес жұмыс режимдері кезіндегі фазалық және желілік кернеулер мен токтарды өлшеп, олардың арасындағы негізгі математикалық қатынастарды анықтау, бейтарап сымның қызметін түсіну.

### 4.1 Жұмысқа дайындық

Зертханалық жұмыс өткізу туралы мәліметтің дайындамасын әзірлеу. Оның ішінде зерттелетін сұлбаның суреті және тәжірибелі мәліметтерді енгізуге кестелер болу керек.

### 4.2 Жұмысты орындау тәртібі

4.2.1 Үш фазалы қорек көзі мен қабылдағыштың «жұлдызша» қосылған сұлбаларын сызыңыз, оларда ЭҚК, фазалық және желілік кернеулердің оң бағытын көрсетіңіз (4.1 сурет). Тізбекті симметриялық және симметриялық режимдерде зерттеу үшін осы режимдер үшін $R_a$, $R_в$, $R_c$ кедергілердің мәндерін таңдап, ол мәндерді 4.1 кестеге ендіреміз. Сонымен қатар, ЭҚК-тің таңдалған фазалық мәнін және жиіліктің таңдалған мәнін де 4.1 кестеге ендіреміз.

4.2.2 Үш фазалы тізбекті аналитикалық жолмен бірнеше режимдер жағдайында зерттеу керек:

- бейтарап сымы бар үш фазалы тізбектің симметриялық режимі ($R_1=R_2=R_3$, $Z_N=0$ болғанда);

- бейтарап сымсыз үш фазалы тізбектің симметриялық режимі ($R_1=R_2=R_3$, $Z_N=\infty$ болғанда);

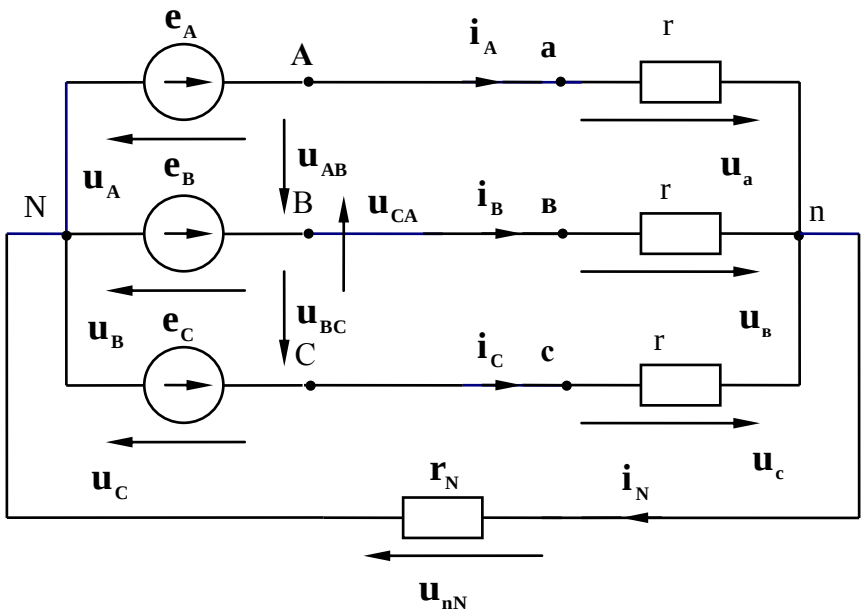
- бейтарап сымы бар үш фазалы тізбектің симметриялық режимі кезінде жүктеменің бір фазасы үзігенде ($R_1=\infty$, $R_2=R_3=r$, $Z_N=0$ болғанда);

- бейтарап сымсыз үш фазалы тізбектің симметриялық режимі кезінде жүктеменің бір фазасы үзігенде ($R_1=\infty$, $R_2=R_3=r$, $Z_N=\infty$ болғанда);

- бейтарап сымсыз үш фазалы тізбектің симметриялық режимі кезінде жүктеменің бір фазасы қысқаша тұйықталғанда ($R_1=0$, $R_2=R_3=r$, $Z_N=\infty$ болғанда);

- бейтарап сымы бар үш фазалы тізбектің симметриялық емес режимі ($Z_1\neq Z_2\neq Z_3$, $Z_N=0$ болғанда).

Әрбір режим үшін тізбектегі токтарды (кернеулерді) есептеу керек және векторлық диаграммалар тұрғызу керек. Есептеулер нәтижелерін 2 кестедегі «аналитикалық» жолдарға енгізу керек.




4.1 сурет – Бейтарап сымды, «жұлдызша-жұлдызша» сұлбалы үшфазалы тізбектің сұлбасы

4.2.3 Үш фазалы тізбекті тәжірибелік жолмен бірнеше режимдер жағдайында (жоғарыда аталған режимдер) зерттеу керек.

Үш фазалы тізбекті, мысалы симметриялық режимде зерттеген кезде кедергілері бір біріне тең $R_1=R_2=R_3$ резисторлар таңдап алу керек (симметриялық режим). Үш фазалы қоректендіргіштің фазаларын «жұлдызша» етіп жинаңыз. Үш фазалы кернеу блогын іске қосыңыз. Оқытушы тапсырмасына сай ЭҚК фазалық мәнін таңдап алыңыз. Жүктеменің фазаларындағы токтарды, бейтарап сымның $I_N$ тогын, фазалық және желілік кернеулерді (қоректендіргіш және жүктеме жағынан) өлшеңіз. Өлшеу нәтижелерін 4.2 кестеге енгізіңіз.

4.2.4 Үш фазалы тізбектің басқадай режимдерін олардың ерекшеліктерін ескере отырып, тәжірибелік жолмен зерттеңіз. Ол үшін стендте жиналған үш фазалы тізбектің сұлбасы зерттелетін режимге сәйкес қажетті өзгерістер (фазаның үзілуі, фазаның қысқаша тұйықталуы, кедергілердің мәндері әртүрлі болуы, бейтарап сымның болуы немесе болмауы) жасау керек. Әрбір режим үшін жүктеменің фазаларындағы токтарды, бейтарап сымның $I_N$ тогын, фазалық және желілік кернеулерді (қоректендіргіш және жүктеме жағынан) өлшеңіз. Өлшеу нәтижелерін 4.2 кестеге енгізіңіз.

4.1 кесте

| $E_Ф = U_ф$, В | f, Гц | Симметриялық режим | | | Симметриялық емес режим | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $R_a$, Ом | $R_в$, Ом | $R_c$, Ом | $R_a$, Ом | $R_в$, Ом | $R_c$, Ом |
| | | | | | | | |

4.2 кесте

| Жұмыс режимі | Анықтау тәсілі | $U_{AB}$ В. | $U_{BC}$ В. | $U_{CA}$ В. | $U_A$ В. | $U_B$ В. | $U_C$ В. | $U_a$ В. | $U_в$ В. | $U_c$ В. | $U_{nN}$ В. | $I_A$ А. | $I_B$ А. | $I_C$ А. | $I_N$ А. | $Z_N$ Ом |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Z_a$= = $Z_в$= =$Z_c$= r. | Анали-тикалық | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | Тәжіри-белік | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | Анали-тикалық | | | | | | | | | | | | | | | ∞ |
| | Тәжіри-белік | | | | | | | | | | | | | | | ∞ |
| $Z_a$= ∞ $Z_в$ = =$Z_c$= r. | Анали-тикалық | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | Тәжіри-белік | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | Анали-тикалық | | | | | | | | | | | | | | | ∞ |
| | Тәжіри-белік | | | | | | | | | | | | | | | ∞ |
| $Z_a$ =0. $Z_в$ = =$Z_c$= = r. | Анали-тикалық | | | | | | | | | | | | | | | ∞ |
| | Тәжіри-белік | | | | | | | | | | | | | | | ∞ |
| $Z_a$≠ ≠$Z_в$≠ ≠$Z_c$ = | Анали-тикалық | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | Тәжіриб е-лік | | | | | | | | | | | | | | | 0 |

**4.3 Жұмыс нәтижелеріне талдау жасау және рәсімдеу**

4.3.1 4.2 кестеде келтірілген фазалық кернеудің мәндері бойынша симметриялы қорек көзінің үш фазалы ЭҚК фазалық және желілік кернеулерінің векторлық диаграммасын тұрғызыңыз. Векторлық диаграмма бойынша желілік кернеулердің және $U_ж/U_ф$ қатынасының мәндерін анықтаңыз.

4.3.2 Үш фазалы тізбектің барлық зерттелетін режимдері үшін тәжірибелік мәліметтерді теориялық (аналитикалық) мәндермен салыстырып, қорытынды жасаңыз.

4.3.3 Үш фазалы тізбектің барлық зерттелетін режимдері үшін тәжірибелік мәліметтерді пайдаланып, кернеулер мен токтардың векторлық диаграммаларын тұрғызыңыз.

4.3.4 Бейтарап сымды және бейтарап сымсыз үш фазалы тізбектердің кернеулері мен токтарының мәндерін салыстырыңыз, жүктеменің фазасының

үзілуі немесе қысқаша тұйықталуы кезіндегі өзгерістерге түсініктеме беріңіз. Бейтарап сым болған кезде кез келген жұмыс режимі жағдайында қабылдағыштың фазалық кернеулері қорек көздерінің фазалық кернеулеріне неліктен тең екендігін түсіндіріңіз және бейтарап сымның маңыздылығын бағалаңыз.

4.3.4 «Жұлдызша» сұлба бойынша жалғанған үш фазалы қабылдағыштың симметриялы және симметриялы емес жұмыс режимдеріне қатысты активті, реактивті және толық қуаттардың формулаларын жазыңыз және есептеңіз.

Бақылау сұрақтары:

1) Қандай үш фазалы энергия көздері симметриялы жүйе немесе симметриялы емес жүйе деп аталады?

2) Қандай үш фазалы қабылдағыштар (жүктемелер) жүйесі симметриялы жүйе немесе симметриялы емес жүйе деп аталады?

3) Үш фазалы тізбек қандай жағдайда симметриялық режимде немесе симметриялық емес режимде жұмыс жасайды?

4). Жүктемелердің өзара жалғануының қандай сұлбасы «жұлдызша» сұлба деп аталады?

5) Жүктемесі «жұлдызша» сұлба бойынша жалған үш фазалы тізбектерде қандай токтар мен кернеулер фазалық немесе желілік деп аталады?

6) Кез келген үшфазалы көздің фазалық және желілік кернеулері арасындағы қатынас «жұлдызша» және «үшбұрыш» сұлбалары кезінде қандай математикалық өрнектер арқылы анықталады?

7) Бейтарап сымның қызметіне түсініктеме беріңіз. Қандай жағдайда бейтарап сымда ток болады және қандай жағдайда бейтарап сымда ток болмайды?

8) Жүктемесі «жұлдызша» сұлба бойынша жалғанған кезде желілік және фазалық токтарды, нөлдік токты қалай есептейді?

## 5 Зертханалық жұмыс № 5. Симметриялы қорек көзі және «үшбұрыш» сұлба бойынша жалғанған жүктемесі бар үш фазалы тізбекті зерттеу

Жұмыстың мақсаты: үш фазалы қорек көздері мен жүктемесі үшбұрыш» сұлбасы бойынша жалғанған үш фазалы тізбектердің симметриялық және симметриялық емес жұмыс режимдерін тәжірибелік жолмен зерттеуді меңгеру.

### 5.1 Жұмысқа дайындық

Үш фазалы тізбекке қатысты теориялық материалдарды, оларды есептеу тәсілдерін оқып, жете меңгеруі қажет. «Үшбұрыш» сұлба бойынша жалғанған жүктемесі бар үш фазалы тізбектің сұлбасын сызып, өлшеу нәтижелерін ендіретін кестелер дайындауы керек.

### 5.2 Жұмысты орындау тәртібі

5.2.1 Үш фазалы қорек көзі мен қабылдағыштың «үшбұрыш» сұлбасы бойынша қосылған сұлбасын сызыңыз, онда ЭҚК, фазалық және желілік кернеулердің оң бағытын көрсетіңіз (5.1 сурет). Тізбекті симметриялық және симметриялық режимдерде зерттеу үшін осы режимдер үшін $Z_{ав}$, $Z_{вс}$, $Z_{са}$ кедергілердің мәндерін таңдап, ол мәндерді 5.1 кестеге ендіреміз. Сонымен қатар, желілік кернеулердің модульдерінің таңдалған мәнін $U_{ж}$ және жиіліктің таңдалған мәнін $f$ де 5.1 кестеге ендіреміз.

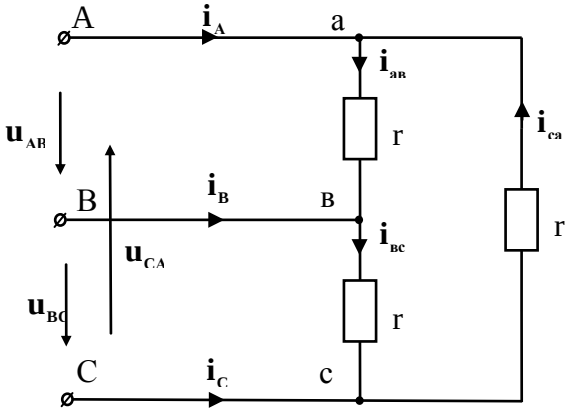
5.2.2 Үш фазалы тізбекті аналитикалық жолмен бірнеше режимдер жағдайында зерттеу керек:

- үш фазалы тізбектің симметриялық режимі ($Z_{ав}= Z_{вс}= Z_{са}=r$);
- үш фазалы тізбектің симметриялық режимі кезінде жүктеменің бір фаза үзілгенде ($Z_{ав}=\infty$, $Z_{вс}= Z_{са}$);
- үш фазалы тізбектің симметриялық режимі кезінде бір желілік сым үзілгенде ($Z_{ав}= Z_{вс}= Z_{са} =r$, $Z_{жА}= \infty$ болғанда);
- үш фазалы тізбектің симметриялық емес режимі ($Z_{ав} \neq Z_{вс} \neq Z_{са}$);

Әрбір режим үшін тізбектегі желілік және фазалық токтарды есептеу керек және векторлық диаграммалар тұрғызу керек. Есептеулер нәтижелерін 5. 2 кестедегі «аналитикалық» жолдарға енгізу керек.

5.2.3 Үш фазалы тізбекті тәжірибелік жолмен бірнеше режимдер жағдайында (жоғарыда аталған режимдер) зерттеу керек.

Үш фазалы тізбекті, мысалы симметриялық режимде зерттеген кезде кедергілері бір біріне тең $Z_{ав}= Z_{вс}= Z_{са}=r$ резисторлар таңдап алу керек (симметриялық режим).




5.1 сурет- Жүктемесі «үшбұрыш» сұлбасы бойынша жалғанған үш фазалы тізбектің сұлбасы

5.1 кесте

| $U_ж$, В | f, Гц | Симметриялық режим | | | Симметриялық емес режим | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $Z_{ав}$, Ом | $Z_{вс}$, Ом | $Z_{са}$, Ом | $Z_{ав}$, Ом | $Z_{вс}$, Ом | $Z_{са}$, Ом |
| | | | | | | | |

5.2 кесте

| Жұмыс режимі | Анықтау тәсілі | $U_{АВ}$, В. | $U_{ВС}$, В. | $U_{СА}$, В. | $I_А$, А. | $I_В$, А. | $I_С$, А. | $I_{ав}$, А. | $I_{вс}$, А. | $I_{са}$, А. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Z_{ав} = Z_{вс} = Z_{са} = r$. | Аналитикалық | | | | | | | | | |
| | Тәжірибелік | | | | | | | | | |
| $Z_{ав} = \infty$ $Z_{вс} = Z_{са} = r$. | Аналитикалық | | | | | | | | | |
| | Тәжірибелік | | | | | | | | | |
| $Z_{ав} = Z_{вс} = Z_{са} = r$. ZЛА = ∞ | Аналитикалық | | | | | | | | | |
| | Тәжірибелік | | | | | | | | | |
| $Z_{ав} \neq Z_{вс} \neq \neq Z_{са}$ | Аналитикалық | | | | | | | | | |
| | Тәжірибелік | | | | | | | | | |

Үш фазалы кернеу блогын іске қосыңыз. Оқытушы тапсырмасына сай желілік кернеулер мәнін таңдап алыңыз. Жүктеменің фазаларындағы токтарды, желілік токтар мен кернеулерді өлшеңіз. Өлшеу нәтижелерін 5.2 кестеге енгізіңіз.

5.2.4 Үш фазалы тізбектің басқадай режимдерін олардың ерекшеліктерін ескере отырып, тәжірибелік жолмен зерттеңіз. Ол үшін стендте жиналған үш фазалы тізбектің сұлбасы зерттелетін режимге сәйкес қажетті өзгерістер (жүктеме фазаның үзілуі, желілік сымның үзілуі, жүктеменің кедергілердің мәндері әртүрлі болуы) жасау керек. Әрбір режим үшін жүктеменің фазаларындағы токтарды, фазалық және желілік токтар мен кернеулерді өлшеңіз. Өлшеу нәтижелерін 5.2 кестеге енгізіңіз.

### 5.3 Жұмыс нәтижелеріне талдау жасау және рәсімдеу

5.3.1 Симметриялық режим үшін 5.2 кестеде келтірілген фазалық және желілік токтардың мәндері бойынша векторлық диаграмма тұрғызыңыз.

Векторлық диаграмма бойынша желілік токтар мен фазалық токтар $I_ж/I_ф$ қатынасының мәндерін анықтаңыз.

5.3.2 Үш фазалы тізбектің барлық зерттелетін режимдері үшін тәжірибелік мәліметтерді теориялық (аналитикалық) мәндермен салыстырып, қорытынды жасаңыз.

5.3.3 Үш фазалы тізбектің барлық зерттелетін режимдері үшін тәжірибелік мәліметтерді пайдаланып, токтардың векторлық диаграммаларын тұрғызыңыз.

5.3.4 Жүктеменің фазасының үзілуі немесе желілік сымның үзілуі фазалық және сызықты токтардың, жүктеменің жеке фазаларында кернеудің өзгерістеріне түсініктеме беріңіз.

5.3.4 «Үшбұрыш» сұлба бойынша жалғанған үш фазалы қабылдағыштың симметриялы және симметриялы емес жұмыс режимдеріне қатысты активті, реактивті және толық қуаттардың формулаларын жазыңыз және есептеңіз.

Бақылау сұрақтары:

1) Жүктемелердің өзара жалғануының қандай сұлбасы «үшбұрыш» сұлба деп аталады?

2) Үш фазалы қорек көзі мен қабылдағыштар «үшбұрыш» сұлба бойынша жалғанған кезде симметриялық режим үшін фазалық және желілік токтардың (кернеулердің) арасындағы қатынасты келтіріңіз және олардың векторлық диаграммаларын тұрғызыңыз.

3) Үш фазалы қорек көзі мен қабылдағыштар «үшбұрыш» сұлба бойынша жалғанғанда симметриялы емес үшін фазалық және желілік токтардың (кернеулердің) арасындағы қатынасты келтіріңіз және олардың векторлық диаграммаларын тұрғызыңыз.

4) Үш фазалы қорек көзі мен қабылдағыштар «үшбұрыш» сұлба бойынша жалғанған кезде фазалық және желілік токтарды қалай есептейді?

5) Үш фазалы қорек көздері мен қабылдағыштары «үшбұрыш» сұлбасының артықшылықтарын және ерекшеліктерін атаңыз.

## 6 Зертханалық жұмыс №6. Электрлік вентилдері бар тізбекті зерттеу

Жұмыстың мақсаты**:** электрлік вентилді тізбекті зерттеуді үйрену.

### 6.1 Жұмысты орындау тәртібі

6.1.1 Сұлбаға сай (6.1 сурет) біржарты периодты түзеткішті жинаңыз. Қоректендіру көзінің кернеуін 12 V аралығында, жиілікті 50 Hz қойыңыз. Жүктемедегі кернеу мен токтың айнымалы құраушыларының әсерлік мәнін және тұрақты құраушыларын өлшеңіздер.

6.1.2 Жүктемедегі кернеу мен қоректендіргіш кернеуінің лездік мәнінің қисығын осциллограф көмегімен сызу керек.

6.1.3 Сұлба бойынша (6.2 сурет) көпірлік түзеткішті жинаңыз. Жүктеменің кедергісі мен қоректендіргіш кернеуі дәл 6.1.1- пунктегідей болады. Жүктемедегі кернеу мен токтың тұрақты құраушыларын және айнымалы құраушыларының әсерлік мәнін өлшеңіздер.

6.1.4 Жүктемеге осциллографты қосыңыз және түзетілген кернеу қисығын салыңыз.

## 6.2 Жұмыстың нәтижесін талдау және рәсімдеу

6.2.1 6.1.1 - пункте өлшенген нәтижелер бойынша жүктемедегі кернеудің айнымалы құраушылардың әсерлік мәндері $V_{\sim}$ мен тұрақты құраушылары V бойынша жүктемедегі $V_{ж}$ кернеудің әсерлік мәндерін есептеңіздер және қоректендіру көзінің әсерлік мәні шамасымен салыстырыңыз.

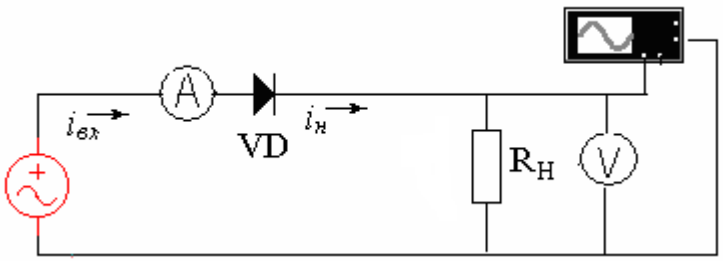
6.2.2 6.1.1 - пункте өлшенген нәтижелер бойынша қоректендіру көзінің толық қуатын S, жүктемедегі активті қуатты P, бұрмалану қуатын T есептеңіздер және идеалды біржартылай түзеткіш үшін алынған мәндермен салыстырыңыз.

6.2.3 6.1.2 - пункте өлшенген нәтижелер бойынша жүктемедегі кернеудің айнымалы құраушылардың әсерлік мәндері $V_{\sim}$ мен тұрақты құраушылары V бойынша жүктемедегі $V_{ж}$ кернеудің әсерлік мәндерін есептеңіздер және қоректендіру көзінің әсерлік мәні шамасымен салыстырыңыз.

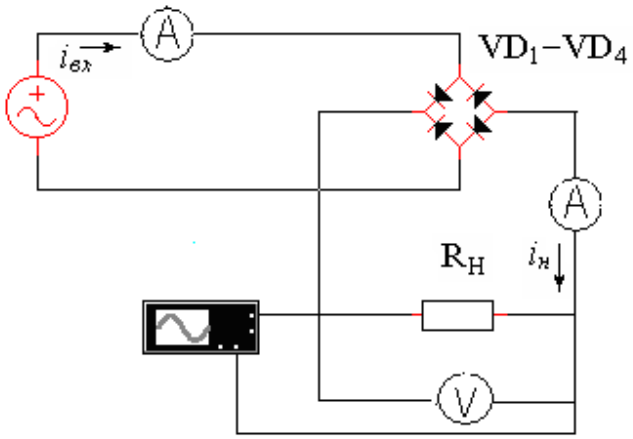
6.2.4 6.1.3 - пункте өлшенген нәтижелер бойынша қоректендіру көзінің толық қуатын S, жүктемедегі активті қуатты P, бұрмалану (қателік) қуатын T есептеңіздер және идеалды екіжарты периодты түзеткіш үшін алынған мәндермен салыстырыңыз.

6.2.5 Біржарты және екіжарты периодты түзеткіштер үшін алынған нәтижелерді салыстырыңыздар.

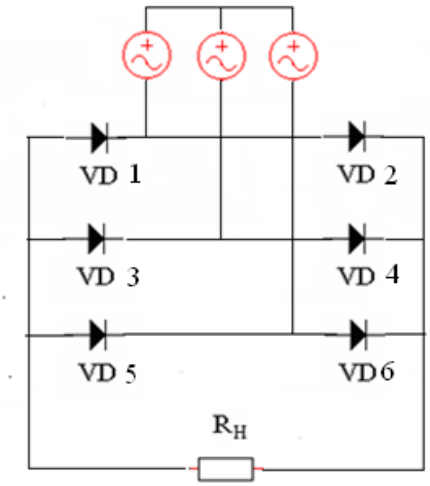
6.2.6 Жасалған жұмысқа қорытынды жасаңыздар.




6.1 сурет – Бір жартылай периодты түзеткіш




6.2 сурет - Көпірлік түзеткіш




6.3 сурет

Бақылау сұрақтары:

1) Қандай бейсызықты (сызықты емес) элемент электрлік вентил деп аталады? Оның вольт-амперметрлік сипаттамасын келтіріңіз. Идеал вентилге анықтама беріңіз.

2) Активті кедергі мен электрлік вентилі бар тізбекке синусоидалы кернеу берілгенде токтың лездік мәнінің графигін тұрғызыңыз.

3) Активті кедергілі жүктемеге қосылған біржарты периодты түзеткіштің сұлбасын келтіріңіз. Жүктемедегі ток пен кернеудің лездік мәндерінен график тұрғызу керек. Идеалды түзеткіш кезінде жүктемедегі кернеу мен токтың тұрақты құраушылары мен әсерлік мәнді есептеуге арналған өрнектерді жазыңыз.

4) Екіжарты периодты көпірлік сұлбаны қарастырамыз. Идеалды түзеткіш кезінде жүктемедегі ток пен кернеудің лездік мәндерінен график тұрғызу керек. Жүктемедегі кернеу мен токтың тұрақты құраушылары мен әсерлік мәнді есептеуге арналған өрнектерді жазыңыз.

5) Берілген гармоникалық құраушылары бойынша кернеудің әсерлік мәні қалай есептеледі?

## 7 Зертханалық жұмыс №7. RC байланысты екі каскадты күшейткішті зерттеу

Жұмыстың мақсаты: күшейткіш каскадтардың принципиалды сұлбасын және олардың элементтерінің қызметін зерттеу, жұмыстық нүктелерді таңдау, сыйымдылықтық байланыс бар күшейткіштерге талдау жасау.

### 7.1 Жұмысқа дайындық

*RC*-байланысты екікаскадты күшейткішке қатысты теориялық материалдарды, оларды есептеу тәсілдерін оқып, жете меңгеруі қажет.

### 7.2 Жұмысты орындау тәртібі

7.2.1 Жалпы эмиттерлі (ЖЭ) (күшейту режимі, уақыттық диаграммалар, жұмыстық нүктені тұрақтандыру, негізгі параметрлер есебі) сұлбадағы күшейткіш жұмысының режимімен танысу .

7.2.2 *RC* – байланысты екікаскадты күшейткіштің амплитудалық және аплитудалық-жиіліктік сипаттамасын алу.

7.2.3 Күшейткіштің негізгі көрсеткіштеріне кері байланыстың әсер етуін байқау. График тұрғызыңыз және есеп жасау.

7.2.4 Электронды күшейткіш – бұл тұрақты токтың энергиясын тұтыну есебінен электрлік сигналдардың қуатын ұлғайтушы құрылғы. Күшейткіштерде активті электронды элементтердің күшейткіштік қабілетін қолданылады.

7.2.5 Күшейткіш каскадтың негізгі қасиеті (ПӘК, бейсызықты бұрмалану, каскад шығысындағы сигналдың қуаты, т.б.) тізбек шығысындағы тыныштық $I_{к0}$ тогын анықтайтын бастапқы нүкте жағдайымен анықталады. Сондықтан температура өзгергенде, активті элементті алмастырылғанда және т.б. бастапқы жұмыстық нүктенің жағдайы өзгермеуі тиіс.

7.2.6 Бастапқы жұмыстық нүктенің жағдайын тұрақтандыру теріс кері байланысты (ТКБ) енгізумен іске асырылады. ТКБ күшейткіштің өткізу жолағын кеңейтуге, кірістік кедергіні ұлғайтуға, бейсызықтық бұрмалануды азайтуға мүмкіндік береді, бірақ осының барлығы күшейткіштің күшейту коэффициентін азайту арқылы ғана жүзеге асырылады.

7.2.7 7.1 а суретте жалпы эмиттерлі (ЖЭ) күшейткіш каскад бейнеленген. Күшейтілген шығыс кернеу жүктемелік резистордан $R_н$ алынады. Бұл жағдайда күшейтілген сигналдың шығыстық қуаты күшейткіш кірісіндегі сигнал қуатынан біршама үлкен болады. Бұл қуаттың ұлғаюы қоректендіру көзінің $E_к$ энергиясын тұтыну есебінен болып отыр. База тізбегіне бастапқы ығысуды тудыру үшін бөлгіш $R_1$, $R_2$ қосылған.

7.2.8 Тұрақтандыру сұлбаға тізбектей қосылған тұрақты ток бойынша кері байланысты (ТКБ) енгізумен іске асырылады. Кері байланыс кернеуі транзистордың эмиттерінің тізбегіне қосылған резистордан $R_Э$ алынады.

7.2.9 ЭҚК база тізбегінде тогының $I_{Б0}$ тұрақты құраушысымен қосылатын тізбектің кірісіндегі токтың айнымалы құраушыларын тудырады. Конденсатордың $C_1$ арқасында кіріс кернеу көзінде базаның тұрақты ток құраушылары болмайды. Айнымалы ток $i_К$ коллекторлық кернеу мен коллекторлық токтарда айнымалы құраушылардың пайда болуына мүмкіндік береді. Коллекторлық кернеудің айнымалы құраушысы байланыстық конденсатор $C_2$ арқылы күшейткіш шығысына түседі және резисторда $R_Н$ шығыстық ток $i_{шығ}$ тудырады. Егер $R_К$ және $R_Н$ кедергілерді үлкен етіп таңдаса, онда коллекторлық кернеудің айнымалы құраушылары, яғни шығыстық кернеу кірістік кернеуден айтарлықтай үлкен болып кетеді. Конденсатор $C_1$ және $C_2$ сыйымдылықтары күшейтілетін сигналдардың барлық жиіліктерінде $(1/\omega C_1) << R_{шығ}$ және $(1/\omega C_2) << R_Н$ шарттары орындалатындай етіп, таңдалуы керек.

7.2.10 Жалпы эмиттерлі күшейткіш каскадтың шығыстық кернеуі фаза бойынша кіріс кернеуден $180^\circ$ шамада айырмашылықта болатынын ескеру керек.

7.2.11 Күшейту коэффициентіне айнымалы ток бойынша теріс кері байланыстың әсер етуін жою үшін резисторға $R_Э$ параллель конденсатор $C_Э$ қосылған. Егер конденсатор $C_Э$ болмаса, онда эмиттерлік токтың айнымалы құраушылары резисторда кернеудің $U_Э = R_Э \cdot i_Э$ түсуін тудырады, онда $U_{БЭ} = U_к - i_Э \cdot R_Э$, содан кейін күшейту коэффициенті де түседі. Айнымалы құраушы күшейтілетін кернеудің барлық жиіліктерінде резистор арқылы өтпеу үшін конденсатор $C_Э$ сыйымдылығы үлкен болуы керек.

7.2.12 Айнымалы құраушылар үшін ЖЭ сұлба бойынша қосылған транзистордың орынбасу сұлбасы 7.1 б суретте көрсетілген.

Күшейткіш каскадтың кіріс кедергісі

$$R_к = r_Б + (1+\beta)(r_Э + R_Э) / R_1 / R_2 . \qquad (7.1)$$

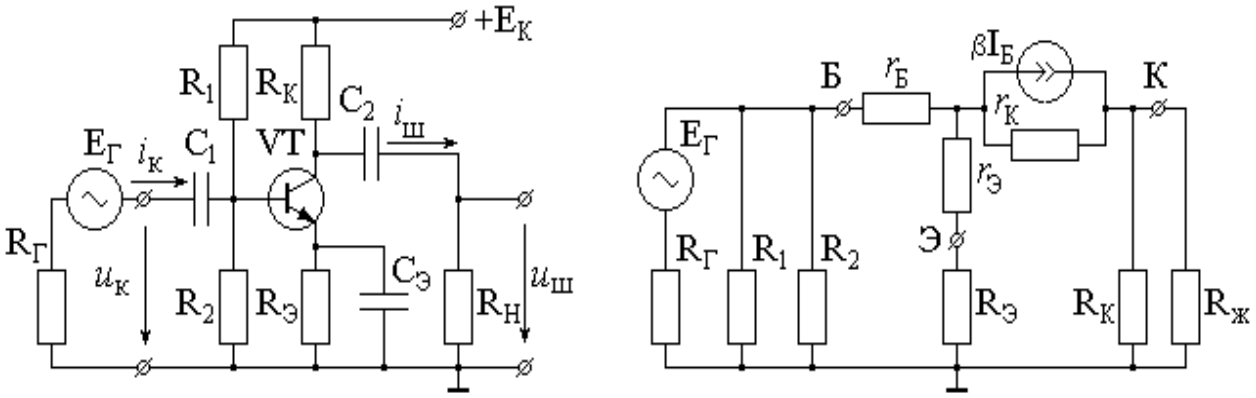
Кернеу бойынша күшейту коэффициенті

$$K_U = \frac{\beta \cdot R_К // R_Э}{r_Б + (1+\beta) \cdot (r_Э + R_Э)}. \qquad (7.2)$$

Шығыс кедергі

$$R_{КІР} = R_К // R_Н , \qquad (7.3)$$

мұндағы $r_Э$ – эмиттерлік өткелдің кедергісі (шамамен жүздеген *Ом*);
$r_Б$ – транзистор базасының кедерігісі ( шамамен 100 *Ом*);
$\beta$ – базалық токтың беріліс коэффициенті.




а) б)

7.1 сурет – Жалпы эмиттерлі сұлбасы (а) мен орынбасу сұлбасы (б)

Күшейткіштер бірнеше каскадтардан тұрады, сондай-ак, әр жеке каскад күшейткіш құрамында өз функцияларын орындайды.

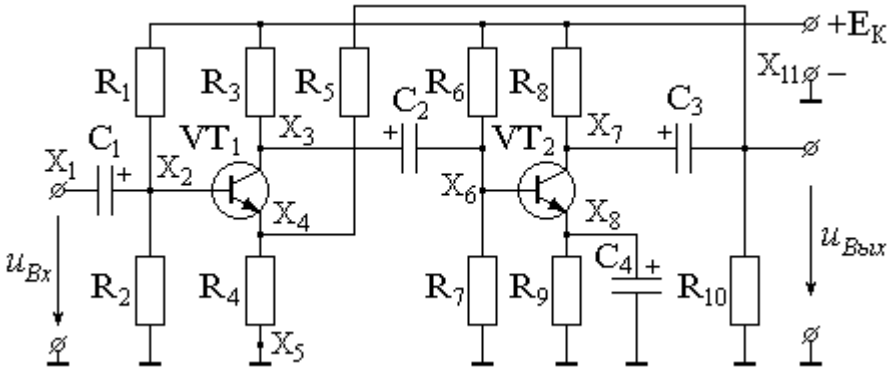
7.1.13 Теріс кері байланыспен (кернеу бойынша тізбектей) қамтылған *RC*–байланысты еккаскадты күшейткіштің принциптік сұлбасы 7.2 суретте келтірілген.

Конденсаторлар $C_1$, $C_2$ және $C_3$ каскадаралық байланыс туғызады және тұрақты ток бойынша күшейткіш каскадтарын бөлу үшін қызмет етеді, сонымен қатар $C_4$ бірге берілген амплитудалық-жиіліктік сипаттаманы қалыптастырады.

Күшейткіштің бірінші және екінші каскадтары ЖЭ сұлба бойынша орындалған.

Жалпы жағдайда, екікаскадты күшейткіш үшін:

$$R_{BX} \approx \beta_1 \cdot \beta_2 \frac{R_4 \cdot R_8}{R_{OC}} = \beta_1 \cdot \beta_2 \frac{R_4 \cdot R_8}{R_5}, \qquad (7.4)$$




7.2 сурет – Күшейткіштің принциптік сұлбасы

$$K_{U\,КБ} \approx R_{КБ} / R_4 = R_5 / R_4. \qquad (7.5)$$

$$R_{ШЫГКБ} \approx R_{КБ} / \beta_2 = R_5 / \beta_2 . \qquad (7.6)$$

## 7.2 Жұмысқа дайындық

7.2.1 Стендті қарап шығу және толықтығын тексеру.

7.2.2 Зертханалық стендтің сипаттамасымен танысу.

7.2.3 Стендтағы барлық аспаптарды өшіру және қоректендіру болгындағы (ҚБ) тумблерлерді төменгі жағдайға ауыстыру керек.

7.2.4 Стендтің қорек көзін *«~220 В»* электрлік желісіне және осциллографты қосу.

7.2.5 Сұлбаны жинаңыз («Жұмыстың орындалу тәртібін.» қараңыз). Сигналдар көзін, өлшеуіш аспаптарды, қоректендіру көзін қосыңыздар.

7.2.6 *«~220 В»* тумблерді қосыңыз, стенд зертханалық жұмыс жасауға дайын.

## 7.3 Жұмыстың орындалу тәртібі

7.3.1 Жалпы эмиттерлі (ЖЭ) күшейткіш каскад.

7.1 а суретте көрсетілген ЖЭ күшейткіш каскадты жинаңыз. Элементтер тізімі 7.1 кестеде келтірілген.

7.3.2 СГ (сигналдар генераторы) блогынан күшейткіш кірісіне айнымалы кернеу $u_{КІР}$ беріңіз. Сұлбаның элементтерінің номиналды мәндері кезінде $X_5$ жалпы нүктеге байланысты $X_1$, $X_2$, $X_3$, $X_4$ және $X_6$ нүктелеріндегі кернеу осциллограммаларын түсіріңіздер.

7.3.3 МВА электр өлшеуіш аспап көмегімен $X_2$ және $X_3$ нүктелердегі (кірістік және шығыстық) кернеулердің мәндерін өлшеңіздер. Алынған мәндер бойынша кернеу бойынша күшейту коэффициентін есептеңіздер.

7.1 кесте

| Элемент | Номинал |
|---|---|
| Биполярлық транзистор $VT_1$ | КТ315 |
| резистор $R_1$ | 100 кОм |
| резистор $R_2$ | 7,5 кОм |
| резистор $R_3$ | 15 кОм |
| резистор $R_4$ | 1,5 кОм |
| конденсатор $C_1$ | 50 мкФ |
| конденсатор $C_2$ | 10 мкФ |
| резистор $R_Н$ | 2,4 кОм |

7.3.4 Кіріс кернеуін өзгертпей $R_4$ кедергі шамасын 1,5 *кОм*, 2 *кОм* өзгертіңіз. Кедергінің $R_4$ осы кездегі мәнінде каскадтың күшейту коэффициентін анықтаңыз.

7.3.5 $R_4 = 1,5$ *кОм* мен $R_4 = 2$ *кОм* және $U_{KIP} = const$ кезінде алынған осы және басқа сұлбалар үшін кернеу бойынша күшейту коэффициенттер қатынасын есептеңіздер. $R_4$ кедергісінің күшейткіш коэффициентіне әсерін талдаңыз.

7.2 кесте

| Элемент | Номинал |
|---|---|
| биполярлық транзистор $VT_1$, $VT_2$ | КТ315 |
| резистор $R_1$ | 100 кОм |
| резистор $R_2$ | 7,5 кОм |
| резистор $R_3$ | 15 кОм |
| резистор $R_4$ | 1,5 кОм |
| резистор (айнымалы) $R_5$ | 22 кОм |
| резистор $R_6$ | 47 кОм |
| резистор $R_7$ | 15 кОм |
| резистор $R_8$ | 2 кОм |
| резистор $R_9$ | 510 Ом |
| резистор $R_{10}$ | 2,4 кОм |
| конденсатор $C_1$ | 20 мкФ |
| конденсатор $C_2$ | 5 мкФ |
| конденсатор $C_3$ | 5 мкФ |
| конденсатор $C_4$ | 20 мкФ |

7.3.6 Сыйымдылықтық байланысты екікаскадты күшейткіш.

Күшейткіштің принципиалдық сұлбасын жинау керек (7.2 сурет), 7.2 кестеде келтірілген.

7.3.7 Берілген жағдайлар үшін екікаскадты күшейткіштің амплитудалық сипаттамасын тұрғызыңыз:

а) кері байланыс болмаған жағдайда;

б) күшейткіш теріс кері байланыспен қамтылған.

7.3.8 Берілген жағдайлар үшін сызықтық күшейткіштің шегіне сәйкес келетін кіріс сигналдың амплитудасының шектік мәнін бағалаңыз.

7.3.9 *1,2 кОм* шамаға кедергіні $R_{10}$ өзгерту керек. Жоғарыда айтылған жағдайлар үшін кедергінің амплитудалық сипаттамасын алыңыздар. Жүктеменің кедергісінің алынған сипаттамаларына әсерін бағалаңыз.

7.3.10 Келесі кезекте сұлбаның параметрлерінің номинал мәндері кезінде күшейткіштің амплитудалы-жиіліктік сипаттамасын (АЖС) төмендегі жағдайлар үшін аламыз және тұрғызамыз:

а) кері байланыс болмаған жағдайда;

б) күшейткіш теріс кері байланыспен қамтылған.

Сипаттамалар бойынша күшейткіштің жиіліктік диапазонын және осы күшейткішке ТКБ әсер етуін бағалаңыздар.

Сұлбаның келесі элементтерінің параметрлерінің мәнін өзгертеңіз:

$C_1 = 50$ *мкФ;* $C_2 = 10$ *мкФ;* $C_3 = 10$ *мкФ;* $C_4 = 50$ *мкФ.*

7.3.11 Күшейткіштің АЖС алыңыз және тұрғызыңыздар. АЖС үшін конденсатор сыйымдылығының әсер етуін бағалаңыздар.

7.3.12 Жүргізілген тәжірибе мәліметтері бойынша күшейткіштің негізгі көрсеткіштеріне ТКБ әсерін бағалаңыздар.

### 7.4 Әдістемелік нұсқау

7.4.1 Күшейткіш сұлбаларды қоректендіру *ИсН3* тұрақты кернеу көзінен жүзеге асырылады. Сонымен қатар, клеммаларды *15 В* және *0* қоректендіруді $+E_K$ және $X_{11}$ ұяшығымен сымдармен қосу керек.

7.4.2 Қоректендіру блогындағы (ҚБ) *«~220В»* сәйкес келетін тумблерді оқытушы жинаған сұлбаны тексергеннен кейін қосыңыз.

7.4.3 Сұлбаның элементін алмастыру кезінде сұлбадан ($+E_K$ ұяшығынан сымды ажырату қажет) қоректендіруді алып тастау керек және кіріс кернеу көзін (СГ блок) өшіру қажет.

7.4.4 7.3.1 - пункті орындау кезінде ЖЭ күшейткіш каскадты $VT_1$ – *КТ315* транзистор негізінде жинау керек. Сұлбаның элементтерінің шартты белгілері ауыспалы панел белгілеуімен сәйкес келеді. $R_H$ кедергіні шартты белгісінің $R_7$ астыңғы орнына орнату қажет. Ауыспалы панельде басқа элементтер болмауы керек.

7.4.5 Сигналдар генераторынан (СГ) $\perp$ және ГН ұяшығынан күшейткіш кірісіне синусоидалы кернеу беріңіз. СГ блогына ГН *1:10* позициялы *«ЖҰМЫС ТҮРІ»* ауыстырғышын орнатыңыз. Бұл кернеудің жиілігі *«ДИАПАЗОН»* ауыстырғышымен *10 Гц…100 кГц* аралығында өзгереді, ал аралығы *«ЖИІЛІК» ұстағышы*мен бірқалыпты өзгереді. Кернеудің амплитудасы *«АМПЛИТУДА»* ұстағышы көмегімен реттеледі.

7.4.6 Осы пункті орындау кезінде кіріс сигнал жиілігін $f=1000$ *Гц* тең етіп алыңыздар, ал оның деңгейін күшейткіш шығысында бақыланатын сигнал максималды күшейтуге және минималды сызықты емес бұрмалануға ие болатындай етіп таңдаңыздар.

7.4.7 Жиілікті өлшеу жиілік өлшегішпен ЖӨ. іске асырылады. кернеудің барлық өлшеулері және сигналдар түрлерін бақылауды осциллограф арқылы іске асырамыз.

7.4.8 Осциллограф арқылы кернеу амплитудасын өлшеу әдісі келесідей болады. Экрандағы бейненің биіктігін $H$ масштабқа $m_V$ (*В/бөлу*) көбейтеді: $U_m = H \cdot m_V$.

7.4.9 Экранда анық (орнықты) суретті алу үшін осциллографтың алдыңғы панелінде орналасқан *«Деңгей»* реттегішін пайдалануға болады.

7.4.10 Кіріс және шығыс сигналдардың амплитудаларының мәнін анықтау үшін вертикаль ауытқудың сигналдарын аттенюаторға тасымалдайтын осциллограф кірісінің жұмыс режимін ауыстырғыш керек, *«Айнымалы кернеу (~)»* күйіне орнатамыз. Қазіргі жағдайда сигналдан

осциллограф кірісіне берілген тұрақты кернеу құраушыларын жою үшін сигналдық кіріске тізбектей конденсатор жалғанған.

7.4.11 Каскадтың сипаттамалық нүктелерінде (7.3.6 пункті қараңыз) осциллограммаларды алу үшін осциллографтың *(≅,⊥,~)* кірісінің жұмыс режимінің ауыстырғышы *«Тұрақты және Айнымалы кернеу (≅)»* күйін орнату керек.

7.4.12 7.3.7 - пункті орындау кезінде 7.2-суретте көрсетілген күшейткіштің принципиалдық сұлбасын жинау қажет, жиналған сұлбаны оқытушыға тексертіп, сосын стендты қосып, жұмысты жалғастыруға болады.

7.4.13 Амплитудалық сипаттама *f=1000 Гц* жиілікте алынады. Амплитудалық сипаттаманы ТКБ –сыз алу үшін сұлбадан кедергіні $R_5$ (айнымалы) алып тастау керек.

7.4.14 Амплитудалық сипаттаманы шығыс сигналдың (сонымен қатар, әр жағдайда амплитудалық сипаттаманың сызықты бөлігінің жоғарғы шегін $U_k'$ тіркеп отыру керек) түрінің бұрмалануы пайда болғанша алу керек.

Тәжірибелік мәліметтерді 7.1 – кестеге енгізіп, ол мәндер бойынша график тұрғызу керек.

7.4 кесте – Күшейткіштің амплитудалық сипаттамасы

| $U_{КІР}$, *мВ* | *50* | *100* | *150* | *200* | *250* | *300* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{ШЫҒ}$, *мВ* | | | | | | |
| $K_U=U_{ШЫҒ}/U_{КІР}$ | | | | | | |

7.4.15 Амплитудалық-жиіліктік сипаттаманы күшейткіш кірісіндегі кернеу $U_k'$ тең болып, максимал мәнге тең болғанда алу керек, яғни шығыс сигналда сызықты емес бұрмалану болмаған жағдайда. Кірістегі кернеудің берілген мәнін жиілікті өзгерткендегі барлық диапазондарда тұрақты етіп ұстау керек.

7.4.16 Өлшеулер нәтижесін 7.5 кестеге енгізу керек. Кестедегі мәліметтер бойынша АЖС, яғни логарифмді масштабта *lg f* жиіліктен күшейту $K_U$ коэффициентінің тәуелділік графигін алу керек.

7.5 кесте – $U_{КІР}=60…70$ *мВ* кезіндегі амплитудалық-жиіліктік сипаттама

| *f, Гц* | *10* | *20* | *50* | *100* | *500* | *1000* | *2000* | *10000* | *100000* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{ШЫҒ}$, *мВ* | | | | | | | | | |
| $K_U=U_{ШЫҒ}/U_{КІР}$ | | | | | | | | | |
| *lg f* | | | | | | | | | |

7.4.17 Амплитудалық-жиіліктік сипаттаманы жиіліктік бұрмалану пайда болғанша алу керек.

7.4.18 Сипаттамалар графигі бойынша әр жағдай үшін өткізу жолағын (күшейтілген жиіліктер диапазоны) анықтау керек және АЖС түріне конденсаторлар сыйымдылығының әсер етуін бағалау қажет.

Бақылау сұрақтары:

1) Күшейткіш сұлбасындағы элементтердің қандай қызмет атқаратындығына түсініктеме беріңіз.

2) Тыныштық режимін таңдауға арналған негізгі қатынастарды келтіріңіз. Тыныштық режиміне не әсер етеді?

3) Кері байланыстың қандай түрлері бар? Күшейткіште оларды қандай мақсатта пайдаланылады? Тыныштық режимін қалай тұрақтандырады?

4) Күшейткіш параметріне ТКБ қалай әсер етеді?

5) Транзисторлардың кірістік тізбегіне ығысу берудің қандай әдістері бар? Олардың кемшіліктері мен артықшылықтарын айтыңыз.

6) Конденсатордың сыйымдылығын екі есе ұлғайтса АЖС түрі калай өзгереді?

7) Каскадаралық байланыстардың қандай сұлбалар болады? Олардың кемшіліктері мен артықшылықтарын айтыңыз.

8) Транзистордың эмиттерлік тізбегіне қосылған $C_э$ сыйымдылық АЖС түріне қалай әсер етеді?

## 8 Зерханалық жұмыс №8. Операциялық күшейткішті (ОК) зерттеу

Жұмыстың мақсаты: оперциялық күшейткіштердің параметрлерімен және негізгі қасиеттерімен танысу, сонымен қатар осыларды пайдаланатын күшейткіш сұлбалардың негізгі типтерін қарастыру.

### 8.1 Жұмысқа дайындық

8.1.1 Стендті қарап шығу және оның толықтығын тексеріп шығу.

8.1.2 Зертханалық стендпен танысу.

8.1.3 Стендтің барлық аспаптарын өшіру, тумблерлерді төменгі жағдайға *БП* келтіру.

8.1.4 «~220 В» электрлік желісіне стендтің және осциллографтың қоректендіру көзін қосу.

8.1.5 Сұлбаларды жинаңыз (8.2.5 пункті «Жұмыстың орындалу тәртібін» қараңыз). Сигналдар көзін, өлшегіш аспаптарды және қоректендіру көзін қосыңыз.

8.1.6 «~220 В» тумблерін қосыңыз. Стенд зертханалық жұмысты орындауға дайын.

*Қысқаша мәлімет.*

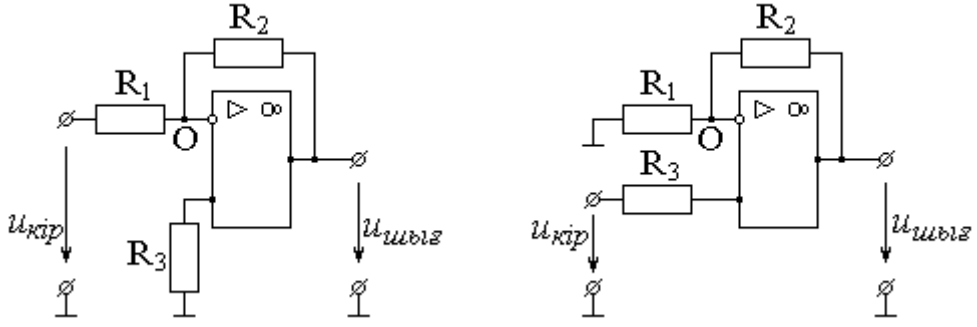
Операциялық күшейткіш (ОК) – бұл дифференциалдық кірісі бар модульдық көпкаскадтық күшейткіш, ол сипаттамасы бойынша «идеал күшейткішке» жақын келеді. Идеал ОК кернеу бойынша шексіздікке ұмтылатын (әдетте, нақты ОК $10^5$) күшейту коэффициентіне, үлкен кіріс кедергіге ($10^6$ Ом және одан көп) және өте аз шығысты кедергіге ие. ОК электронды құрылғылардың негізгі элементтері болып табылады, соның ішінде құрамына қосу, интегралдау, дифференциалдау және басқа да аналогты шамалармен орындалатын операциялар кіретін аналогты есептеуіш машиналарда болады. Операция түрі тұтастай кері байланыс сызықты емес сыртқы (шықпалық) элементтерінің (ОК салыстарғанда) түрлерімен және параметрлерімен анықталған. Қазіргі таңдағы көптеген ОК құрылымы интегралды сұлбалар (ИС) түрінде орындалады.

Қарапайым инвертирлеуші күшейткіштің сұлбасы 8.1, а – суретте көрсетілген. $R_1$ және $R_2$ кедергілерді қолдансақ, онда кері байланысты енгізу деп аталады.

Кері байланысты күшейткіш коэффициенті мынаған тең:

$$K_{КБ} = \frac{u_ш}{u_к} = -\frac{R_2}{R_1}. \qquad (8.1)$$

Теңдіктің оң жағындағы минус таңбасы шығыс инвертирленген дегенді білдіреді, яғни шығыс кернеуі кіріске қарсы фазалы болатын жағдай.




а) инвертирлеуші күшейткіш; б) инвертирленбейтін күшейткіш.

8.1 сурет – Күшейткіштер сұлбасы

Инвертирлеуші күшейткіштің сұлбасындағы кіріс кедергісі $R_1$ тең, О нүктесіндегі (8.1, а сурет) кері байланыс арқасында шамамен нолдік потенциал сақталады. $R_1$ кедергіні кіріс кернеу $u_{кір}$ көзін жүктемейтіндей етіп таңдап алыну тиіс, ал кедергі $R_2$ операциялық күшейткішті жүктемеуі тиіс.

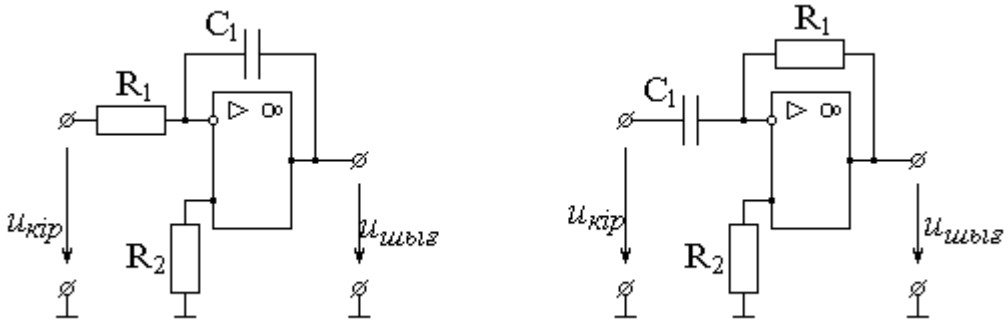
Инвертирленбейтін күшейткіш сұлба 8.1,б суретте көрсетілген.

Кері байланысты күшейту коэффициенті:

$$K_{КБ} = \frac{u_{Ш}}{u_{К}} = \frac{R_2 + R_1}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}. \qquad (8.2)$$

Қарастырылған күшейткіштердің ерекшелігі кернеу бойынша тізбектей теріс кері байланыстың әрекетінен туындаған үлкен кірістік кедергінің болуы.

ОК негізіндегі интегралдаушы және дифференциалдаушы операциялық сұлбалар (8.2 сурет) көп қолданысқа ие болуда.




а) интегралдаушы ОК; б) дифференциалдаушы ОК.

8.2 сурет - Операциялық сұлба

$$u_{c_1} = \frac{1}{C_1}\int i_c(t)dt\,. \qquad (8.3)$$

Содан

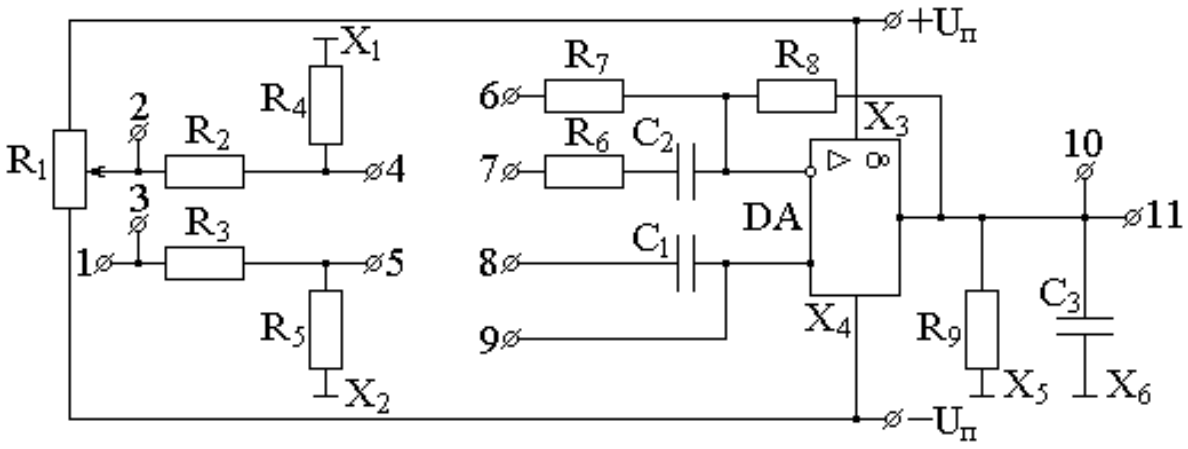
$$i_c = -i_K = -\frac{u_K}{R_1}, \qquad (8.4)$$

онда, бұл жерде шығатыны

$$u_{Ш} = -\frac{1}{C_1}\int \frac{u_K}{R_1}dt = -\frac{1}{R_1 C_1}\int u_K dt\,. \qquad (8.5)$$

Дифференциалдау операциясы интегралдауға кері операция болып табылады, сондықтан 8.2,б суреттен конденсатор $C_1$ мен резистордың $R_1$ орындарын ауыстыру арқылы интегратордан дифференциалдық құрылғыны алуға болады.

### 8.2 Жұмысты орындау тәртібі




8.3 сурет – Операциялық күшейткішті зерттеу

8.2.1 Инвертирлеуші күшейткіш.

8.2 суреттегі сұлба бойынша операциялық күшейткішті қосыңыз.

8.2.2 Егер $R_2$ = 100 кОм болса, күшейту коэффициенті $K_{КБ}$ 10-ға тең болу үшін алдын ала $R_1$ шамасын есептеп алыңыз. Бұл жерде $R_3$ нөлге тең.

8.2.3 8.3 сурет бойынша ОК зерттеу сұлбасындағы $R_1$ орнына $R_7$ және $R_2$ орнына $R_8$ қойыңыз. Шаманы өлшеңіз және кіріс $U_{КІР}$ = 0,5 В тұрақты кернеу кезінде шығыс кернеудің полярлығын анықтаңыздар. Күшейту коэффициентін есептеңіздер. Теориямен тәжірибеде алынған $K_{КБ}$ мәнін салыстырыңыз.

8.2.4 $U_{КІР}$ = 0,5 В орнату үшін кернеу бөлгішті $R_3$, $R_5$ немесе потенциометрді $R_1$ бірге кернеу бөлгішпен $R_2$ және $R_4$ пайдалануға болады (8.3 сурет).

8.2.5 Инвертирленбейтін күшейткіш. 8.1,б - суретте көрсетілген күшейткіш сұлбасын жинаңыз.

8.2.6 Егер $R_2$ = 100 кОм болса, кері байланысты $K_{КБ}$ күшейту коэффициенті 11 тең болу үшін алдын ала $R_1$ шамасын есептеңіз.

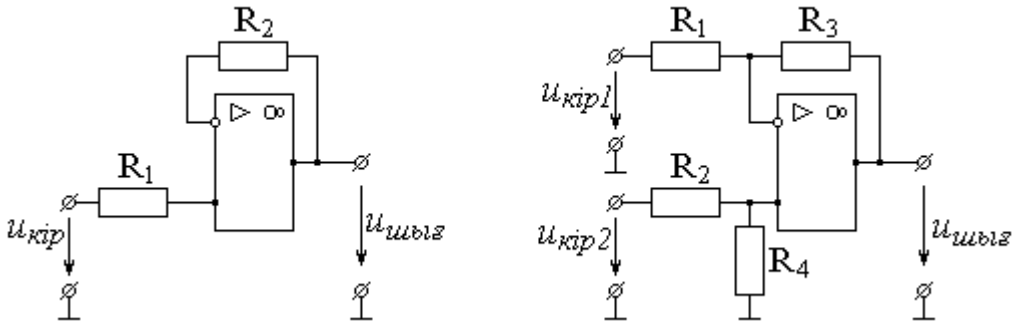
8.2.7 Кірісінде $U_{КІР}$ = 0,5 В тұрақты кернеу кезіндегі шығыс кернеудің полярлығын анықтаңыз және шаманы өлшеңіз. Теориямен тәжірибеде алынған $K_{КБ}$ мәнін салыстырыңыз.

8.2.8 $U_{КІР}$ = 0,5 В алу үшін алдыңғы пунктегі нұсқауларды пайдалануға болады.

8.2.9 8.4,а - суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз. $R_1$ = $R_2$ = 10 кОм.

8.3 суретте ОК зерттеу сұлбасындағы $R_8$ орнына $R_1$ және $C_1$ орнына $R_2$ қойыңыздар.

8.2.10 Сұлбаның кірісіне алдымен $f$ = 100 Гц жиілікті айнымалы кернеу мен $U_m$ = 2,5 В амплитуданы беріңіздер. Шығыс және кіріс кернеулер мәнін өлшеңіз және жазыңыз. $U_{ШЫҒ}$ / $U_{КІР}$ қатынасы (тұрақты және айнымалы) екі сигналдар үшін қалай әсер етеді?




а) кернеу қайталауыш; б) дифференциалды кіріспен.

8.4 сурет – Күшейткіштердің сұлбалары

8.2.11 Шартты орындаңыз: $R_1 = R_2 = 10$ кОм және $R_3 = R_4 = 51$ кОм.

$$U_{шығ} = (R_3 / R_1)\cdot(u_{кір2} - u_{кір1}). \qquad (8.6)$$

8.2.11 Инвертирлеуші кіріске ($u_{кір1}$) тұрақты кернеу $U = 1$ В беріңіз, ал инвертирленбейтін кіріске ($u_{кір2}$) жиілігі $f = 100$ Гц және амплитудасы $U_m = 1$ В айнымалы кернеу беріңіз.

8.2.12 Күшейткіштің шығыс кернеуінің осциллограммасын түсіріңіз және сол бойынша минималды және максималды мәнін $u_{шығ}$ өлшеңіз.

8.2.13 $U = 1$ В тұрақты кернеуді орнату үшін 8.3- суреттегі $R_1$ потенциометрді $R_2$, $R_4$ бөлгіштермен бірге қолданыңыз.

8.2.14 Амплитудалы-жиілікті сипаттама (АЖС). Оқытушының берген тапсырмасы бойынша 8.1 суреттегі күшейту коэффициенті $K_{ОС} = 2$ тең инвертирлеуші немесе инвертирленбейтін күшейткіштің сұлбасын жинаңыз.

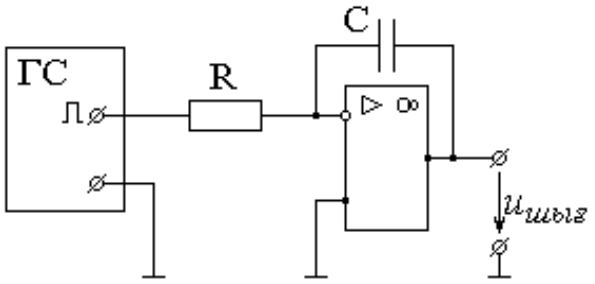
8.2.15 Берілген сұлба бойынша жиілігі $f$ 10-нан 100 Кгц дейінгі аралықта (қысқалығы 10) өзгергенде және $U_m = 1$ В кіріс кернеудің амплитудасының мәні өзгермеген кезінде шығыс кернеудің амплитудасын алыңыз. Мысалы, 10, 100, 1000 және т.б. Күшейту коэффициентін $K_{КБ}$ және жиіліктің әр мәні үшін *lgf* есептеңіз. Тәжірибелік және есептік мәліметтерді кестеге енгізіңіз. АЖС тұрғызыңыз, яғни *lgf* – нен $K_{КБ}$- тің тәуелділігін және күшейткіштің өткізу жолағын анықтаңыз.

8.2.16 Үшбұрыш түріндегі сигналдар генераторы. 8.5 суреттегі сұлбаны жинаңыз.

8.2.17 Шығысында алынатын үшбұрыш түріндегі сигналдар ең үлкен мәнге ±2,5 мәнге ие болатындай етіп, интегратордың $R$ және $C$ мәндерін алдын ала есептеңіз.

8.2.18 Интегратордың $R$ және $C$ элементтері қажетті уақыттық қатынасты (байланысты) қамтамасыз етеді. Интегратор кірісіне $f = 100$ Гц жиілікті және $U_m = 10$ В амплитудалы тікбұрышты түріндегі (меандр) $u_{кір}(t)$ кернеу берілгенін ескерсек, оларды есептегенде (8.5) өрнекті қолдануға болады.

8.2.19 Интегратор кірісі мен шығысында алынған кернеу осциллограммаларын қабылданған масштабта салыңыздар.




8.5 сурет - Үшбұрыш түріндегі сигналдар генераторы

8.2.20 Сұлбаларды жинау кезінде ОК үшін қоректі *ИсН3* блогынан алады. +15 В, 0 және –15В клеммаларын сәйкесінше $+U_П$, $X_5$ және $-U_П$ ұяшықтарына қосыңыз. (5.3 сурет).

8.2.21 «~220 В» тумблерін қосыңыз және басқа да БП тумблерлерді оқытушы сұлбаны тексергеннен кейін қосуға болады.

8.3.22 8.6.1. және 8.6.2 пунктерді орындау кезінде кіріс және шығыс кернеулерді бақылау үшін өлшеудің сәйкес болатын аралықтарында тұрақты кернеуді өлшеу режимінде *АВ1* және *АВ2* өлшеуіш аспаптарды пайдалануға болады.

8.2.23 $U_{кір}$ = 0,5 В алу үшін кернеу бөлгішті $R_3$, $R_5$ қолдануға болады. *ГН1* блогынан шығыс клеммаларынан тұрақты кернеуді кернеу бөлгіштің кірісінен беріңіз (плюстік клемманы 1 ұяшығымен, а минустік клемманы $X_2$ ұяшығымен қосыңыз). Кернеу бөлгіш беске тең болатын коэффициент бөлгішке ие болуы керек. Егер $R_5$ = 51 кОм болған кезде берілген коэффициент $R_3$ үшін есептеңіз. *ГН2* блогынан кернеуді реттеп отырып клеммаға 5 $U$ = 0,5 В қойыңыз. Осы кернеуді зерттелетін сұлбаның кірісіне беріңіздер. Күшейткіштің кіріс және шығыс кернеулердің полярлығын анықтау үшін және шаманы өлшеу үшін осциллографты пайдалану ыңғайлы.

8.2.24 8.2.1 - пункті орындау кезінде күшейткіш кірісіне *СГ* сигналдар генераторы ⊥ мен *ГН* ұяшығынан синусоидалы кернеу беріңіздер. Алдын ала сигнал жиілігін $f$ = 100 Гц орнатыңыз. *ГС* блогының алдыңғы панелінде жиілікті қалыпты түрде өзгертетін «жиілік» реттегіш бар. Жиілікті өлшеу (*ЖӨ*) жиілікті өлшеуішпен іске асырылады.

8.2.25 Ампервольтметр *АВ1* кернеу шамасын өлшеуге арналған аспапты қолданып, қайталағыш кірісіне тұрақты кернеуді *ГН1* блогының шығысынан бере беруге болады.

8.2.26 8.2.4 - пункті орындау үшін 8.2.1 пункт пен 8.2.3 пунктті әдістемелік нұсқаулықтарды пайдалану керек. Кернеу бөлгіштің $R_2$, $R_4$ бөлу коэффициенті беске тең. Кіріс $u_{кір1}$ кернеудің шамасын бақылау 8.3 суреттегі 4 нүктеде іске асырылады. Кедергі $R_1$ = 10 кОм (айнымалы).

8.2.27 8.3.5 - пункті орындау кезінде күшейткіштің кіріс және шығыс кернеулердің амплитудаларын өлшеу осциллограф көмегімен орындауға болады.

8.2.28 8.2.6.- пункті орындау кезінде «оң полярлы тікбұрышты импульс» шығысын пайдалана отырып СГ блогына интегратор кірісін қосыңыз. Шығыс импульстер $f$ = 1000 Гц (*ЖӨ* блок) жиілігін орнатыңыз. Осцоллографтағы сигналды бақылап отырып, импульстер саңылауын 2 тең болатындай «Ұзақтылық» реттеуішімен орнатыңыз.

8.2.29 Кернеу амплитудасын осциллограф көмегімен өлшеуге болады. Экрандағы бейненің биіктігін $H$ масштабқа $m_V$ (*В/бөлу*) көбейтеді: $U_m = H \cdot m_V$.

8.2.30 Экранда анық (орнықты) суретті алу үшін оссиллографтың алдыңғы панелінде орналасқан *«Деңгей»* реттегішін пайдалануға болады.

Бақылау сұрақтары:

1) ОК негізгі параметрлерін атаңыз.

2) Инвертирлеуші күшейткіштің сұлбасын салыңыз. Бұл сұлбада кері байланыстың қандай түрі қолданылған? Күшейткіш параметріне ТКБ түрі қалай әсер етеді?

3) Инвертирленбейтін күшейткіштің сұлбасын салыңыз. Бұл сұлбада кері байланыстың қандай түрі қолданылған? Күшейткіш параметріне ТКБ түрі қалай әсер етеді?

4) Операциялық күшейткіштің нөлінің температуралық дрейфі пайда болуына алып келетін негізгі факторды анықтаңыз.

5) Инвертирлеуші күшейткіштің сұлбасын салыңыз. Сұлбаның жұмыс істеу принципін түсіндіріңіздер.

6) Үшбұрыш түріндегі сигналдар генераторының сұлбасын салыңыз. Сұлбаның жұмыс істеу принципін түсіндіріңіздер.

7) Дифференциалдаушы күшейткіштің сұлбасын салыңыздар. Сұлбаның жұмыс істеу принципін түсіндіріңіздер.

8) Кернеу қайталауышының сұлбасын салыңыздар.

9) Дифференциалдаушы күшейткіштің сұлбасын салыңыздар. Оның кемшілігі мен артықшылықтарын көрсетіңіз.

## 9 Зертханалық жұмыс №9. Бір фазалы екі орамалы трансформаторды зерттеу

Жұмыстың мақсаты: бір фазалы екі орамалы трансформаторды тәжірибелік жолмен зерттеу.

### 9.1 Жұмысқа дайындық

Трансформаторлар жайлы тоериялық мәліметтерді, олардың касиеттерін, түрлерімен танысу. Активті жүктеме кезіндегі трансформатордың шығыстық сипаттамасын түсіруді үйрену.

## 9.2 Жұмысты орындау тәртібі

Зертханалық жұмыста келесі модульдер пайдаланылады:
- стендті қоректендіруші модуль (МПС);
- қоректендіруші модуль (МП);
- бір фазалы трансформатордың модулі (ОдТр);
- өлшеу модулі (МИ).

Жұмысты орындамас бұрын модульдерді бастапқы қалпына келтіру керек. Ол үшін стендті қоректендіретін QF1 автоматтық ажыратқыш ажыратулы тұрған кезде: бір фазалы трансформатор модулінің SA2 ауыстырып қосқышын «∞» қою керек.

Жұмыста екі орамалы бір фазалы трансформатор пайдаланылады, оның каталогтік мәліметтері қосымшада (В) келтірілген.

1. Трансформатордың шығыстық сипаттамасы.

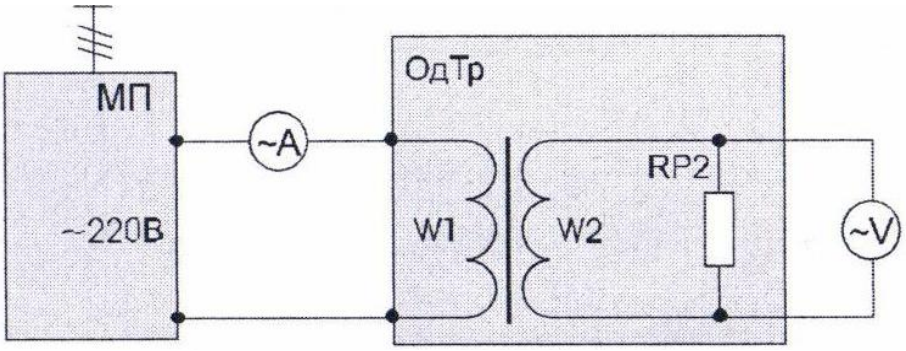
Шығыстық сипаттама трансформатордың екінші реттік кернеуінің жүктеме тогына тәуелділігін $U_2 = f(I_2)$ көрсетеді, бұл кезде $U_1 = U_{1H} = const$; $\cos\varphi_2 = const$.

Шығыстық сипаттаманы түсіруге арналған сұлба 9.1- суретте көрсетілген.

Бір фазалы трансформатор МП модулінің реттелмейтін айнымалы ток көзіне «~220» қосылады. Жүктеме туғызу үшін трансформатордың екінші реттік тізбегіне реттелетін кедергі RP2 қосылады. Бірінші және екінші реттік орамалардың параметрлерін бақылау МН модулінің PV және PA аспаптарының көмегімен іске асырылады.

Тәжірибе келесідей ретпен жүргізіледі:

- МПС және МП модульдерінің QF1 және QF2 автоматты ажыратқыштарын қосу керек, бұл кезде трансформатор бос жүріс режимінде жұмыс істейді, алынған нәтижені 9.1 кестеге жазу керек;




9.1 сурет - Трансформатордың шығыстық сипаттамасын түсіруге арналған сұлба

- ОдТр модулінің SA2 ауыстырып қосқышымен екінші реттік ораманың тогын, бірінші реттік орама тогы $I_1 \approx I_{1н}$ тең болғанға дейін өзгерту керек:

$$I_{2H} = \frac{S_H}{U_{2H}},$$

мұнда $S_H$ - толық қуат ( *В қосымшасы* ), кВА;

$U_{2H}$ - екінші реттік номинал кернеу (*Б қосымшасы*), В.

*SA2 ауыстырып қосқышты «0» қоймау керек*

Тәжірибеден алынған мәліметтерді 9.1 кестеге жазыңыз.

9.1 кесте

| Тәжірибе мәліметтері | | Есептелетін шамалар | | |
|---|---|---|---|---|
| $U_2$ | $I_1$ | $K_{тр}$ | $K_{жук}$ | $I_2$ |
| В | А | | | А |
| | | | | |

Тәжірибені орындап болған соң SA2 «∞» қойып, QF1 және QF2 автоматтарды ажырату керек.

Тәжірибеден алынған мәліметтер бойынша трансформатордың шығыстық сипаттамасын тұрғызып, оның жүктемелік және трансформациялық коэффициенттерін есептеу керек.

Трансформациялық коэффициент:

$$K_{тр} = \frac{U_2}{U_1},$$

мұнда $U_2, U_1$- бос жүріс кезіндегі екінші және бірінші реттік орамалардың кернеулері.

Екінші реттік орама тогы, А

$$I_2 = I_1 \cdot K_{тр}.$$

Жүктеме коэффициенті,

$$K_{ж} = \frac{I_2}{I_{2H}}.$$

Бақылау сұрақтары:

1) Трансформатордың бос жүріс тогы неге өте аз болады және номинал токтың бірнеше пайызын ғана құрайды?

2) Трансформатордың ПӘК негізінен есептеу арқылы анықтайтынын қалай түсіндіруге болады?

3) Трансформаторда қандай шығындар болады?

4)Трансформатордың пайдалы әсер коэффициенті қандай кезде максимал болады?

5) Қысқаша тұйықтау кернеуі деген не?

6) Трансформатордың бос жүріс сипаттамасы деген не?

7)Трансформатордың қысқаша тұйықтау сипаттамасы деген не?
8) Трансформатордың шығыстық сипаттамасы деген не?

## 10 Зертханалық жұмыс №10. Фазалық роторлы асинхронды электр қозғалтқышын зерттеу

*Жұмыстың мақсаты:* электр қозғалтқышының жұмыстық қасиеттерін тәжірибелік жолымен сипаттамалар алу арқылы зерттеу.

### 10. 1 Жұмысқа дайындық

10.1 Фазалық роторлы асинхронды электр қозғалтқышын зерттеуге арналған сұлбаны оқып үйрену;
10.2 Қозғалтқышты қысқаша тұйықталу режимінде зерттеу;
10.3 Қозғалтқышты бос жүріс режимінде зерттеу;
10.4 Бос жүріс және қысқаша тұйықталу тәжірибелері бойынша қозғалтқыштың параметрлерін есептеу, орынбасу сұлбаны құру;
10.5 Ротор тізбегіне кедергі кіргізген кезде бірден жүктеме беру әдісі бойынша қозғалтқыштың жұмыстық сипаттамасын түсіру;
10.6 Тәжірибелік мәліметтерді өңдеу және жұмыс бойынша қорытынды жасау.

### 10.2 Жұмысты орындау тәртібі

- стендті қоректендіру модулі (МПС);
- қоректендіру модулі (МП);
- күштік модуль (СМ);
- қуат өлшеу модулі (МНМ);
- қосымша кедергілер модулі №1 (МДС1);
- қосымша кедергілер модулі №2 (МДС2);
- өлшеу модулі (МН).

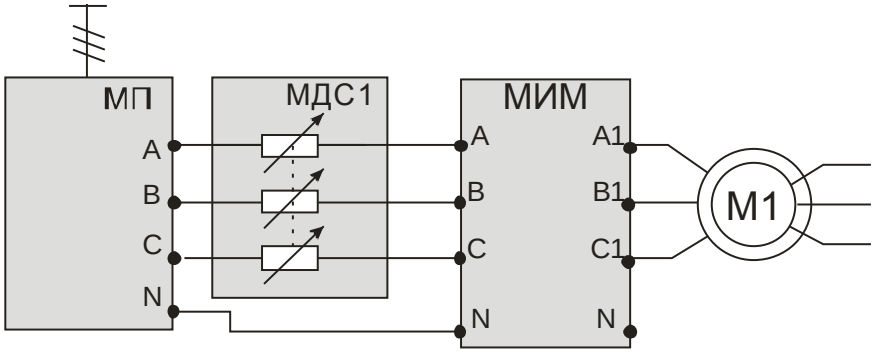
Зертханалық жұмысты орындамас бұрын модульдерді алғашқы қалпына келтіру керек.
- МДС №1 модульдегі SA1 ауыстырып қосқышын «∞» қою керек;
- МДС №2 модульдегі SA1 ауыстырып қосқышын «∞» қою керек;

Зерттелетін асинхронды қозғалтқыш электр машиналық агрегат құрамына кіреді, оған зерттелетін М1 қозғалтқыш, жүктемелік генератор - тұрақты ток машинасы М2, жылдамдық өлшейтін импульстік датчигі М3 жатады.

### 10.3 Қысқаша тұйықталу тәжірибесі

Қысқаша тұйықталу тәжірибесі ротор айналмай тұрған $s=1$ кезде және бұл кезде статор тогы шамамен статордың номинал тогына $I_{1к} \approx I_{1н}$ тең болатын төмендетілген кернеу мен жүргізіледі.

Қысқаша тұйықтау тәжірибесін жүргізуге арналған сұлба 10.1 суретте көрсетілген.




10.1 сурет - Қысқаша тұйықтау тәжірибесі жүргізілетін сұлба

Асинхронды электр қозғалтқышы МДС1 модулінің қуат өлшеуіші арқылы бірден МП модуліне қосылады.

Қозғалтқышты тежеу жарты муфтаның тесігіне қойылатын металл стерженнің көмегімен іске асырылады.

Кернеуді статор тізбегіне қосымша кедергі қосу арқылы төмендетеді.

Статор тогы статор кернеуі, электр қозғалтқышының қуаты және қуат коэффициенті МИМ модулімен өлшенеді.

Тәжірибе келесі ретпен жүргізіледі:

- МПС және МП модульдерінің QF1 және QF2 автоматты ажыратқыштарын қосыңдар;
- МДС1 №1 модулінің SA1 ауыстырып қосқышымен статор тізбегіне, статор тогы шамамен номиналға тең болғанға дейін кедергі кіргізу керек.

Мәліметтерді 10.1 кестеге жазыңдар.

Тәжірибені орындап болған соң QF1, QF2 автоматты ажыратқыштарды ажыратыңыз, модульдерді алғашқы қалпына қойыңыздар.

Металл стерженьді электр машина агрегатынан шығарыңдар.

Қысқаша тұйықтау тәжірибесінің мәліметтері бойынша $s=1$ болған кездегі жүргізуші токты және жүргізуші моментті анықтаңыздар.

10.1 кесте

| Тәжірибе мәліметтері | | | | Есептелетін шамалар | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{1фк}$ | $I_{1фк}$ | $P_{1фк}$ | $\cos\varphi_{1к}$ | $P_{1к}$ | $\Delta P_{эл.ст}$ | $\Delta P_{Б}$ | $P_{эмк}$ | $M_{эмк}$ | $z_к$ | $r_к$ | $x_к$ |
| *В* | *А* | *Вт* | | *Вт* | *Вт* | *Вт* | *Вт* | *Нм* | *Ом* | *Ом* | *Ом* |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

Қысқаша тұйықтау тәжірибесі кезіндегі үш фазалы активті қуат, *Вт*

$$P_{1к} = m_{1к} P_{1фк}.$$

Статор тізбегіндегі электрлік шығын, *Вт*

$$\Delta P_{эл.ст} = m_1 I_{1к}^2 \cdot r_1.$$

$U_{1к}$ кернеу кезіндегі болаттағы шығындар, *Вт*

$$\Delta P_{Б} = \Delta P_{Б1}\left(\frac{U_{1к}}{U_{1н}}\right)^2,$$

мұнда $\Delta P_{Б1}$ - номинал кернеу кезіндегі болат шығыны, *Вт*.

Қысқаша тұйықтау тәжрибесі кезіндегі электр магниттік қуат, *Вт*

$$P_{эм.к} = P_{1к} - \Delta P_{эл.ст} - \Delta P_{Б}.$$

Қысқаша тұйықтау тәжірибесі кезіндегі электр магниттік момент, $Н \cdot м$

$$M_{эм.к} = \frac{P_{эм.к}}{\omega_1} \text{ немесе } M_{эм.к} = \frac{P_{эм.к}}{2\pi n_1 / 60},$$

мұнда $n_1$ - синхронды айналу жиілігі *айн/мин*;

$\omega_1$ - синхронды бұрыштық айналу жиілігі, *рад/сек*.

$$\omega_1 = \frac{2\pi f}{p},$$

мұнда $p$ - жұпталған полюстер саны (Б қосымшасы ).

Номинал кернеу кезіндегі электр магниттік момент, $Н \cdot м$

$$M_{эм.н} = M_{эм.к}\left(\frac{U_{1н}}{U_{1к}}\right)^2.$$

Жүргізуші моменттің еселігі

$$\overset{*}{M}_{ж} = \frac{M_{эм.н}}{M_{н}};$$

$$M_{н} = \frac{P_{2н}}{\omega_{н}},$$

мұнда $P_{2н}$ және $\omega_{í}$ - біліктегі номинал қуат және номинал бұрыштық айналу жиілігі (Б қосымшасы).

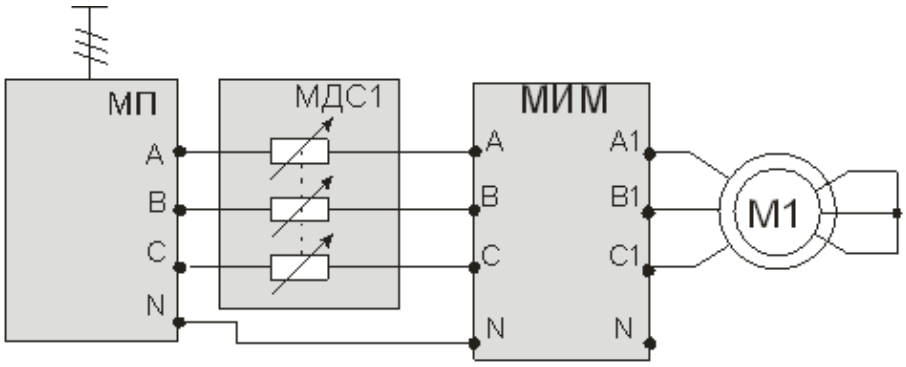
Жүргізуші токтың еселігі

$$\overset{*}{I}_{ж} = \frac{I_{1к}}{I_{1н}} \cdot \frac{U_{1н}}{U_{1к}}.$$

## 10.4 Бос жүріс тәжірибесі

Қозғалтқышты бос жүріс режімінде зерттеу кернеудің номинал кернеуге тең бір мәні үшін жүргізіледі және ол бос жүріс тогының шамасын, сондай-ақ номинал кернеу кезіндегі болаттағы шығынды бағалауға мүмкіндік береді.

Бос жүріс тәжірибесін өткізетін сұлба 10.2 суретте берілген.




10.2 сурет - Бос жүріс тәжірибесін өткізу үшін арналған сұлба

Статор тогы, статор кернеуі, электр қозғалтқышының қуаты және қуат коэффициенті МНМ модулімен өлшенеді.

Тәжірибе келесі ретпен жүргізіледі:

- МПС және МП модульдерінің QF1 және QF2 автоматтық ажыратқыштарын қосыңдар;
- МДС1 №1 модулінің SA1 ауыстырып қосқышын «∞» жағдайдан «0» жағдайға қою керек, кернеу номинал мәнге тең мән қабылдайды, асинхронды қозғалтқыш жүргізіледі.

Тәжірибе мәліметтерін 10.2 кестеге жазыңдар.

10.2 кесте

| Тәжірибе мәліметтері | | | | Есептелетін шамалар | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{1фк}$ | $I_{10}$ | $P_{1ф}$ | $n$ | $\omega$ | $P_{10}$ | $cos\varphi_{10}$ | $\Delta P_{эл.ст}$ | $P_{от}$ | $\Delta P_{ст}$ | $\Delta P_{ст1}$ | $\overset{*}{I}_{10}$ |
| *В* | *А* | *Вт* | *айн/мин* | *рад/с* | *Вт* | | *Вт* | *Вт* | *Вт* | *Вт* | |
| | | | | | | | | | | | |

Тәжірибені орындап болғаннан кейін QF2, QF1 автоматты ажыратқыштарды ажыратыңдар, модульдерді алғашқы қалпына қойыңдар.

Есептік мәліметтер.

Қуат коэффициенті $cos\varphi_{10}$:

$$cos\varphi_{10} = \frac{P_{10}}{m_1 U_{1фн} I_{1ф}},$$

мұнда $P_{10}$ - үш фазаның активті қуаты, *Вт*

$$P_{10} = m_1 P_{1ф}.$$

Статор тізбегіндегі электрлік шығындар, *Вт*

$$\Delta P_{эл.ст} = m_1 I_{1к}^2 r_1.$$

Номинал кернеу кезіндегі статор өзекшесіндегі болат шығындары, *Вт*

$$\Delta P_{Б1} = P_{10} - \Delta P_{эл.ст} - \Delta P_{мехА} - \Delta P_{МЕХТТ},$$

мұнда $r_1$ - статор фазасының активті кедергісі, *Ом* (Б қосымшасы);

$\Delta P_{мехА}$ - асинхронды қозғалтқыштың механикалық шығындары, *Вт* (Б қосымшасы);

$\Delta P_{МЕХТТ}$ - тұрақты ток машинасының механикалық шығындары, *Вт* (Б қосымшасы).

Статор өзекшесіндегі болат шығындары кез келген басқа кернеу үшін кернеудің квадраты арқылы есептеледі

$$\Delta P = \Delta P_{Б1}\left(\frac{U_1}{U_{1н}}\right)^2,$$

мұнда $\Delta P_Б - U_1$ кернеудің кез келген мәні кезіндегі болат шығыны.

Салыстырмалы бірліктегі бос жүріс тогы:

$$\overset{*}{I}_{10} = \frac{I_{10}}{I_{1н}}.$$

## 10.5 Асинхронды қозғалтқыштың параметрлерін есептеу

Бос жүріс және қысқаша тұйықтау тәжірибелері асинхронды қозғалтқыштың параметрлерін есептеуге және орынбасу схемасын құруға мүмкіндік береді.

Бос жүріс тәжірибесінен:

- магниттелуші тізбектің активті кедергісі $r_m \approx \frac{P_{Б1}}{m_1 I_{10}^2}$;

- магниттелуші тізбектің толық кедергісі $z_m \approx \frac{U_{1фн}}{I_{10}}$;

- магниттелуші тізбектің индуктивті кедергісі $x_m = \sqrt{z_m^2 - r_m^2}$.

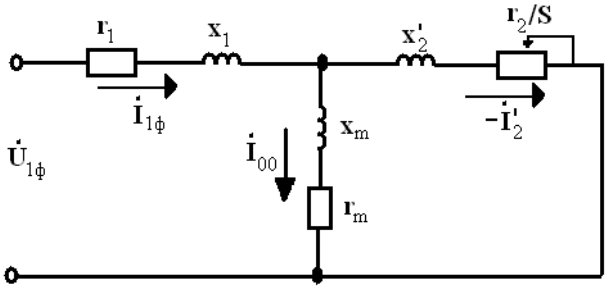
Қысқаша тұйықтау тәжірибесінен:

- толық кедергі $z_к = \frac{U_{1фк}}{I_{1к}}$ ;

- активті кедергі $r_к = \frac{P_{1к}}{m_1 I_{1к}^2}$; $r_2^{/} = r_к - r_1$;

- индуктивті кедергі $x_к = \sqrt{z_к^2 - r_к^2}$; $x_1 \approx x_2^{/} = \frac{x_к}{2}$.

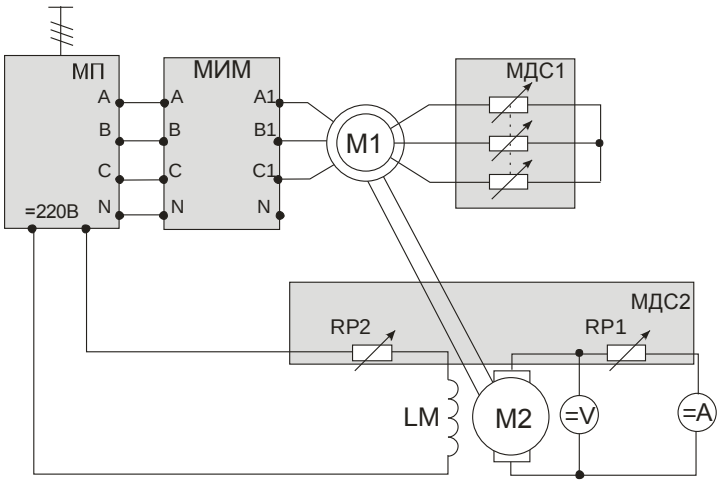
Асинхронды қозғалтқыштың «Т» тәріздес схемасы 10.3 суретте көрсетілген.




10.3 сурет - «Т» тәріздес орынбасу сұлбасы

## 10.6 Жұмыстық сипаттаманы түсіру

Жұмыстық сипаттамаларды түсіру үшін арналған сұлба 10.4 суретте көрсетілген.




10.4 сурет - Жұмыстық сипаттаманы түсіруге арналған сұлба

Асинхронды қозғалтқыш бірден жиілік түрлендіргішіне қосылады.

Электр қозғалтқышының роторы «жұлдызша» схема бойынша МДС1 №1 кедергілері арқылы қосылады.

Тұрақты ток қозғалтқышының қоздырушы орамасын қоректендіру МДС2 модулінің RP2 кедергісі арқылы МП модулінің «220В» шықпасымен іске асырылады.

Тұрақты ток машинасының якорь тізбегі МДС2 модулінің RP1 кедергісіне қосылады.

Асинхронды қозғалтқыштың тогын, статор шықпасындағы кернеудің жиілігін, қозғалтқыштың қуатын және қуат коэффициентін өлшеу үшін МНМ модулі қолданылады.

Якорь тогының $I_я$, якорь кернеуінің $U_я$ мәндері өлшейтін аспаптардың көмегімен бақыланады.

Ротор тогын өлшеу МН модулі аспабының көмегімен іске асырылады.

Агрегаттың ағымдағы айналу жиілігінің мәнін де СМ индикаторымен бақылауға болады.

Жұмыстық сипаттамалар ротор тізбегіндегі кедергінің бірнеше мәні үшін түсіріледі ($R_{ос}$ кердергісінің мәндері 50...200 *Ом* болғаны дұрыс).

Тәжірибе келесі ретпен жүргізіледі:

МДС1 модулінің SA1 ауыстырып қосқышымен кедергі қосылады (мәнін оқытушы береді);

МПС және МП модульдерінің QF1 және QF2 автоматтарын қосыңдар, асинхронды қозғалтқыш жүргізіледі;

- ТТГ жүктеме міндетін МДС2 модулінің RP1 кедергісі атқарады;

- МДС2 модулінің SA1 ауыстырып қосқышымен кедергіні ТТГ якорь тогы $I_{ж} = I_{я} \approx I_{ян}(I_{ян} = 1{,}3A)$ тең болғанға дейін азайтып, ТТГ жүктемесін өсіріңдер. Бұдан артық жүктеме беруге болмайды! SA1 «0» қоюға болмайды!

- ротор тізбегіндегі кедергіні өзгертіп, тәжірибені қайталаңдар.

Асинхронды қозғалтқыш, сондай-ақ генератор жағындағы тәжірибе мәліметтерін 10.3 кестеге жазыңдар.

Тәжірибені орындап болған соң модульдердің барлығының ауыстырып қосқыштарын алғашқы қалпына қойыңдар, QF2, QF1 автоматты ажыратқыштарды ажыратыңдар.

Электр қозғалтқышының айналу жиілігі, $рад/с$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}.$$

Асинхронды қозғалтқыштың статор орамасындағы электр шығындары:

$$\Delta P_{эл.ст} = m_1 I_{1ф}^2 r_1,$$

мұнда $r_1$- статор фазасының активті кедергісі, қозғалтқыштың төл құжаттық мәліметтерінде келтіріледі (Б қосымшасы ), $Ом$.

Номинал кернеу кезіндегі статор өзекшесіндегі болат шығыны, Вт

$$\Delta P_{Б1} = P_{10} - \Delta P_{эл.1} - \Delta P_{мехА} - \Delta P_{МЕХ.ТТ},$$

$\Delta P_{МЕХ.ТТ}$ - тұрақты ток қозғалтқышының механикалық шығыны, Вт (Б қосымшасы);

$\Delta P_{мехА}$ - асинхронды қозғалтқыштың механикалық шығындары, (Б қосымшасы);

$U_{1ф}$ кернеу кезіндегі болаттағы шығындар, Вт.

$$\Delta P_{Б} = \Delta P_{Б1}\left(\frac{U_{1ф}}{U_{1н}}\right)^2.$$

Электрмагниттік қуат, Вт

$$P_{эм} = P_1 - \Delta P_{эл.1} - \Delta P_{Б}.$$

Сырғанау

$$s = \frac{\omega_1 - \omega}{\omega_1} \text{ немесе } s = \frac{n_1 - n}{n_1}.$$

Ротор орамасындағы электр шығындары

$$\Delta P_{эл.р} = P_{эм} \cdot s.$$

Ротордағы қосымша кедергілердегі электр шығындары, Вт

$$\Delta P_{эл.кос} = 3I_2^2 R_{ос}.$$

Қозғалтқыштың толық шығыны, $Вт$

$$P_2 = P_1 - \Sigma\Delta P.$$

Қозғалтқыштың білігіндегі пайдалы момент, $Н \cdot м$

$$M_2 = \frac{P_2}{\omega}.$$

10.3 кесте

| $U_{1ф}, В$ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $I_{1\phi}$, $A$ | | | | | | | | |
| $P_1$, $Вт$ | | | | | | | | |
| $n$, $айн/мин$ | | | | | | | | |
| $cos\varphi_1$ | | | | | | | | |
| $\Delta P_{эл.ст}$, $Вт$ | | | | | | | | |
| $\Delta P_{Б}$, $Вт$ | | | | | | | | |
| $P_{эм}$, $Вт$ | | | | | | | | |
| $s$ | | | | | | | | |
| $\Delta P_{эл.р}$, $Вт$ | | | | | | | | |
| $\Delta P_{МЕХА}$, $Вт$ | | | | | | | | |
| $\Delta P_{эл.ос}$, $Вт$ | | | | | | | | |
| $\sum \Delta P$, $Вт$ | | | | | | | | |
| $P_2$, $Вт$ | | | | | | | | |
| $M_{эм}$, $Н \cdot м$ | | | | | | | | |
| $\eta$,% | | | | | | | | |
| $I_{я}$, $А$ | | | | | | | | |
| $U_{о}$, $В$ | | | | | | | | |
| $C_{м}$ | | | | | | | | |
| $M_{эм}$, $Н \cdot м$ | | | | | | | | |
| $I_{яо}$, $А$ | | | | | | | | |
| $M_{о}$, $Н \cdot м$ | | | | | | | | |
| $M_{2ТТГ}$, $Н \cdot м$ | | | | | | | | |
| $P_{2ТТГ}$, $Вт$ | | | | | | | | |

Қозғалтқыштың электрмагниттік моменті, $Н \cdot м$

$$M_{эм} = \frac{P_1}{\omega_0},$$

мұнда $\omega_0$- электр қозғалтқышының синхронды бұрыштық айналу жиілігі, $рад/с$.

Пайдалы әсер коэффициенті, %

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%.$$

Қуат коэффициенті (есептік):

$$cos\varphi_1 = \frac{P_1}{m_1 U_{1\phi} I_{1\phi}}.$$

Тұрақты ток генераторының электрмагниттік моменті, $Н \cdot м$

$$M_{эм.ТТГ} = C_м I_я,$$

мұнда $C_м$ - графиктен алынады (В қосымшасы).

ТТГ бос жүріс моменті, $Н \cdot м$

$$M_0 = C_м I_{яо},$$

мұнда $I_{яо}$ - бос жүріс тогы, тұрақты ток машинасының графигінен алынады В қосымшасы) және ол ТТГ механикалық шығыны мен болаттағы шығынға пропорционал болады, $А$.

ТТГ біліктегі толық моменті, $Н \cdot м$

$$M_{2ТТГ} = M_{эм.ТТГ} + M_o.$$

ТТГ біліктегі пайдалы қуаты, $Вт$

$$P_{2ТТГ} = M_{2.ТТГ} + \omega.$$

Жұмыстық сипаттамалар график түрінде бейнеленген статор тогының, желіден тұтынатын активті қуаттың, айналу жиілігінің, сырғанаудың, электрмагниттік моменттің, ПӘК және қуат коэффициентінің қозғалтқыш білігіндегі пайдалы қуатқа тәуелділігін көрсетеді:

$I_1, P_1, n, s, M_{эм}, \eta, \cos\varphi_1 = f(P_2)$ бұл кезде $f_1 = const$ және $U_1 = const$.

Тәжірибе мәліметтері бойынша механикалық $\omega = f(M_2)$ және электрмеханикалық сипаттамаларды тұрғызыңдар.

Бақылау сұрақтары:

1) Асинхронды қозғалтқыштың айналу бағытын қалай өзгертуге болады?

2) Қоректендіруші желінің кернеуі төмендеген кезде асинхронды қозғалтқыштың моменті қалай өзгереді?

3) Синхронды айналу жиілігі кезінде асинхронды қозғалтқыш момент туғыза ала ма, яғни ол синхронды жиілікпен айнала ала ма?

4) Кернеуді өзгергенде және қозғалтқыштың білігіндегі жүктеме өзгермеген кезде қозғалтқыштың статор тогы қалай өзгереді?

5) $\cos\varphi_1 = f(P_2)$ тәуелділігінің физикалық мағынасын түсіндіріңдер?

6) Ротор тізбегіндегі қосымша кедергінің мәні моменттің шамасына қалай әсер етеді?

7) Ротор тізбегіндегі қосымша кедергінің мәні механикалық сипаттаманың қатаңдығына қалай әсер етеді?

## 11 Зертханалық жұмыс №11. Қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды электр қозғалтқышын зерттеу

*Жұмыстың мақсаты*: үш фазалы асинхронды электр қозғалтқышының тиісті тәжірибелік сипаттамаларын түсіру арқылы оның жұмыстық сипаттамаларын зерттеу.

### 11. 1 Жұмысқа дайындық

11.1 Қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды электр қозғалтқышын зерттеуге арналған схеманы оқып үйрену;

11.2 Қозғалтқышты қысқаша тұйықтау режімінде зерттеу;

11.3 Қозғалтқышты бос жүріс режімінде зерттеу;

11.4 Қозғалтқыштың жұмыстық сипаттамасын бірден жүктеме беру арқылы зерттеу;

11.5 Бос жүріс және қысқаша тұйықтау тәжірибелері бойынша қозғалтқыштың параметрлерін есептеу, орынбасу сұлбасын тұрғызу;

11.6 Тәжірибелік мәліметтерді өңдеу және жұмыс бойынша қорытынды жасау.

### 11. 2 Жұмысты орындау тәртібі

Зертханалық жұмыста келесі модульдер пайдаланылады:

- стендті қоректендіру модулі (МПС);
- қоректендіру модулі (МП);
- қуат өлшеу модулі (МНМ);
- қосымша кедергілер модулі №1 (МДС1);
- қосымша кедергілер модулі №2 (МДС2);
- күштік модуль (СМ);
- жиілік түрлендіргіш модулі (ПЧ);
- өлшеу модулі (МН).

Зертханалық жұмысты орындамас бұрын модульдерді алғашқы қалпына келтіру керек:

- МДС №1 модульдегі SA1 ауыстырып қосқышын «∞» қою керек;
- МДС №2 модульдегі SA1 ауыстырып қосқышын «∞» қою керек.

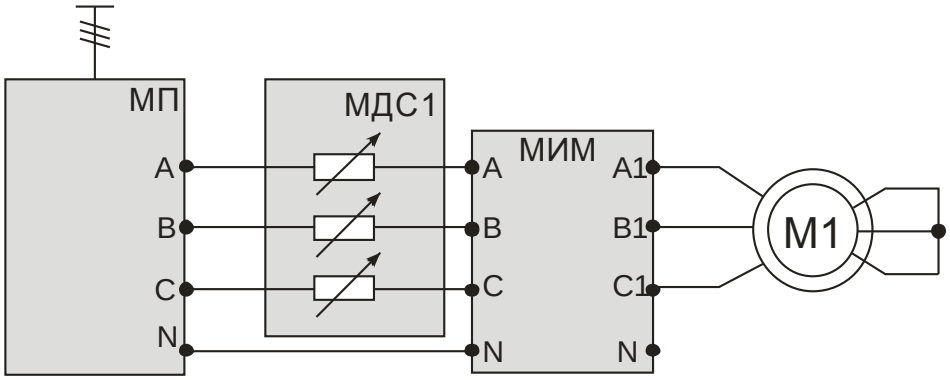
Зерттелетін асинхронды қозғалтқыш электр машиналық агрегат құрамына кіреді, оған зерттелетін қозғалтқыш М1, жүктемелік генератор - тұрақты ток машинасы М2, жылдамдықтың импульстік датчигі М3 жатады.

### 11. 3 Асинхронды қозғалтқыштың қысқаша тұйықтау тәжірибесі

Қысқаша тұйықтау тәжірибесі ротор қозғалмай (тежеулі) тұрған кезде және төмендетілген кернеумен жүргізіледі, бұл кезде статор тогы шамамен статордың номинал тогына тең болады $I_{1к} \approx I_{1Н}$.

Қысқаша тұйықтау тәжірибесін жүргізуге арналған сұлба 11.1 суретте көрсетілген.

Қозғалтқышты тежеу металдан жасалған стерженьді жартылай муфтадағы тесікке қою арқылы іске асырылады.




11.1 сурет - Қысқаша тұйықтау және бос жүріс тәжірибелерін жүргізуге арналған сұлба

Кернеуді төмендету статор тізбегіне қосымша кедергі қосу арқылы орындалады.

Тәжірибе келесі ретпен жүргізіледі:

- МПС және МП модульдерінің әрқайсысына сәйкес QF1 және QF2 ауыстырып қосқыштарын қосу керек;

- МДС1 модулінің SA1 ауыстырып қосқышымен статор тогы шамамен статордың номинал тогына тең болғанға дейін кедергі қосу керек.

Мәліметтерді 11.1 кестеге жазыңдар.

Тәжірибені барынша тез жүргізу керек.

11.1 кесте

| Тәжірибе мәліметтері | | | Есептелетін шамалар | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{1фк}$ | $I_{1фк}$ | $P_{1фк}$ | $\cos\varphi_{1к}$ | $P_{1к}$ | $\Delta P_{эл1}$ | $\Delta P_{Б}$ | $P_{эм.к}$ | $M_{эм.к}$ | $Z_{к}$ | $r_{к}$ | $x_{к}$ |
| | *А* | *Вт* | | *Вт* | *Вт* | *Вт* | *Вт* | $Н \cdot м$ | *Ом* | *Ом* | *Ом* |
| | | | | | | | | | | | |

Тәжірибені орындап болған соң QF1, QF2 автоматтарын ажыратыңдар, модульдерді алғашқы қалпына қойыңдар, электр машина агрегатындағы стерженьді шығарыңдар.

Қысқаша тұйықтау тәжірибесіндегі мәліметтер бойынша $s=1$ болған кездегі жүргізу тогын, жүргізу моментін анықтаңдар.

Есептелетін шамалар.

Қысқаша тұйықтау тәжірибесі кезіндегі үш фазалы активті қуат, *Вт*

$$P_{1к} = m_{1к} \cdot P_{1фк}.$$

Статор тізбегіндегі электрлік шығындар, $Вт$

$$\Delta P_{эл1} = m_1 \cdot I_{1к}^2 \cdot r_1,$$

мұнда $m_1$ - статор орамасының фазалар саны;

$r_1$ - статор фазасының кедергісі (Б қосымшасы ), $Ом$;

$U_{1к}$ кернеу кезіндегі болаттағы шығындар, $Вт$.

$$\Delta P_{Б} \approx \Delta P_{Б1} \cdot \left(\frac{U_{1к}}{U_{1н}}\right)^2,$$

мұнда $\Delta P_{Б1}$ - номинал кернеу кезіндегі болаттағы шығындар, $Вт$.

Қысқаша тұйықтау тәжірибесі кезіндегі электр магниттік қуат, $Вт$.

$$P_{эм.к} = P_{1к} - \Delta P_{эл1} - \Delta P_{ст}.$$

Қысқаша тұйықтау тәжірибесі кезіндегі электрмагниттік момент, $Н \cdot м$

$$M_{эм.к} = \frac{P_{эм.к}}{\omega_1},$$

мұнда $\omega_1$ - электр қозғалтқышының синхронды айналу жиілігі, $рад/с$.

Номинал кернеу кезіндегі электрмагниттік момент, $Н \cdot м$

$$M_{эмн} = M_{эм.к} \cdot \left(\frac{U_{1н}}{U_{1к}}\right)^2.$$

Жүргізуші момент еселігі,

$$M^*_{жур} = \frac{M_{эм.н}}{M_н}.$$

Электр қозғалтқышының номинал моменті, $Н \cdot м$

$$M_н = \frac{P_{2н}}{\omega_н},$$

мұнда $P_{2н}$ - біліктегі номинал қуат, $Вт$;

$\omega_i$ - номинал бұрыштық айналу жиілігі (Б қосымшасы), $рад/с$;

Жүргізуші ток еселігі

$$I_{жс*} = \frac{I_{1к}}{I_{1н}} \cdot \frac{U_{1н}}{U_{1к}}.$$

## 11.4 Асинхронды қозғалтқыштың бос жүріс тәжірибесі

Қозғалтқыштың бос жүріс режимін зерттеу номинал кернеуге тең болатын кернеудің бір мәні үшін жүргізіледі және ол бос жүріс тогының шамасын, сондай - ақ номинал кернеу кезіндегі болаттағы шығынды білуге мүмкіндік береді.

Бос жүріс тәжірибесін өткізу үшін арналған схема 11.2 суретте көрсетілген.

Тәжірибе келесі ретпен жүргізіледі:

- МПС және МП модульдерінің QF1 және QF2 автоматтарын қосыңдар;
- МДС 1 модулінің SA1 ауыстырып қосқышын «∞» жағдайдан «0» қалпына қою керек, бұл кезде кернеудің мәні номиналға тең болады, асинхронды қозғалтқыш жүргізіледі.
- Тәжірибе мәліметтерін 11.2 кестеге жазыңдар.

11.2 кесте

| Тәжірибе мәліметтері | | | | Есептелетін шамалар | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{1фк}$ | $I_{10}$ | $P_{1ф}$ | $\omega$ | $P_{10}$ | $\cos\varphi_{10}$ | $\Delta P_{эл1}$ | $\Delta P_{Б}$ | $I_{10}^{*}$ |
| *В* | *А* | *Вт* | *рад/с* | *Вт* | | *Вт* | *Вт* | |
| | | | | | | | | |

Тәжірибені орындап болған соң модульдердің автоматты QF1, QF2 ажыратқыштарын алғашқы қалпына қойыңдар.

Есептелетін шамалар:

Қуат коэффициенті

$$\cos\varphi_{10} = \frac{P_{10}}{m_1 U_{1фн} \cdot I_{1ф}}.$$

Үш фазаның активті қуаты, *Вт*

$$P_{10} = m_1 P_{1ф}.$$

Номинал кернеу кезіндегі статор өзекшесіндегі болаттағы шығындар, *Вт*

$$\Delta P_{Б1} = P_{10} - m_1 I_{10}^2 \cdot r_1 - \Delta P_{МЕХ.А} - \Delta P_{МЕХТТ},$$

мұнда $r_1$ - статор фазасының активті кедергісі ( Б қосымшасы), *Ом*;

$\Delta P_{МЕХ.А}$ - асинхронды қозғалтқыштың механикалық шығындары (Б қосымшасы), *Вт*;

$\Delta P_{МЕХТТ}$ - тұрақты ток қозғалтқышының механикалық шығындары (Б қосымшасы), *Вт*.

Статор өзекшесіндегі болаттағы шығындар кез келген басқа кернеу үшін кернеудің квадраты арқылы есептелуі мүмкін,

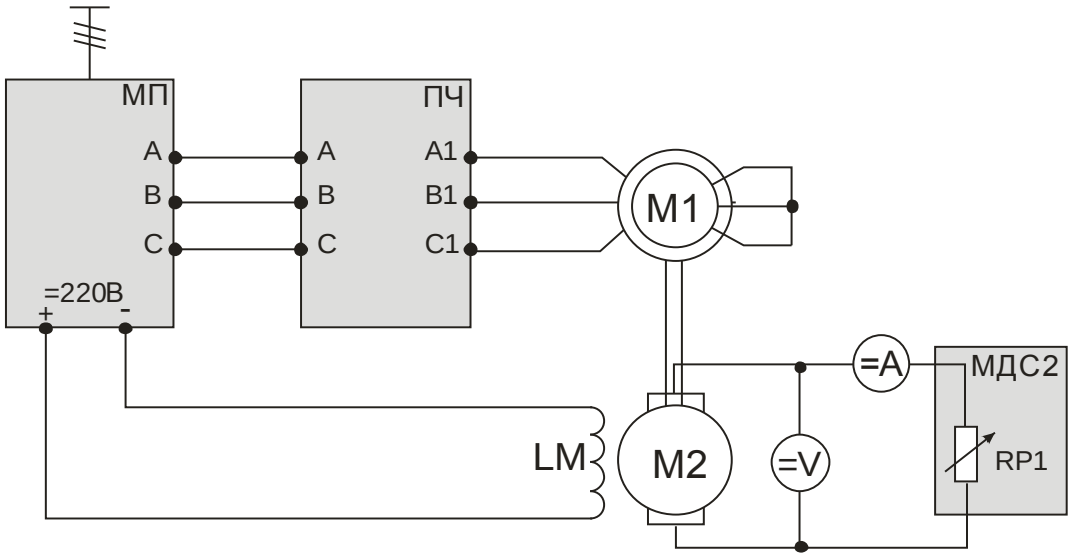
$$\Delta P_{Е} = \Delta P_{Б1}\left(\frac{U_1}{U_{1Н}}\right)^2.$$

Бос жүріс тогының мәні салыстырмалы бірлікте

$$I_{10}^{*} = \frac{I_{10}}{I_{1H}}.$$

## 11.5 Жұмыстық сипаттаманы түсіру

Жұмыстық сипаттаманы түсіруге арналған схема 11.3 суретте көрсетілген.




11.3 сурет - Асинхронды қозғалтқыштың жұмыстық сипаттамасын түсіруге арналған сұлба

Асинхронды қозғалтқыш бірден жиілік түрлендіргішіне қосылады.

Тұрақты ток қозғалтқышының (ТТҚ) қоздырушы орамасы қоректендіруші модульдің «=220 В» қысқаштарынан қоректендіріледі.

Тұрақты ток машинасының якор тізбегі МДС2-дегі RP1 кедергіге қосылады.

Токты, статордағы шықпалық кернеудің жиілігін, қозғалтқыштың қуатын және асинхронды қозғалтқыштың моментін өлшеу үшін жиілік түрлендіргіші қолданылады.

Якорьдегі токты және якорь кернеуін өлшеу МН аспаптарының көмегімен іске асырылады.

Тәжірибе келесідей ретпен жүргізіледі:

- МПС және МП модулдерінің QF1 және QF2 автоматтарын қосу керек;
- жиілік түрлендіргіші ПЧ модулінің SA1 ауыстырып қосқышын ең шеткі қалпына қойып, асинхронды қозғалтқышты жүргізіңдер. Кернеудің жиілігін 50 Гц қойыңдар;

- МДС2 модулінің SA1 ауыстырып қосқышымен кедергіні азайтып ТТГ жүктемесін ТТГ якорь тогы номинал мәнге (1,3А) жеткенге дейін өсіріңдер. Бұл мәннен артық жүктеме беруге болмайды.

SA1 «0» қоймаңдар.

Асинхронды қозғалтқыш жағындағы, сондай- ақ генератор жағындағы тәжірибе мәліметтерін 11.3 және 11.4 кестеге жазыңдар.

Тәжірибені орындап болған соң QF1, QF2 автоматтарды ажыратыңдар, модульдерді алғашқы қалпына қойыңдар.

Асинхронды қозғалтқыш жағынан есептелетін шамалар.

Статордағы желілік кернеу, *В*

$$U_1 = 7.6 \cdot f .$$

Асинхронды қозғалтқыштың статорындағы электрлік шығындар, *Вт*

$$\Delta P_{эл1} = m_1 I_{1ф}^2 \cdot r_1 ,$$

мұнда $r_1$ - статор фазасының активті кедергісі (А қосымшасы);

$U_{1ф}$ кернеу кезіндегі болаттағы шығындар, *Вт*

$$\Delta P_{Б} = \Delta P_{Б1} \cdot \left( \frac{U_{1ф}}{U_{1н}} \right)^2 .$$

Электрмагниттік қуат, *Вт*

$$P_{эм} = P_1 - \Delta P_{эл.1} - \Delta P_{ст} .$$

Сырғанау

$$s = \frac{\omega_1 - \omega}{\omega_1} \text{ немесе } s = \frac{n_1 - n}{n_1} .$$

Ротор орамасындағы электр шығыны, *Вт*

$$\Delta P_{эл2} = P_{эм} \cdot s .$$

Қозғалтқыштың толық шығыны, *Вт*

$$\Sigma \Delta P = \Delta P_{эл1} + \Delta P_{ст} + \Delta P_{эл2} + \Delta P_{МЕХ,А} .$$

Асинхронды қозғалтқыштың электрмагниттік моменті, $Н \cdot м$

$$M_{эм} = \frac{P_{эм}}{\omega_1} ,$$

мұнда $\omega_1$ - синхронды бұрыштық жиілік, $рад/с$.

Қозғалтқыштың білігіндегі пайдалы момент, $Н \cdot м$

$$M_2 = M_{эм} - M_o .$$

Қозғалтқыштың білігіндегі пайдалы қуат, *Вт*

$$P_2 = P_1 - \Sigma \Delta P .$$

Пайдалы әсер коэффициенті, %

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% .$$

Қуат коэффициенті (есептік):

$$\cos\varphi_1 = \frac{P_1}{m_1 \cdot U_{1ф} \cdot I_{1ф}} .$$

Тұрақты ток машинасы жағындағы есептік мәліметтер.

| Асинхронды қозғалтқыш жағынан | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Тәжірибе мәліметтері | | | Есептелетін шамалар | | | | | | | | | | |
| $I_{1\phi}$ | $P_1$ | $n$ | $co\varphi_1$ | $U_1$ | $\Delta P_{эл1}$ | $\Delta P_Б$ | $P_{эм}$ | $s$ | $\Delta P_{эл2}$ | $P_{МЕХ}$ | $\sum \Delta P$ | $P_2$ | $M_{эм}$ | $\eta$ |

ТТГ Электрмагниттік моменті, $Н \cdot м$

$$M_{ЭМТТГ} = C_м \cdot I_я,$$

мұнда $C_м$ - графиктен алынады (Б қосымшасы).

ТТГ бос жүріс моменті, $Н \cdot м$

$$M_o = C_м \cdot I_{яо},$$

мұнда $I_{яо}$ - тұрақты ток машинасының графигінен алынады (Қосымша Б), $А$.

ТТГ білігіндегі толық момент, $Н \cdot м$

$$M_{2ТТГ} = M_{ЭМТТГ} + M_o.$$

ТТГ білігіндегі пайдалы қуат, $Вт$

$$P_2 = M_{2ТТГ} \cdot \omega.$$

Жұмыстық сипаттамалар статор тогының, желіден тұтанатын активті қуаттың, айналу жиілігінің, сырғанаудың, электрмагниттік моменттің, ПӘК және қуат коэффициентінің қозғалтқыш білігіндегі пайдалы қуатқа тәуелділігін көрсетеді: $I_1, P_1, n, s, M_{эм}, \eta, \cos\varphi_1 = f(P_2)$ бұл кезде $f_1 = const$ және $U_1 = const$. Асинхронды қозғалтқыштың параметрлерін есептеу. Орынбасу схемасын құру.

Бос жүріс және қысқаша тұйықтау тәжірибелері асинхронды қозғалтқыштың параметрлерін есептеуге және орынбасу схемасын тұрғызуға мүмкіндік береді.

11.3 кесте

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | % |
| *А* | *Вт* | *айн/ мин* | | *В* | *Вт* | *Вт* | *Вт* | | *Вт* | *Вт* | *Вт* | *Вт* | $Н \cdot м$ | |

11.4 кесте

| ТТГ жағынан | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Тәжірибе мәліметтері | | Есептелетін шамалар | | | | | | |
| $I_я$ | $U_я$ | $C_м$ | $M_{эм}$ | $I_{яо}$ | $M_о$ | $M_2$ | $P_2$ | $\eta$ |
| *А* | *В* | | $Н \cdot м$ | *А* | $Н \cdot м$ | $Н \cdot м$ | *Вт* | % |

Бос жүріс тәжірибесінен.

Магниттелуші тізбектің активті кедергісі, *Ом*

$$r_\mu = \frac{\Delta P_{Б1}}{m_1 I_{10}^2}.$$

Магниттелуші тізбектің толық кедергісі, *Ом*

$$z_\mu = \frac{U_{1фн}}{I_о}.$$

Магниттелуші тізбектің индуктивті кедергісі,

$$x_\mu = \sqrt{z_\mu^2 - r_\mu^2}.$$

Қысқаша тұйықтау тәжірибесінен,

$$z_к = \frac{U_{1фк}}{I_{1к}}.$$

Активті кедергі

$$r_к = \frac{P_{1к}}{m_1 I_{1к}^2},$$

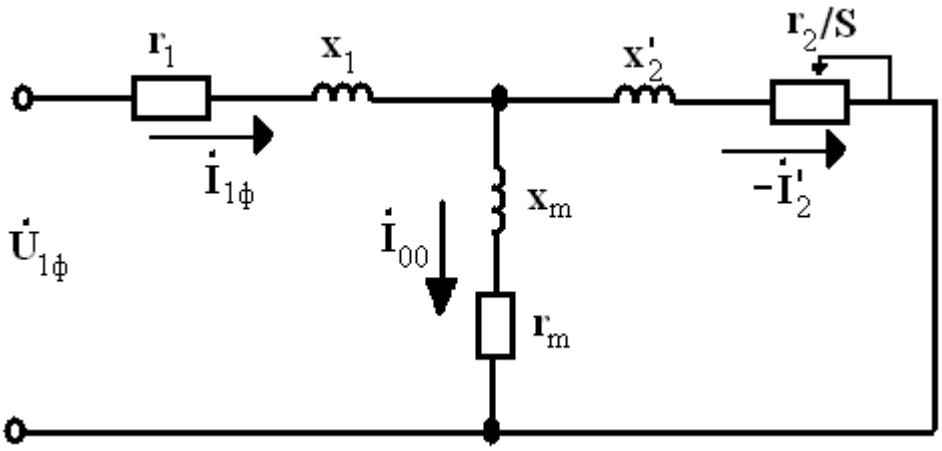
$$r_2^/ = r_к - r_1.$$

Индуктивті кедергі,

$$x_к = \sqrt{z_к^2 - r_к^2},$$

$$x_1 \approx x_2^/ \frac{x_к}{2}.$$

Асинхронды қозғалтқыштың «Т» тәріздес орынбасу схемасы 4.3 суретте көрсетілген.




11.3 сурет – «Т» тәріздес орынбасу сұлба

Бақылау сұрақтары:

1) Асинхронды қозғалтқыштың айналу бағытын қалай өзгертеді?

2) Қоректендіруші желінің кернеуі төмендеген кезде асинхронды қозғалтқыштың моменті қалай өзгереді?

3) Асинхронды қозғалтқыш синхронды айналу жиілігінде момент туғыза ала ма, яғни ол синхронды айналу жиілігімен айнала ала ма?

4) Кернеу өскенде және қозғалтқыштың білігіндегі жүктеме өзгермеген кезде қозғалтқыштың статор тогы қалай өзгереді?

5) $\cos\varphi_1 = f(P_2)$ тәуелділігінің физикалық мағынасын түсіндіріңдер?

## 12 Зертханалық жұмыс №12. Асинхронды машинаны асинхронды генератор режімінде зерттеу

*Жұмыстың мақсаты:* асинхронды машинаны генератор режіміндегі жұмысы үшін қосу әдісін оқып үйрену. Асинхронды қозғалтқыштың жұмыстық қасиеттерін зерттеу.

### 12.1 Жұмысқа дайындық

12.1.1 Асинхронды генераторды эксперимент арқылы зерттеу үшін схеманы оқып үйрену.

12.1.2 Асинхронды қозғалтқыш пен тұрақты ток қозғалтқышын жүргізіп көру.

12.1.3 Асинхронды қозғалтқышты асинхронды генератор режімінде зерттеу.

12.1.4 Эксперимент мәліметтерін өңдеу және жұмыс бойынша қорытынды жасап, есеп беруге дайындалу.

### 12.2 Жұмысты орындау тәртібі

Зертханалық жұмыста келесі модульдер пайдаланылады:

- стендті қоректендіретін модуль (МПС);
- қоректендіруші модуль (МП);
- автотрансформатор модулі (ЛАТР);
- күштік модуль (СМ);
- қосымша кедергілер модулі №2 (МДС2);
- қуат өлшейтін модуль (МНМ);
- өлшеу модулі (МН).

Зертханалық жұмысты жүргізбес бұрын модульдерді алғашқы қалпына келтіру керек:

- ЛАТР модулінің SA1 ауыстырып қосқышын төменгі қалыпқа қойыңдар, автотрансформатордың тұтқасын сағат тіліне қарсы бағытта бұрап ең шеткі қалпына қойыңдар;
- МДС2 модулінің SA2 ауыстырып қосқышын «1100» қойыңдар.

Зерттелетін асинхронды машина электр машина агрегатына кіреді, оған зерттелетін генератор М1 жетектік қозғалтқыш - тұрақты ток машинасы М2 және жылдамдықтың импульстік датчигі М3 кіреді.

### 12.3 Жұмыстық сипаттамаларды түсіру

Жұмыстық сипаттама асинхронды генераторға берілетін қуаттың Р1, фазалық токтың $I_{ô}$ ПӘК $\eta_{ген}$, сырғанаудың S асинхронды қозғалтқыш желіге беретін толық активті қуатына $P_2$ тәуелділігін көрсетеді.

Асинхронды машинаны айнымалы ток желісіне асинхронды генераторды желіге бірден қосу жолымен қосу үшін 6.1 суретте көрсетілген схеманы жинайды.

Тұрақты ток қозғалтқышының қоздырушы орамасын қоректендіру қоректендіруші модульдің «220 В» шықпасымен іске асырылады. Қоздырушы орамаға тізбектен МДС2 модулінің RP2 қосымша кедергісі қосылады.

ТТҚ якорь тізбегін қоректендіру үшін автотрансформатор модулі қосылады.

Жылдамдықтың мәнін күштік модульдің индикаторы арқылы бақылау керек. Якорь тогының $I_{ÿ}$, якорь кернеуінің $U_{ÿ}$ мәнін өлшеуші модульдің аспаптарының көмегі арқылы анықтауға болады. Статор тізбегінің параметрлерін бақылау үшін асинхронды электр қозғалтқышына тізбектеп қуат өлшеуіші (МНМ) қосылады.

### 12.4 Жүргізіп көру

QF1 және QF2 автоматтарын біртіндеп қосып асинхронды қозғалтқышты жүргізіп көру керек. Сонымен бірге ТТҚ якорь тогын бақылау керек. Егер якорь тогының мәні 1 А көп болса, онда QF2 және QF1

автоматтарын қосып және ТТГ қоздырушы орамасының полярлығын ауыстыру керек. МДС2 модулінің SA2 ауыстырып қосқышын «0» ауыстырып қою керек.

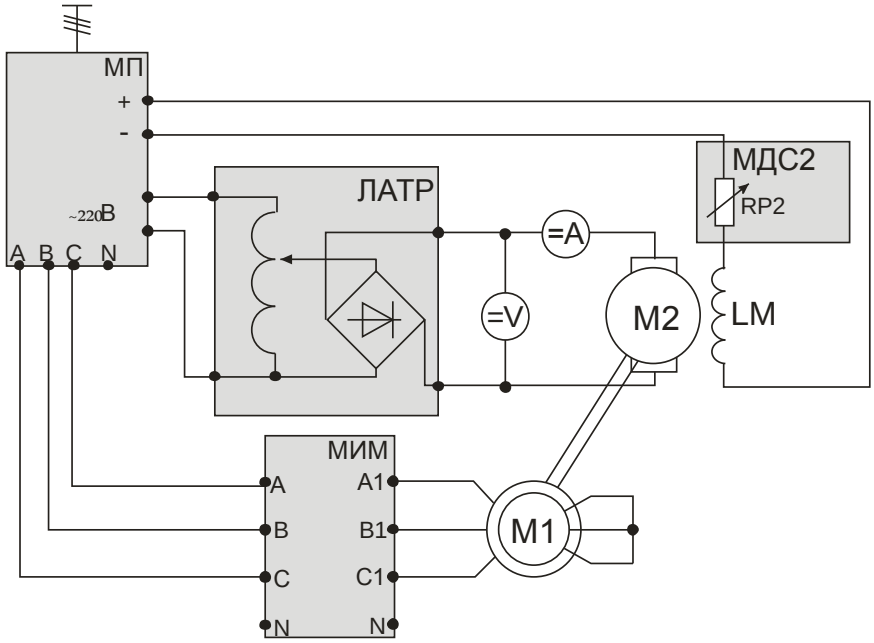
3. Жұмыстық сипаттамаларды түсіру.

Жұмыстық сипаттамалар статор тогының, біліктегі қуаттың, ПӘК және $cos\varphi$ желіге берілетін активті қуатқа тәуелділігін көрсетеді.

Тәжірибе келесі ретпен жүргізіледі:

QF1 және QF2 автоматтарын қосыңдар - асинхронды қозғалтқыш жүргізіледі;

- автотрансформатордың SA1 ауыстырып қосқышын жоғарғы қалыпқа ауыстырып қосыңдар;




12.1 сурет - Асинхронды генераторды зерттейтін схема

12.1 кесте

| Асинхронды генератор жағынан | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Тәжірибе мәліметтері | | | Есептелетін шамалар | | | |
| $U_ф$ | $I_ф$ | $n$ | $P_2$ | $\cos\varphi$ | $s$ | $\eta_{А.Ген}$ |
| *В* | *А* | *айн/мин* | *Вт* | | | % |

12.2 кесте

| ТТҚ жағынан | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Тәжірибе мәліметтері | | Есептелетін шамалар | | | | |
| $U_я$ | $I_я$ | $M_{эм}$ | $I_{яо}$ | $M_о$ | $M_1$ | $P_1$ |
| *В* | *А* | $Н \cdot м$ | *А* | $Н \cdot м$ | $Н \cdot м$ | *Вт* |

-

- якорьдегі кернеуді өзгертіп ТТҚ жылдамдығын асинхронды машина синхронды бос жүріс жылдамдығына жеткенге дейін өсіріңдер;

- якорь кернеуін әрі қарай өсіру немесе қоздырушы ораманың тогын азайту асинхронды машинаның асинхронды генератор режіміне өтуіне және желіге активті қуат беруіне әкеледі.

Асинхронды генераторды ТТҚ якорь тогы номинал токқа (1,3 А) тең болғанға дейін жүктеу керек.

Тәжірибе мәліметтері 12.1 және 12.2 кестелерге жазылады.

Тәжірибені орындап болғаннан кейін барлық модульдерді алғашқы қалпына келтіріңдер.

Асинхронды қозғалтқыш жағынан есептелетін мәліметтер.

Асинхронды генератор айнымалы ток жүйесіне беретін толық активті қуат, *Вт*

$$P_2 = P_1 - P_{бж} - \Delta P_{эм},$$

мұнда $P_{бж}$ - асинхронды машинаның бос жүріс шығыны (Б қосымшасы), *Вт*.

Статор орамасындағы шығындар, *Вт*

$$\Delta P_{эм} = 3 \cdot I_{ф}^2 \cdot r_c,$$

мұнда $r_c$ - статор орамасының кедергісі (Б қосымшасы).

Асинхронды генератордың қуат коэффициенті:

$$\cos\varphi = \frac{P_2}{m_1 \cdot U_{ф} \cdot I_{ф}} .$$

Асинхронды генератордың сырғанауы:

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} .$$

Асинхронды генератордың ПӘК

$$\eta_{а.ген} = \eta_{Аген} = \frac{P_2}{P_1}.$$

Асинхронды генератордан тұрақты ток қозғалтқышына берілетін қуат (осы қозғалтқыштың есептік мәліметтері бойынша анықталады), *Вт*

$$P_1 = M_1 \frac{2\pi n}{60} .$$

Тұрақты ток қозғалтқышының білігіндегі пайдалы момент, $Н \cdot м$

$$M_1 = M_{эм} - M_o .$$

Тұрақты ток қозғалтқышы тудыратын, электрмагниттік момент, $Н \cdot м$

$$M_{эм} = C_м \cdot I_я .$$

Тұрақты ток қозғалтқышының бос жүріс моменті, $Н \cdot м$

$$M_o = C_м \cdot I_{яо}$$

$C_м$ коэффициенті және $I_{яо}$ бұрыштық айналу жиілігіне байланысты қоздырушы токты ескере отырып В қосымшадағы графиктен алынады.

Есептелген мәліметтер бойынша асинхронды генератордың жұмыстық сипаттамаларын тұрғызу керек:

$P_1, I_ф, \cos\varphi\ , \eta_{АГен}, S = f(P_2)$ бұл кезде $U_ф = const; f = const$.

Бақылау сұрақтары:

1) Асинхронды генератордың синхронды генератормен салыстырғандағы құндылығы мен артықшылығы неде?

2) Асинхронды генератордың кемшіліктерін көрсетіңдер?

3) Айнымалы ток желісінсіз асинхронды генератор істей ала ма?

4) Асинхронды генераторда магнит өрісі қалай құрылады?

5) Асинхронды генераторды пайдаланатын аймақтар?

6) Асинхронды генератор режімінде сырғанау қандай аралықта өзгереді?

7) Асинхронды генератор режімінде ротордың айналу жиілігі қалай өзгереді?

## А қосымшасы

Электр машинасының құжаттық және есептік мәліметтері

А.1 кесте - Тұрақты ток машинасының құжаттық мәліметтері

| Параметрлердің атауы | Мәндері |
|---|---|
| Типі | ПЛ-072 |
| Қуаты, *Вт* | 180 |
| Якорь орамасын қоректендіретін номинал кернеу, *В* | 220 |
| Қоздырушы ораманы қоректендіретін номинал кернеу, *В* | 200 |
| Номинал айналу жиілігі, *айн/мин* | 1500 |
| Якорьдің номинал тогы, *А* | 1,3 |
| ПӘК | 0,63 |
| Массасы, кг | 7,65 |
| Якорь орамасының кедергісі $R_{я.20^oc}$ (есептік шамасы), *Ом* | 17,5 |
| Қоздырушы ораманың кедергісі $R_{кко.20^oc}$ (есептік шамасы), *Ом* | 820 |
| Механикалық шығындар, $P_{мехТТ}$ , *Вт* | 15 |

А.2 кесте - фазалық/ қысқаша тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыштың құжаттық және есептік мәліметтері

| Параметрлердің атауы | Мәндері |
|---|---|
| Типі | *AIS*71*BУУ*/ *АИР*63*В*4*УЗ* |
| Қуаты, *Вт* | 370 |
| Статор орамасын қоректендіретін номинал кернеу, $B, \Delta Y$ | 380 |
| Номинал айналу жиілігі, *айн/мин* | 1320/1370 |
| Статор фазасының номинал тогы, *А* | 1,18/1,37 |
| $\cos\varphi$ | 0,7 |
| Номинал момент, $H \cdot м$ | 1,4 |
| Статордың активті кедергісі $r_{1,27^0c}$, *Ом* | 19 |
| Механикалық шығындар, $P_{мехАД}$, *Вт* | 11 |
| Бос жүріс моменті, $M_o$, $H \cdot м$ | 0,07 |
| Номинал кернеу кезіндегі статор өзекшесіндегі шығындары, $\Delta P_{СТ1}$, *Вт* | 4,75 |

Ескерту! Табиғи, сондай-ақ жасанды механикалық шығындарды, төмендетілген кернеу кезінде түсірген дұрыс, сонан соң формула бойынша моментті қайта есептеу керек

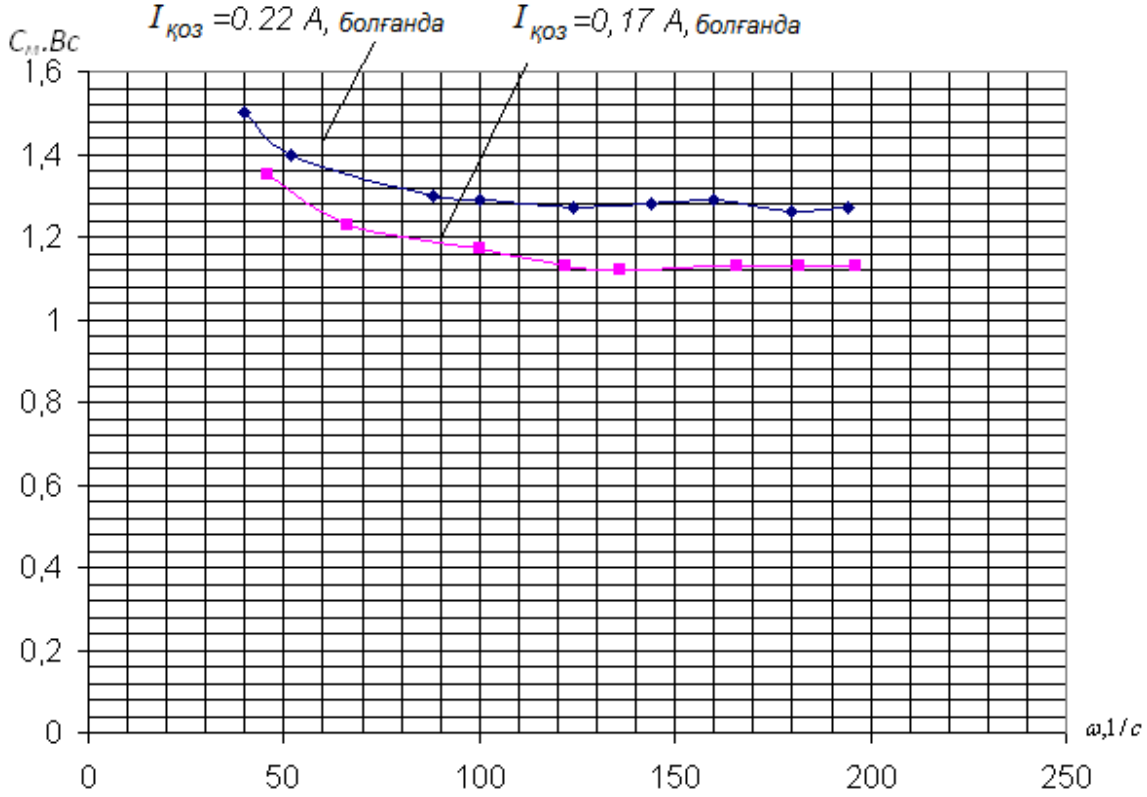
$$U = 220B,\ M = M_m \cdot (380 \setminus 220)^2 \approx M_m \cdot 3.$$

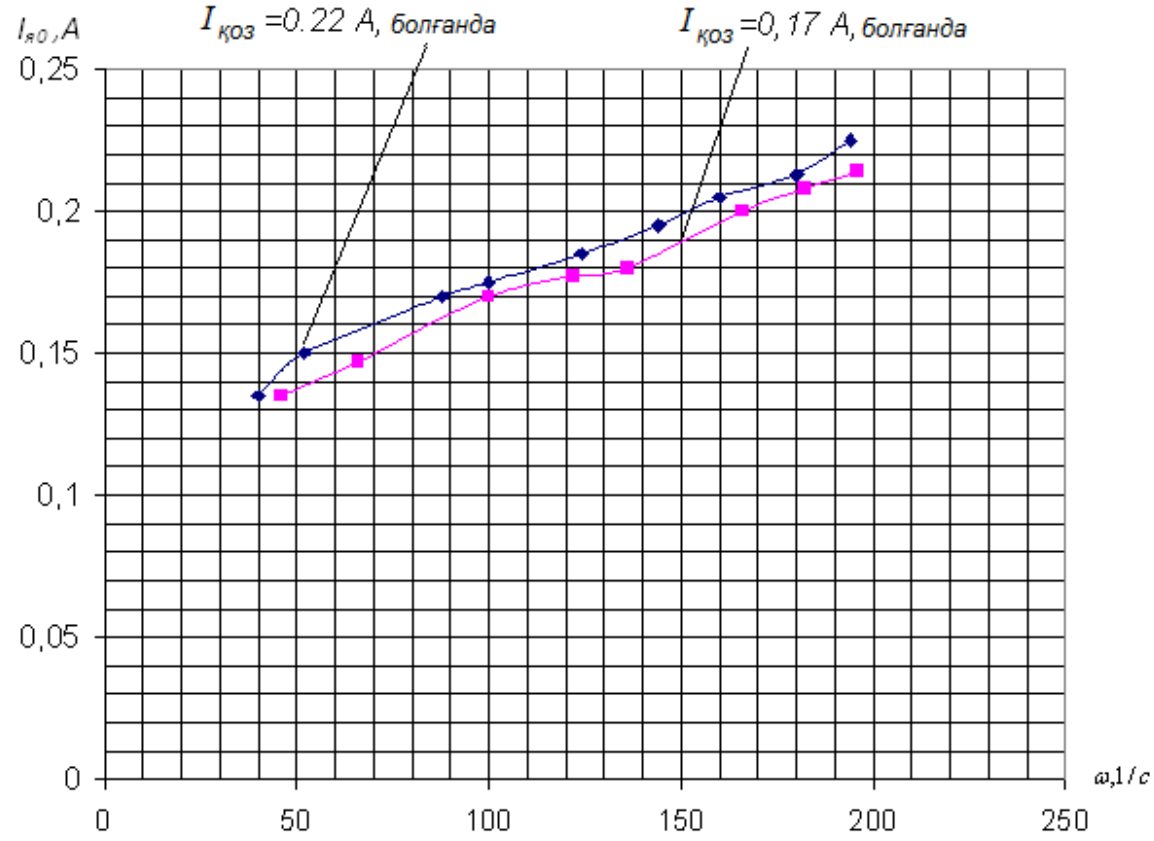
А.3 кесте - Импульстік жылдамдық датчигінің құжаттық мәліметтері

| Параметрлердің атауы | Мәндері |
|---|---|
| Типі | *TRD* – *S*500*VD* |
| Қоректендіру кернеуі, *В* | 5 |
| Рұқсат етуші қабілеті, *имп/айн* | 4,75 |

## Б қосымшасы

ПЛ-072УЗ тұрақты ток машинасының $C_м = f(\omega)$ және $I_{яо} = f(\omega)$ тәуелділіктері.



## В қосымшасы

Трансформатордың құжаттық және есептік мәліметтері

В.1 кесте

| Параметрлердің атауы | Мәндері |
|---|---|
| Типі | ОСМ-0,16. УЗ |
| Қуаты, $B \cdot A$ | 160 |
| Трансформатордың бірінші реттік орамасының номинал кернеуі, $B$ | 220 |
| Трансформатордың екінші реттік орамасының номинал кернеуі, $B$ | 42 |
| $t^0 = 20^0 c$ кезіндегі трансформатордың бірінші реттік орамасының активті кедергісі, $r_1$, $Ом$ | 5,7 |
| $t^0 = 20^0 c$ трансформатордың екінші реттік орамасының активті кедергісі, $r_2$, $Ом$ | 1,2 |

## Әдебиеттер тізімі

1. Белов Н.В.Электротехника и основы электроники. – СПб.: 2012.
2. Иванов И.И. Электротехника и основы электроники.-СПб.: 2012.
3. Касаткин А.С. Электротехника.- М.: 2008.
4. Подкин Ю.Г. Электротехника и электроника.Т.1 – М.: 2011.
5. Петленко А.Я. Электротехника и электроника.-М.:2010.
6. Рекус Г.Г. Основы электротехники и промышленной электроники в примерах и задачах.-М.: 2008.
7. Иванов И.И. Электротехника.-СПб.: 2006.
8. Светашев Г.М. Электротехника и электроника. – Алматы.: АУЭС, 2010.
9. Баймаганов А.С., Светашев Г.Г. Электротехника и электроника.: Алматы.: АУЭС, 2010.

2015 ж. жиынтықтың жоспары, реті. 26

Исабай Танирбергенович Алдибеков
Макпал Бексултановна Жаркымбекова
Эльмира Байджумаевна Даркенбаева
Юрий Владимирович Кузьмин

# ЭЛЕКТРТЕХНИКА НЕГІЗДЕРІ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРОНИКА

5В073100 - Қоршаған ортаны қорғау және өмір тіршілігінің қауіпсіздігі мамандығының студенттеріне зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар

Редактор Қ.С. Телғожаева
Стандарттау бойынша маман Н.Қ. Молдабекова

Басуға _____ қол қойылды
Таралымы 20 дана.
Көлемі 3,9 есептік – баспа табақ
Пішіні 60х84 1/16
Баспаханалық қағаз №1
Тапсырыс____.Бағасы 1940 теңге

«Алматы энергетика және байланыс университеті»
Коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірмелі – көбейткіш бюросы
050013, Алматы, А. Байтұрсынұлы көшесі, 126