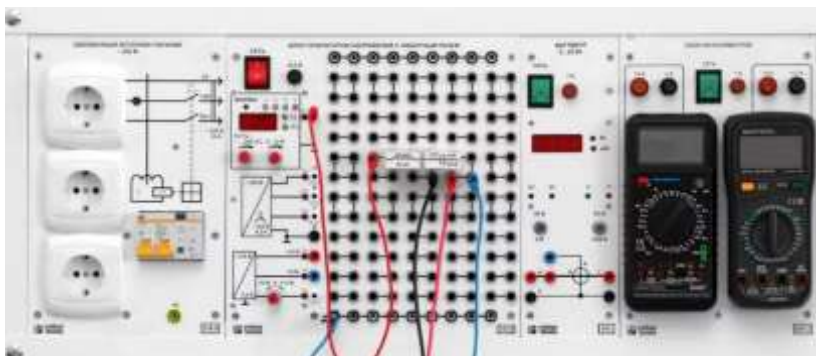


S.N.Musayeva, S.A.Kazbekova,

H.V.Fəttayev

“Elektrik dövrələri nəzəriyyəsi”
fənnindən laboratoriya işləri
(dərs vəsaiti)



Bakı – 2024

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi
Azərbaycan Texniki Universiteti

S.N.Musayeva, S.A.Kazbekova,

H.V.Fəttayev

“Elektrik dövrləri nəzəriyyəsi”
fənnindən laboratoriya işləri
(dərs vəsaiti)

Bakı– 2024

Tərtib edənlər:

“Elektrotexnika” kafedrasının dosenti S.N.Musayeva, assistent S.A.Kazbekova, assistent H.V. Fəttayev

Rəyçilər:

- Azərbaycan Enerji Tədqiqat Layihə Axtarış Energetika İnstitutunun a.e.i., dosent., t.e.n. Həsənova L.H.
- «Elektrotexnika» kafedrasının dosenti, t.e.n. Məmmədov Ə.A.

Redaktor:

«Elektrotexnika» kafedrasının dosenti, t.e.n. Sadıqlı B.M.

“Elektrik dövrləri nəzəriyyəsi fənnindən laboratoriya işləri” adlı dərs vəsaitində 050607-“Elektrik və elektronika mühəndisliyi” və “Energetika mühəndisliyi” ixtisasları üzrə bakalavr pilləsində tədris olunan “Elektrik dövrləri nəzəriyyəsi” fənnindən laboratoriya işlərini yerinə yetirmək üçün təhlükəsizlik texnikası qaydaları, ölçü cihazlarının şərti işarələri, ölçülərin aparılması haqqında məlumat verilmişdir. Sabit və dəyişən cərəyan dövrləri, rəqs konturları, induktiv əlaqəli dövrlər, keçid prosesləri, dördqütblülər, transformatora aid laboratoriya işləri və onların yerinə yetirilməsi üçün metodik göstərişlər verilmişdir.

GİRİŞ

«Elektrik dövrələrinin əsasları» (EDƏ) fənninin mükəmməl mənimsənilməsində laboratoriya işlərinin böyük rolu vardır. Bu işlər nəzəriyyənin təcrübədə tətbiq olunmasına imkan verir.

Tələbələr laboratoriya işlərini yerinə yetirərkən ölçü cihazları, laboratoriya avadanlıqları ilə tanış olur və biliklərini mükəmməlləşdirirlər. Bununla bərabər, tələbələrdə elmi-tədqiqat işlərinin aparılması üçün maraq və vərdişlər yaranır.

Bu metodik vəsaitdə “Elektrik dövrələri nəzəriyyəsi” fənnindən laboratoriya işləri və onlara aid metodik göstərişlər “Elektrik dövrələri nəzəriyyəsi -1” və “Elektrik dövrələri nəzəriyyəsi -2” kursunun fənn proqramına uyğun olaraq tərtib edilmişdir. Hər bir laboratoriya işində görülməli işin məqsədi, qurğunun izahı, ev tapşırığı, işin aparılma qaydası, metodik göstəriş və sonda ədəbiyyat göstərilmişdir.

“Elektrik dövrələri nəzəriyyəsi” kursunun dərinlən öyrənilməsi məqsədilə bir sıra laboratoriya qurğuları və onların sxemləri tələbələrin nəzərinə müasir tələbatı ödəyən səviyyədə çatdırılır. Bu məqsədlə Azərbaycan Texniki Universitetinin «Elektrotexnika» kafedrasında hazırlanan və aşağıda izahı verilən təkmilləşdirilmiş laboratoriya işləri təqdim edilir.

LABORATORİYA İŞLƏRİNƏ HAZIRLIQ

Tələbələr təhlükəsizlik texnikası qaydaları ilə tanış olduqdan sonra laboratoriya işlərini yerinə yetirmək üçün buraxılırlar. Laboratoriya işinə başlamazdan əvvəl ona aid nəzəriyyə ilə tanış olmaq lazımdır. Ondan ötrü laboratoriya işlərinin izahında verilən metodik göstərişdən və ədəbiyyatdan istifadə edilməlidir.

Laboratoriya işinə hazırlaşarkən hər bir tələbə işin məqsədini, gedişini, prinsipial sxemini, yerinə yetirmə qaydasını öyrənməlidir və alına biləcək nəticə barədə təsəvvürə malik olmalıdır.

Laboratoriya işini işləyən tələbə işə başlamazdan əvvəl mütləq işə hazır olmasını müəllimə uyğun səviyyədə çatdırmalıdır.

Laboratoriya işlərini yerinə yetirən kiçik qruplar 2-4 nəfər tələbələrdən ibarət olmalıdır. Hər belə qrupmüəllim tərəfindən müəyyən edilmiş laboratoriya stendi arxasında işləməlidir. İş zamanı onlar müəllimin göstərişlərinə və təhlükəsizlik texnikası qaydalarına riayət etməlidirlər.

Laboratoriya işindən alınan nəticələri tələbələr mütləq müəllimə göstərməlidirlər. Onların müəllim tərəfindən düzgünlüyü təsdiq olunduqdan sonra işdə tələb olunan lazımi hesabatları aparmaq olar.

LABORATORİYA İŞİNİN TƏHVİLİ

Hər bir təhvil olunacaq laboratoriya işi aşağıda göstərilən qayda üzrə hazırlanmalıdır.

Laboratoriya işinə dair hesabat xüsusi vərəqlərdə hazırlanır. İşə aid olan sxem və qrafiklər karandaşla çəkilməlidir. Qrafiki asılıqlar millimetrli kağızlarda çəkilməlidir. Bu zaman hər bir koordinat oxu üzrə göstərilən kəmiyyət üçün miqyas seçilməli və həmin oxun

yanında yazılmalıdır. Hesabatların Beynəlxalq Vahidlər Sistemində aparılması məsləhət görülür.

Hər bir işin hesabatının sonunda tələbə işə nəticə yazmalıdır.

Növbəti laboratoriya işinə qədər tələbə görülmüş laboratoriya işinin hesabatını hazırlamalıdır.

Təhvilə hazırlanan işdə səhv olduqda geri qaytarılır.

Tam hazırlanmış laboratoriya işini təhvil verərkən tələbə müəllimin işə aid olan suallarına lazımi cavabları verməlidir. Bu suallara müsbət cavab verildikdə iş müdafiə olunmuş hesab olunur və qəbul edilir.

Əgər tələbə proqramda göstərilən bütün laboratoriya işlərini vaxtında yerinə yetirib təhvil verərsə, o, avtomatik olaraq laboratoriya işləri üzrə maksimum bal alır.

TƏHLÜKƏSİZLİK TEXNİKASI

“Elektrik dövrləri nəzəriyyəsi” EDN, «Dövrlər nəzəriyyəsi» DN və Elektrik dövrlərinin əsasları EDƏ fənnləri üzrə aparılan laboratoriya işləri elektrik və maqnit dövrlərinin tədqiqi, müxtəlif elektrik ölçmələri ilə əlaqədardır. Buna görə də laboratoriyada təcrübələr aparılarkən təhlükəsizlik texnikası qaydalarına ciddi şəkildə əməl etmək lazımdır. Bu qaydalara riayət edilməzsə, onda laboratoriya təcrübəsi aparan şəxslərin həyatları üçün qorxulu vəziyyətlər yarana bilər.

Elektrik laboratoriyası başqa tədris laboratoriyalarından (mexaniki, kimya və s.) onunla fərqlənir ki, burada təhlükə çox vaxt gözle görünür. Məsələn, birləşdirici naqillərin uçları, ölçü cihazlarının sıxacları və s. Sxemə gərginlik tətbiq edilmədikdə açıq hissələr heç bir təhlükə törətmir. Lakin sxemə gərginlik verildikdə bu hissələr əsas təhlükə mənbəyi olur. Ona görə

də laboratoriyada təcrübə apararkən belə hissələrə toxunmaq qəti qadağandır.

Elektrik dövrələrini yalnız avtomat və başqa elektrik açarlarının açıq olduğu vəziyyətdə yığmaq lazımdır. Ölçü cihazlarını və aparatlarını elə yerləşdirmək lazımdır ki, onları müşahidə və idarə etmək rahat olsun.

Tədqiq olunan elektrik dövrəsini yalnız müəllim yoxladıqdan sonra gərginlik mənbəyinə qoşmaq olar. Təcrübə zamanı, yəni elektrik sxemi gərginlik altında olanda naqilləri açmaq, bağlamaq və bu kimi başqa əməliyyatlar aparmaq qəti qadağandır.

Dəyişən cərəyan dövrələrində induktiv və tutum elementləri ardıcıl qoşularkən daha çox ehtiyatlı olmaq lazımdır. Belə ki, təcrübə zamanı bu elementlərin sıxaclarındakı gərginlik mənbənin gərginliyindən xeyli çox ola bilər. Sarğılarının sayı böyük olan induktiv sarğacı cərəyan altında açmaq olmaz. Çünki bu zaman induktivlikdə yaranan öz-özünə induksiya e.h.q.-si xeyli böyük ola bilər. Bu isə təcrübə aparənlər və sarğacın izolyasiyası üçün təhlükəlidir.

Laboratoriya işini aparənlər şəxs gərginlik altına düşərsə, ilk növbədə uyğun laboratoriya stendini şəbəkədən ayırmaq lazımdır, yəni zərərçəkən şəxsi elektrik cərəyanının təsirindən azad etmək lazımdır. Sonra laboratoriya işlərinə rəhbərlik edən müəllimə xəbər verilməlidir.

Təhlükəsizlik texnikası qaydalarına əməl edilməsinin məsuliyyəti tələbələrə üzərinə düşür. Bu qaydaların yerinə yetirilməsinə nəzarət isə laboratoriya dərsi aparənlər müəllimin və laboratoriya işi aparılmasında iştirak edən köməkçi texniki işçinin üzərinə düşür.

Təhlükəsizlik texnikası qaydalarına əməl edilməməsi insan həyatı üçün qorxulu vəziyyətin

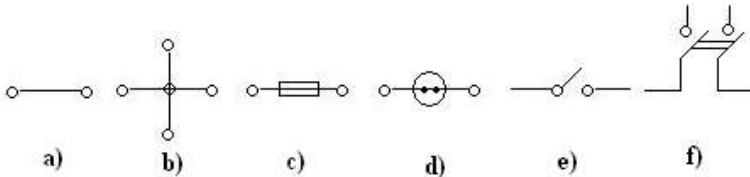
yanarmasına, laboratoriyada işlədilən qiymətli ölçü cihazlarının və avadanlıqların xarab olmasına səbəb olar.

ELEKTRİK DÖVRƏSİ ELEMENTLƏRİNİN ŞƏRTİ İŞARƏLƏRİ

Elektrik dövrələrinin öyrənilməsində və analizində onların ekvivalent əvəz sxemlərindən istifadə edilir, həmin sxemlərdə elektrik dövrəsinin elementləri uyğun olaraq şərti işarələrlə göstərilir. Aşağıda ən çox rast gəlinən şərti işarələr verilmişdir.

Köməkçi elementlər – bu elementlərin vasitəsilə elektrik dövrəsi yığılır. Onların bəziləri şəkil 1-də göstərilmişdir:

a) birləşdirici naqıl; b) naqillərin birləşmə nöqtəsi - düyün nöqtəsi; c) qoruyucu; d) rozetka; e) birqütblü açar; f) iki qütblü açar.



Şəkil 1.

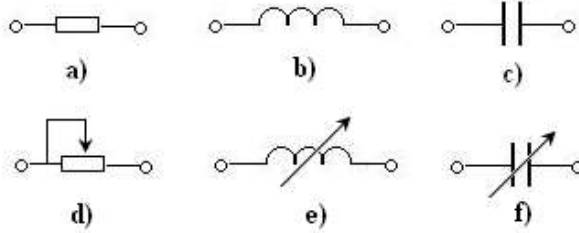
Elektrik dövrəsinin hər bir elementi özünəməxsus xassəyə malikdir. Məsələn: rezistiv elementdən (rezistor - R) elektrik cərəyanı axan zaman bu element elektrik enerjisini istilik enerjisinə çevirir. İnduktiv elementlərdən (sargac - L) cərəyan axarkən və tutum elementlərə (kondensator - C) gərginlik tətbiq edərkən onlarda uyğun olaraq, maqnit və elektrik sahələri yaranır. Bu üç element

enerji hasil etmədikləri üçün passiv elementlər adlandırılır. Onlar sabit və dəyişən olurlar. Elektrik sxemlərində passiv elementlərin şərti işarələri şəkil 2-də göstərilmişdir.

Passiv elementlər aşağıdakılardır:

sabit elementlər: a) rezistor, b) induktivlik, c) tutum.

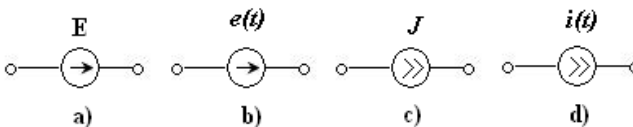
dəyişən elementlər: d) reostat, e) dəyişən induktivlik - variometr, f) tutum - varikap.



Şəkil 2.

Elektrik dövrlərində passiv elementlərdən başqa aktiv elementlər də iştirak edir. Aktiv elementlər enerji mənbələrindən ibarətdir. Elektrik dövrlərində iki növ mənbə var: elektrik hərəkət qüvvəsi (e.h.q.) mənbəyi və cərəyan mənbəyi. Bunlar da öz növbəsində iki cür olur: sabit və dəyişən mənbələr.

Elektrik sxemlərində aktiv elementlərin şərti işarələri şəkil 3-də göstərilmişdir: a) sabit e.h.q. mənbəyi, b) dəyişən e.h.q. mənbəyi, c) sabit cərəyan mənbəyi, e) dəyişən cərəyan mənbəyi.



Şəkil 3.

ƏSAS FİZİKİ KƏMİYYƏTLƏRİN ŞƏRTİ İŞARƏLƏRİ

E, U, I – e.h.q. (V); gərginlik (V) və cərəyanın (A) sabit və təsiredici qiymətləri;

e, u, i – e.h.q. (V); gərginlik (V) və cərəyanın (A) ani qiymətləri;

E_m, U_m, I_m – e.h.q. (V), gərginlik (V) və cərəyanın (A) amplitud qiymətləri;

E_{or}, U_{or}, I_{or} – e.h.q. (V), gərginlik (V) və cərəyanın (A) orta qiymətləri;

R – aktiv müqavimət (Om);

L – induktivlik (Hn);

C – tutum (F);

f – e.h.q., gərginlik və ya cərəyanın tezliyi (Hz);

$\omega = 2\pi f$ – bucaq tezliyi;

ψ_e, ψ_u, ψ_i – e.h.q., gərginliyin və ya cərəyanın başlanğıc fazası;

$\varphi = \psi_u - \psi_i$ – gərginliklə cərəyan arasında fazalar fərqi;

$x_L = \omega L = 2\pi fL$ – induktiv müqavimət (Om);

$x_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$ – tutum müqaviməti (Om);

M – qarşılıqlı induktivlik (Hn);

$x_M = \omega M = 2\pi fM$ – qarşılıqlı induksiya müqaviməti (Om).

ÖLÇÜ CİHAZLARININ ÜZƏRİNDƏ OLAN ŞƏRTİ İŞARƏLƏR

①.5 – dəqiqlik sinfi 1,5

— – sabit cərəyan

~ – dəyişən cərəyan

⎓ – sabit və dəyişən cərəyan

≍ – üçfazlı cərəyan

$\Pi, \perp, \angle 60^\circ$ - cihaz şaquli, üfüqi, 60° bucaq altında quraşdırılır.

CİHAZLARIN SİSTEMLƏRİ



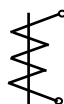
- hərəkətli çərçivəli maqnitoelektrik



- elektrodinamik



- hərəkətli maqnitli maqnitoelektrik



- elektromaqnit



- ferrodinamik



- elektrostatik



- istilik



- düzləndiricili maqnitoelektrik

ELEKTRİK DÖVRƏLƏRİNDƏ ÖLÇÜ CİHAZLARININ QOŞULMASI VƏ ÖLÇÜLƏRİN APARILMASI

Elektrik dövrələrində gərginlik və cərəyan şiddəti uyğun olaraq, voltmetr və ampermetr vasitəsilə ölçülür. Dövrənin hər hansı bir qolundan axan cərəyan ölçülərkən, ampermetr həmin qola ardıcıl olaraq qoşulur. Dövrənin hər hansı bir hissəsinin gərginliyini ölçərkən voltmetr həmin hissəyə paralel olaraq qoşulur.

Sabit cərəyan dövrələrinin tədqiqində əsasən sabit cərəyan cihazlarından, sinusoidal və qeyri-sinusoidal cərəyan dövrələrində isə müxtəlif sistemli ölçü cihazlarından istifadə edilir. Məsələn: elektromaqnit, elektrodinamik və istilik sistemli cihazlar təsiredici qiymətləri, düzləndiricisi olan maqnitoelektrik cihazlar isə dəyişən cərəyan və ya gərginliyin orta qiymətlərini göstərir.

Əgər sabit cərəyan dövrələrində şkalasının başlanğıcı sol tərəfdən olan ampermetrin və ya voltmetrin əqrəbi sol tərəfə meyl edərsə, onda cihaza birləşən naqillərin uclarının yerlərini dəyişmək lazımdır.

Elektrik dövrələrində gücün ölçülməsi vattmetr vasitəsilə aparılır. Vattmetrə həm gərginlik və həm də cərəyan verildiyi üçün, o iki dolaqla təmin edilmişdir. Onlardan birinə cərəyan, digərinə isə gərginlik dolağı deyilir. Cərəyan dolağı ampermetr kimi dövrəyə ardıcıl, gərginlik dolağı isə voltmetr kimi paralel qoşulur. Həmin sarğacların başlanğıc nöqtələri çoxşüalı ulduzla (*) göstərilir. Əgər ölçü zamanı vattmetrin əqrəbi sola (geriyə) meyl edərsə, onda cərəyan və ya gərginlik dolaqlarının giriş və çıxışının yerini dəyişmək lazımdır. Bu əməliyyatı aparmaq məqsədi ilə bir çox vattmetr cihazları xüsusi çevirici ilə təmin edilmişdir. Həmin çeviricini bir vəziyyətdən digər vəziyyətə keçirməklə cərəyan və ya gərginlik dolağının sıxaclarının yerləri dəyişdirilir.

ÖLÇÜ CİHAZLARININ BÖLGÜ QIYMƏTLƏRİNİN TƏYİNİ

“Elektrik dövrləri nəzəriyyəsi” fənninin laboratoriyasında işlədilən ölçü cihazlarının əksəriyyəti iki və ya çoxhədlidir, yəni həmin cihazların üzərində ölçü həddini dəyişən çevirici qurulmuşdur. Məsələn: iki həddli ampermetrin üzərindəki çeviricinin sol tərəfində 2,5, sağ tərəfində isə 5 yazılıbsa, onda çeviricinin 2,5 rəqəmi üzərində dayanan halında cihaz 2,5 Amperə qədər, 5 rəqəmi üzərində olan halında isə 5 Amperə qədər cərəyan ölçə bilər.

Cihazın bir bölgüsünün qiyməti (yəni cihaz sabiti) onun ölçü həddinin şkaladakı bölgülərin sayına olan nisbəti kimi tapılır. Məsələn: ampermetrin ölçü həddi 5 A və şkaladakı bölgülərin sayı 100 olarsa, onda bir bölgünün qiyməti $C=5/100=0,05$ A olar. Belə ampermetrin əqrəbi iş zamanı 50 bölgü göstərsə, onda dövrdən axan cərəyan belə tapılır:

$$I=C \cdot 50=0,05 \cdot 50=2,5 \text{ A}$$

Voltmetrin göstərişi də bu qayda ilə tapılır.

Vattmetrdə ölçü həddinin dəyişilməsi həm cərəyan və həm də gərginlik dolaqları üzrə aparılır. Tutaq ki, vattmetrin cərəyan dövrəsi üzrə 2,5 A və 5 A iki ölçü həddi, gərginlik üzrə 150 V və 300 V iki ölçü həddi vardır. Onda cərəyan üzrə ölçü həddi 5 A, gərginlik üzrə 150 V olarsa, vattmetrin şkalasında 100 bölgü olduğunu nəzərə alıb, onun bir bölgüsünün qiyməti belə tapılır:

$$C=5 \cdot 150/100=7,5 \text{ Vt}$$

Belə vattmetrin iş zamanı əqrəbi 20 bölgü göstərsə, onda onun ölçdüyü güc:

$$P=C \cdot 20=7,5 \cdot 20=150 \text{ Vt}$$

olar. Elektrik ölçü cihazları kursunda məlum olduğu kimi cihazın iş zamanı əqrəbi ikinci yarım hissəsindəki bölgüləri göstərsə onun ölçü xətası nisbətən kiçik olur. Bunu nəzərə alaraq ölçü cihazı belə seçilməlidir: Labarotoriya işinə başlamazdan əvvəl təcrübədə hansı qiymətlərin alınacağına aid hesabat aparılmalı və hesabatın qiymətlərinə əsasən cihazın ölçü həddi seçilməlidir. Məsələn: hesabat nəticəsində sxemin qolundan axan cərəyan $(1,5 \div 4) \text{ A}$ qiymətləri alırsa, onda ölçü həddi $(2,5 \div 5) \text{ A}$ ampermetr götürülməlidir. Belə ki, cərəyanın qiyməti $1,5 \text{ A}$ olarsa, cihazın çeviricisi $2,5 \text{ A}$, 4 A olanda isə, çevirici 5 A vəziyyətinə çevrilir.

LABORATORİYA İŞİ №1

SADƏ SABİT CƏRƏYAN DÖVRƏLƏRİNİN TƏDQIQI

İŞİN MƏQSƏDİ

1. Elementləri ardıcıl birləşmiş dövrələrin tədqiqi.
2. Elementləri paralel birləşmiş dövrələrin tədqiqi.
3. Elementləri qarışıq birləşmiş dövrələrin tədqiqi.
4. Kirxhofun I və II qanunlarının yoxlanması.

QURĞUNUN İZAHİ

Qurğuda əsasən öz aralarında müxtəlif formada birləşdirilə bilən adi reostatlardan istifadə edilir. Dövrənin girişindəki gərginliyi tənzimləmək məqsədi ilə potensiometr kimi birləşmiş reostatdan istifadə edilir.

LAZIM OLAN CİHAZ VƏ AVADANLIQLAR

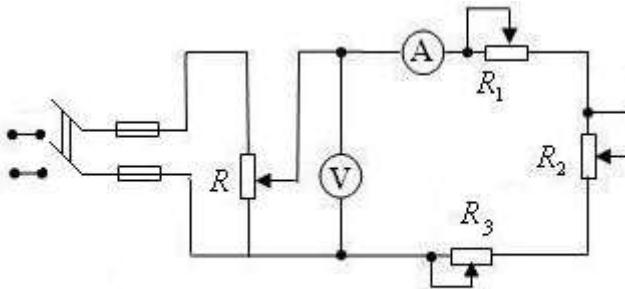
| Nö | Cihaz və avadanlıqların adı | Cihazın tipi | Dəqiqlik sinfi | Ölçü həddi | Sayı |
|----|-----------------------------|----------------|----------------|--------------|------|
| 1 | Ampermetr | elektro-maqnit | 0,5 | 2,5÷5 A | 3 |
| 2 | Voltmetr | «--» | 0,5 | 150÷300 V | 2 |
| 3 | Voltmetr | «--» | 0.5 | 7,5÷60 V | 4 |
| 4 | Reostat | | | 45 Om, 63 Om | |

İŞƏ HAZIRLIQ

1. Tam dövrə və dövrə hissəsi üçün Om qanununa əsasən lazımi ifadələri yazmalı və həmin ifadələrin verilmiş laboratoriya işinə tətbiqini izah etməli.
2. Kirxhofun I və II qanununu ümumi şəkildə yazmalı və onları laboratoriya işinin sxemlərinə tətbiq etməli.
3. İşlədiciləri ardıcıl, paralel və qarışıq birləşdirilmiş dövrələr üçün (şəkil 1, 2 və 3) güclər balansı ifadəsini yazmalı.
4. İşlədiciləri ardıcıl, paralel və qarışıq birləşdirilmiş dövrələr üçün (şəkil 1, 2 və 3) ekvivalent müqavimətin ifadələrini yazmalı.

İŞİN GEDİŞİ

1. Şəkil 1-də göstərilən sxemi yığmalı.



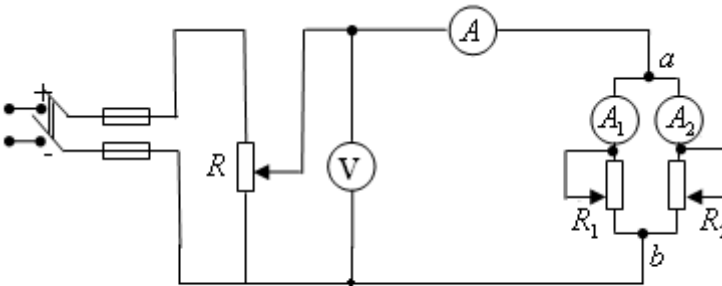
Şəkil 1.

2. Sxemi dövrəyə qoşub, cərəyan $(1,5 \div 2)$ A-ə çatana qədər potensiometrin köməyi ilə gərginliyi tədricən artırmalı. Hər bir reostatın sıxaclarındakı U_1 , U_2 , U_3 gərginliyini, həmçinin sxemin girişinə verilən U gərginliyini və ampermetrin göstərişini cədvəl 1-də yazmalı (1-ci hal).

Cədvəl 1.

| | Ölçü | | | | | Hesabat | | | |
|----------|-------|-------|-------|-----|-----|---------|-------|-------|-----------|
| | U_1 | U_2 | U_3 | U | I | R_1 | R_2 | R_3 | R_{ekv} |
| | V | V | V | V | A | Om | Om | Om | Om |
| 1-ci hal | | | | | | | | | |
| 2-ci hal | | | | | | | | | |

3. Reostatların üzərindəki sürüncək vasitəsilə onların müqavimətlərinin qiymətlərini dəyişərək, yeni hal (2-ci hal) üçün ölçünü təkrar edib, nəticəni cədvəl 1-də qeyd etməli.
4. Təcrübədən alınmış qiymətlərdən istifadə edərək cədvəl 1-də göstərilən müqavimətləri hər iki hal üçün hesablamalı.
5. Şəkil 2-də göstərilən sxemi yığmalı.



Şəkil 2.

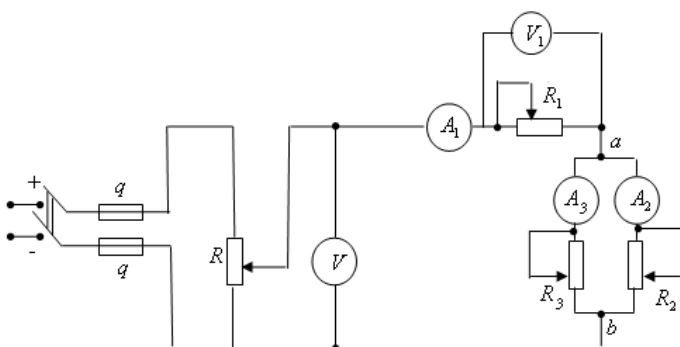
6. Sxemi dövrəyə qoşub onun budaqlanmayan hissəsində cərəyan ($2 \div 3$) A-ə çatana kimi R-potensiometrin köməyi ilə gərginliyi tədricən artırmalı (1-ci hal).

7. Reostatların üzərindəki sürüncək vasitəsi ilə onların müqavimətlərinin qiymətlərini dəyişərək, yeni hal (2-ci hal) üçün cihazların göstərişlərini cədvəl 2-də qeyd etməli.
8. Təcrübədən alınmış qiymətlərdən istifadə edərək cədvəl 2-də göstərilən müqavimətləri hesablamalı.

Cədvəl 2.

| | Ölçü | | | | Hesabat | | |
|----------|------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| | U | I | I ₁ | I ₂ | R ₁ | R ₂ | R _{ekv} |
| | V | A | A | A | Om | Om | Om |
| 1-ci hal | | | | | | | |
| 2-ci hal | | | | | | | |

9. Şəkil 3-də göstərilən sxemi yığmalı.



Şəkil 3.

10. Sxemi dövrəyə qoşub onun budaqlanmayan hissəsində cərəyan (2 ÷ 3) A-ə çatana qədər R-

potensiometrin köməyi ilə gərginliyi tədricən artırmalı, cihazların göstərişlərini cədvəl 3-ə yazmalı.

11. Reostatların üzərindəki sürüncəklər vasitəsilə onların müqavimətlərinin qiymətlərini dəyişməli və alınan yeni hal (2-ci hal) üçün cihazların göstərişlərini cədvəl 3-də yazmalı.

12. Təcrübədən alınmış qiymətlərdən istifadə edərək cədvəl 3-də göstərilən kəmiyyətləri hesablamalı.

13. Hər bir sxemdəki hallar üçün güclər balansını tərtib etməli.

Cədvəl 3.

| | Ölçü | | | | | | Hesabat | | | | |
|----------|------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| | U | U ₁ | U _{ab} | I ₁ | I ₂ | I ₃ | R ₁ | R ₂ | R ₃ | R _{ab} | R _{ekv} |
| | V | V | V | A | A | A | Om | Om | Om | Om | Om |
| 1-ci hal | | | | | | | | | | | |
| 2-ci hal | | | | | | | | | | | |

METODİK GÖSTƏRİŞ

Ardıcıl birləşmiş müqavimətlərin qiymətləri aşağıdakı düsturların köməyi ilə təyin edilir:

$$R_1 = \frac{U_1}{I}; \quad R_2 = \frac{U_2}{I}; \quad R_3 = \frac{U_3}{I}; \quad R_{ekv} = \frac{U}{I}; \quad R_{ekv} = R_1 + R_2 + R_3$$

Paralel birləşmiş müqavimətlərin qiymətləri aşağıdakı düsturların köməyi ilə təyin edilir:

$$R_1 = \frac{U}{I_1}; \quad R_2 = \frac{U}{I_2}; \quad R_{ekv} = \frac{U}{I}; \quad R_{ekv} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Qarışıq birləşmə sxemində cihazların göstərişinə əsasən müqavimətləri təyin etmək üçün aşağıdakı düsturlardan istifadə etmək olar:

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1}; \quad R_2 = \frac{U_{ab}}{I_2}; \quad R_3 = \frac{U_{ab}}{I_3}; \quad R_{ab} = \frac{U_{ab}}{I_1}; \quad R_{ekv} = \frac{U}{I_1}; \quad R_{ekv} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$

Ardıcıl birləşmə sxemi üçün güclər balansı:

$$P = UI = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2$$

Paralel birləşmə sxemi üçün güclər balansı:

$$P = UI = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2$$

Qarışıq birləşmə üçün güclər balansı:

$$P = UI_1 = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + R_3 I_3^2$$

LABORATORİYA İŞİ №2

POTENSİALIN PAYLANMASININ TƏDQIQI

1. İŞİN MƏQSƏDİ

1. Qapalı kontur üzrə potensialın paylanma qrafikinə (potensial diaqramı) nəzəri və təcrübə üsulları qurulması.
2. Güclər balansının yoxlanılması.

2. QURĞUNUN İZAHİ

Laboratoriya qurğusu şəkil 1 və 2-də göstərilən sxemlərdən ibarət olub, orada R_1 , R_2 , R_3 , R_4 və R_5 elementləri kimi müqavimətlərdən və e.h.q. mənbələri kimi gərginliyi (15÷50) V olan sabit gərginlik mənbəyindən istifadə edilir.

İSTİFADƏ OLUNAN CİHAZ VƏ AVADANLIQLAR

| No | Cihaz və avadanlıqların adı | Cihazın tipi | Dəqiq - lik sinfi | Ölçü həddi | Sayı |
|----|-----------------------------|--------------|-------------------------|----------------|------|
| 1 | Milliampermetr | AST | 0,5 | 0÷500 mA | 1 |
| 2 | Voltmetr | AST | 0,5 | 0÷60 V | 1 |
| 3 | Müqavimətlər mağazası | R-33 | 0,2 | 0÷99999,9 0 | 5 |

3. İŞƏ HAZIRLIQ

EV TAPŞIRIĞI:

1. Cədvəl 1-də göstərilən varianta uyğun verilmiş qiymətlərdən istifadə edərək, şəkil 1 və 2-dəki sxemlər üçün cədvəl 2-də tələb olunan kəmiyyətləri hesablamalı.
2. Hesabatın nəticələrindən istifadə edərək verilmiş sxemlər üçün potensial diaqramları qurmalı.
3. Qurulmuş qrafiklərdən istifadə edərək, sxemin «2» və «5» nöqtələri arasındakı gərginliyin qiymətini təyin etməli.

Cədvəl 1.

| Variant | E ₁ | E ₂ | R ₁ | R ₂ | R ₃ | R ₄ | R ₅ |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | V | V | Om | Om | Om | Om | Om |
| 1 | 30 | 20 | 56 | 40 | 33 | 50 | 33 |
| 2 | 30 | 15 | 55 | 40 | 33 | 50 | 33 |
| 3 | 25 | 20 | 10 | 16 | 33 | 25 | 56 |
| 4 | 26 | 22 | 10 | 16 | 33 | 25 | 56 |
| 5 | 25 | 15 | 30 | 40 | 10 | 51 | 30 |
| 6 | 22 | 18 | 30 | 40 | 10 | 51 | 30 |
| 7 | 30 | 24 | 27 | 43 | 68 | 43 | 33 |
| 8 | 28 | 23 | 27 | 43 | 68 | 43 | 33 |

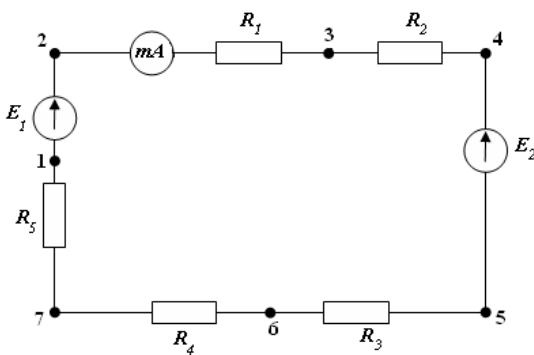
QEYDLƏR:

- a) Variantlar müəllimin göstərişinə əsasən müəyyən edilir.
- b) Sxemlərdəki hər bir nöqtənin potensialını hesablayarkən «7» nöqtəsinin potensialının qiymətini sıfıra bərabər qəbul etməli ($\varphi_7 = 0$).

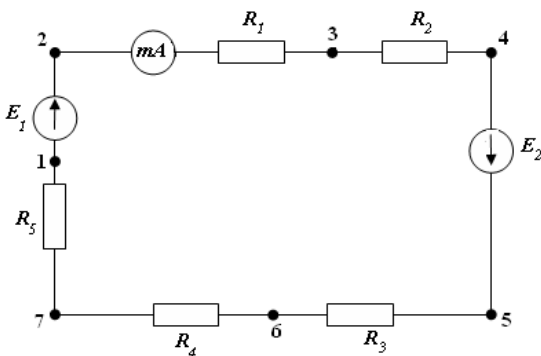
- c) Hesabat zamanı mənbələrin və milliampmetrin daxili müqavimətlərinin qiymətləri nəzərə alınmır.
- ç) Cədvəl 1-dən yalnız verilmiş varianta uyğun qiymətləri götürmək lazımdır.

4. İŞİN APARILMA QAYDASI

1. Şəkil 1-də göstərilən sxemi yığmalı.
2. Sxemdəki müqavimətlərin verilmiş varianta uyğun qiymətlərini müqavimətlər mağazasında yığmalı (yəni varianta uyğun stendi götürməli).



Şəkil 1.



Şəkil 2.

Cadval 2

[illegible]

Cadwal 3

[illegible]

3. E_1 və E_2 mənbələrindən varianta uyğun gərginliklər yaradıb, dövrəni qapamalı, dövrədə yaranan cərəyanı və ayrı-ayrı müqavimətlərdə düşən gərginlik düşgülərini ölçüb, nəticəni cədvəl 3-də qeyd etməli.
4. «7» nöqtəsinə nəzərən sxemin hər bir nöqtəsinin potensialını ölçməli. Bu məqsədlə voltmetrin sıxaclarından biri «7» nöqtəsinə, digəri isə növbə ilə «1», «2», «3», «4», «5» və «6» nöqtələrinə toxundurulmalıdır. Ölçünün nəticələrini cədvəl 3-də qeyd etməli.
5. Şəkil 2-də göstərilən sxemi yığmalı. Bu məqsədlə şəkil 1-dəki sxemdə (E_2) mənbəyinin qütblərinin yerini dəyişmək lazımdır.
6. 3-cü və 4-cü bənddəki ölçüləri şəkil 2-dəki sxem üçün də təkrar edib, alınmış qiymətləri cədvəl 3-də qeyd etməli.
7. Təcrübədən alınmış qiymətlərdən istifadə edərək, hər iki şəkildəki sxem üçün potensialların paylanma qrafikini qurmali və alınmış qrafikləri hesabatla qurulan qrafiklərlə müqayisə etməli.

QEYD: Verilmiş sxemlərdə hər bir nöqtənin potensialları ölçülərkən onların qiymətləri ilə bərabər işarələri də nəzərə alınmalıdır.

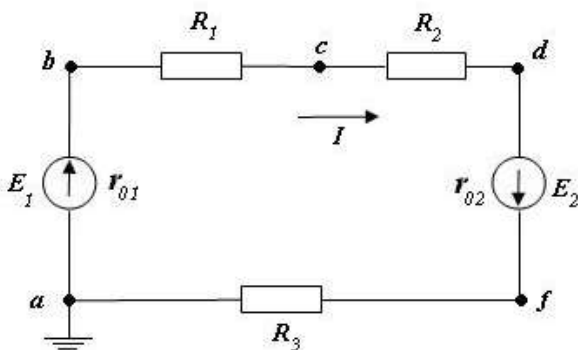
5. METODİK GÖSTƏRİŞ

Potensial diaqramı qurmaq üçün sxemdəki nöqtələrdən birinin potensialını qiymətcə sıfıra bərabər götürüb, digər nöqtələrin potensiallarını hesablamaq lazımdır. Sonra müqavimət və potensiallar üçün miqyas seçilməlidir. Absis oxu boyunca ardıcılıqla sxemdəki müqavimətlərin qiymətləri, ordinat oxu boyunca isə nöqtələrin potensialları qeyd olunur. Alınmış nöqtələri düz xətlərlə birləşdirməklə potensialın paylanma qrafiki alınır.

Dövrənin istənilən iki nöqtəsi arasındakı gərginlik potensialın paylanma qrafikindən bilavasitə təyin edilə

bilər. Elektrik dövrəsinin passiv hissəsində gərginlik düşgüsünün müqavimətə nisbəti həmin hissənin cərəyanına uyğun olub, potensialın paylanma qrafikində müvafiq düz xəttin absis oxuna nəzərən təşkil etdiyi bucağın tangensi ilə tə'yin olunur.

Şəkil 3-də göstərilən sxem üçün potensialın paylanma qrafikinin qurulma qaydasına baxaq.



Şəkil 3.

Om qanununa əsasən dövrədən axan cərəyan:

$$I = \frac{E_1 + E_2}{R_1 + r_{01} + R_2 + r_{02} + R_3}$$

«a» nöqtəsinin potensialının qiymətini sıfıra bərabər qəbul edərək ($\varphi_a=0$), sxemin digər nöqtələrinin potensiallarını tapaq:

$$\begin{aligned}\varphi_b &= \varphi_a + E_1 - I \cdot r_{01} = E_1 - I \cdot r_{01} \\ \varphi_c &= \varphi_b - I \cdot R_1 \\ \varphi_d &= \varphi_c - I \cdot R_2 \\ \varphi_f &= \varphi_d + E_2 - I \cdot r_{02}\end{aligned}$$

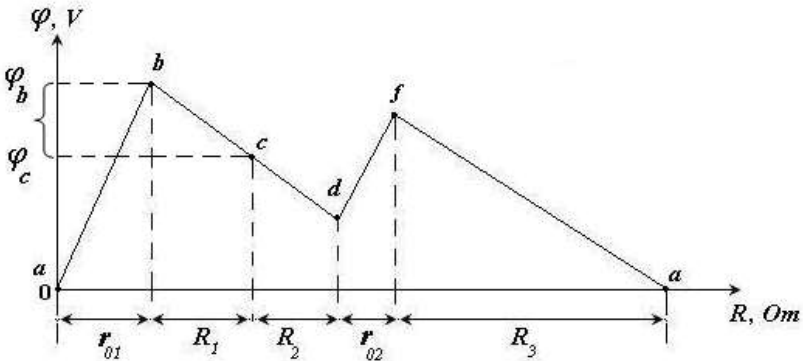
$$\varphi_a = \varphi_r - I \cdot R_3$$

Potensial diaqramı qurmaq üçün miqyas seçilməlidir:

müqavimət üçün $m_R = \left[\frac{\text{Om}}{\text{sm}} \right]$, potensial üçün $m_\varphi = \left[\frac{\text{V}}{\text{sm}} \right]$

Şəkil 3-dəki sxem üçün potensialın paylanma qrafiki şəkil 4-də göstərilmişdir. $ab \parallel df$, $bd \parallel fa$ olmalıdır, çünki dövrədən bir cərəyan axır.

Qrafikdən istifadə edərək «b» və «c» nöqtələri arasındakı gərginliyi (U_{bc}) tapmaq üçün «c,b» parçasının ordinat oxu (φ oxu) üzərindəki proyeksiyasının uzunluğunu $(\varphi_b - \varphi_c)$ m_φ -miqyasına vurmaq lazımdır.



Şəkil 4.

LABORATORİYA İŞİ № 3

ELEKTRİK DÖVRƏSİNİN QONDARMA METODU İLƏ TƏDQIQI

1. İŞİN MƏQSƏDİ

1. Mürəkkəb xətti elektrik dövrələrində qondarma metodunun yoxlanılması.
2. Güclər balansının yoxlanılması.

2. QURĞUNUN İZAHİ

Prinsipial sxemi şəkil 1-də göstərilən laboratoriya qurğusu R_1 , R_2 və R_3 müqavimətlərindən və E_1 , E_2 mənbələrindən ibarətdir. R_1 , R_2 və R_3 müqavimətləri stenddə yerləşdirilmişdir. Stenddəki k_1 və k_2 çevirici açarları vasitəsilə E_1 və E_2 mənbələri dövrəyə qoşulur və ya açılır.

İSTİFADƏ OLUNAN CİHAZ VƏ AVADANLIQLAR

| No | Cihaz və avadanlıqların adı | Cihazın tipi | Dəqiqlik sinfi | Ölçü həddi | Sayı |
|----|-----------------------------|----------------|----------------|------------|------|
| 1 | Stend | - | - | - | 1 |
| 2 | Enerji mənbəyi | TEC -13 | - | 0÷50 V | 2 |
| 3 | Ampermetr | TEC-88 G537 | - | 1 A | 3 |

3. İŞƏ HAZIRLIQ

1. Cədvəl 1-də verilən variantla uyğun olaraq şəkil 1-də göstərilən sxemin qollarından axan cərəyanları aşağıdakı hallar üçün qondarma metoduna əsasən hesablamalı:

- a) sxemdə yalnız E_1 mənbəyi tə'sir göstərir, $E_2=0$;
 b) sxemdə yalnız E_2 mənbəyi tə'sir göstərir, $E_1=0$;
 c) sxemdə hər iki mənbə tə'sir göstərir, $E_1 \neq 0$, $E_2 \neq 0$.

2. E_1 və E_2 mənbələri tə'sir göstərərək sxemin qollarından axan cərəyanları kontur cərəyanları və düyün potensialları metodlarından istifadə edərək tapmalı və nəticəni qondarma metoduna əsasən aparılan hesabatin nəticəsilə müqayisə etməli.

3. Mənbələrin güclərini və müqavimətlərdə yaranan güc itkilərini hesablamalı. Nəticəni cədvəl 2-də qeyd etməli.

Cədvəl 1.

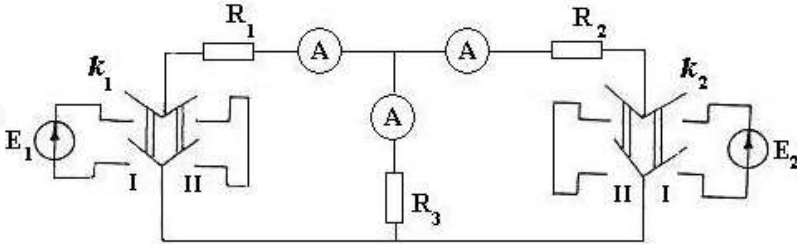
| Variant | E_1 | E_2 | R_1 | R_2 | R_3 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | V | V | Om | Om | Om |
| I | 15 | 25 | 66 | 40 | 33 |
| II | 10 | 25 | 66 | 40 | 33 |
| III | 15 | 30 | 100 | 200 | 100 |
| IV | 29 | 16 | 100 | 200 | 100 |
| V | 25 | 11 | 40 | 40 | 30 |
| VI | 24 | 13 | 40 | 40 | 30 |
| VII | 22 | 30 | 50 | 50 | 75 |
| VIII | 27 | 18 | 50 | 50 | 75 |

Cədvəl 2.

| № | I_1 | I_2 | I_3 | $E_1 I_1$ | $E_2 I_2$ | $I_1^2 R_1$ | $I_2^2 R_2$ | $I_3^2 R_3$ | Qeyd |
|---|-------|-------|-------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|------------------------------|
| | A | A | A | Vt | Vt | Vt | Vt | Vt | |
| 1 | | | | | | | | | $E_1 \neq 0$ $E_2 = 0$ |
| 2 | | | | | | | | | $E_1 = 0$ $E_2 \neq 0$ |
| 3 | | | | | | | | | $E_1 \neq 0$ $E_2 \neq 0$ |

4. İŞİN APARILMA QAYDASI

1. Şəkil 1-də göstərilən sxemi laboratoriya stendində yığmalı.



Şəkil 1.

2. Sxemin qollarından axan cərəyanları aşağıdakı hallar üçün ölçüb, cədvəl 3-ə qeyd etməli.

- Sxemdə yalnız E_1 mənbəyi tə'sir göstərir, $E_2=0$;
- Sxemdə yalnız E_2 mənbəyi tə'sir göstərir, $E_1=0$;
- Sxemdə hər iki mənbə tə'sir göstərir, $E_1 \neq 0$, $E_2 \neq 0$.

Cədvəl 3.

| № | I_1 | I_2 | I_3 | E_1 | E_2 | b | Qeyd |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|---|------------------------------|
| | A | A | A | V | V | % | |
| 1-ci hal | | | | | | | $E_1 \neq 0$ $E_2 = 0$ |
| 2-ci hal | | | | | | | $E_1 = 0$ $E_2 \neq 0$ |
| 3-cü hal | | | | | | | $E_1 \neq 0$ $E_2 \neq 0$ |

3. Təcrübənin nəticəsilə hesabatın nəticəsini müqayisə edib aparılan ölçünün xətasını $b\%$ -lə tə'yin edib, cədvəl 3-də qeyd etməli.

4. Təcrübədə baxılan hallar üçün müqavimətlərdəki güc itkilərini və mənbələrin güclərini hesablamalı və dövredə güclər balansını yoxlamalı, nəticəni cədvəl 4-də qeyd etməli.

Cədvəl 4.

| № | $E_1 I_1$ | $E_2 I_2$ | $\Sigma E \cdot I$ | $I_1^2 R_1$ | $I_2^2 R_2$ | $I_3^2 R_3$ | $\Sigma I^2 R$ | Qeyd |
|---|-----------|-----------|--------------------|-------------|-------------|-------------|----------------|------------------------------|
| | Vt | Vt | Vt | Vt | Vt | Vt | Vt | |
| 1 | | | | | | | | $E_1 \neq 0$ $E_2 = 0$ |
| 2 | | | | | | | | $E_1 = 0$ $E_2 \neq 0$ |
| 3 | | | | | | | | $E_1 \neq 0$ $E_2 \neq 0$ |

5. METODİK GÖSTƏRİŞ

Qondarma metodu yalnız xətti elektrik dövrlərinə tətbiq edilir. Bu metoda görə bir neçə mənbədən qidalanan elektrik dövrəsinin hər hansı bir qolundan axan I cərəyanı ayrı-ayrı mənbələrin həmin qolda yaratdıqları cərəyanların cəbri cəmi kimi tapılır, yəni

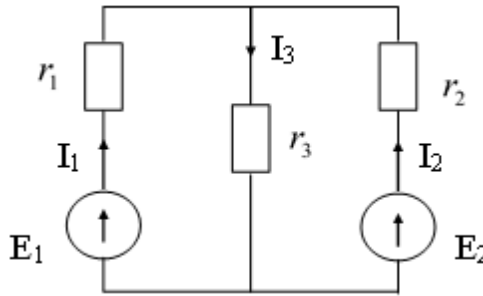
$$I = I' + I'' + \dots + I^{(n)} = \sum_{k=1}^n I^{(n)}$$

Burada I' ; I'' ; ..., $I^{(n)}$ – sxemdə iştirak edən hər bir mənbənin ayrılıqda baxılan qolda yaratdıqları cərəyanlardır.

Mənbələrin ayrı-ayrılıqda tə'siri ilə cərəyanların tapılmasına əsaslanan metod qondarma metodu adlanır.

Göründüyü kimi, bu metodla cərəyanlar tapıldıqda dövrədə neçə mənbə varsa hər birinin təsirinə ayrılıqda baxılır, nə'ni ardıcıl olaraq əvvəlcə 1-ci saxlanılıb digərləri «0» qəbul edilməklə cərəyanlar tə'yin edilir. Sonra 2-ci mənbə saxlanılıb digərləri «0» qəbul edilməklə cərəyanlar tə'yin edilir. Beləliklə bütün mənbələrin təsirindən alınan cərəyanları uyğun qollarda cəbri cəmləyərək əsil cərəyanlar tə'yin edilir. Bu zaman qiymətləri «0» götürülən e.h.q-nin və cərəyan mənbələrinin daxili müqavimətləri saxlanılır.

Şəkil 3-də verilmiş dövrəni qondarma metodu ilə həll edək:



Şəkil 3.

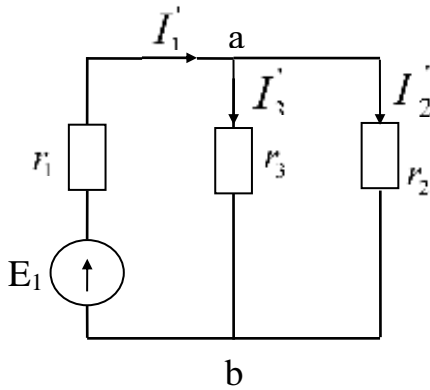
Əvvəlcə ikinci mənbəni qısa qapayaraq onu sıfır qəbul edək, yə'ni $E_2=0$ götürək. (şəkil 4). Bu halda E_1 -in təsirilə yaranan cərəyanlar aşağıdakı ifadələrlə tə'yin edilir.

$$I_1' = \frac{E_1}{r_1 + \frac{r_2 r_3}{r_2 + r_3}}$$

$$I_2' = \frac{U_{ab}}{r_2} = I_1' \frac{r_3}{r_2 + r_3}$$

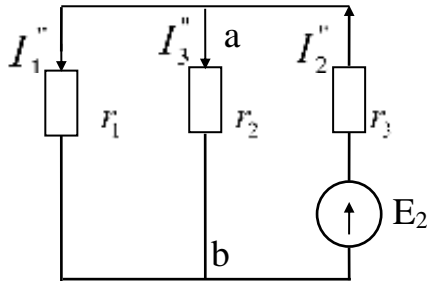
$$U_{ab} = I_1' \cdot \frac{r_2 r_3}{r_2 + r_3}$$

$$I_3' = \frac{U_{ab}}{r_3} = I_1' \frac{r_2}{r_2 + r_3}$$



Şəkil 4

İndi isə E_1 mənbəyini qısa qapayaraq onun qiymətini 0 götürək, yəni $E_1=0$ (şəkil 5).



Şəkil 5

Bu halda E_2 -nin tə'sirilə yaranan cərəyanlar isə aşağıda göstərilən kimi təyin edilir.

$$I_2'' = \frac{E_2}{r_2 + \frac{r_1 r_3}{r_1 + r_3}}$$

$$U_{ab} = I_2'' \cdot \frac{r_1 r_3}{r_1 + r_3}$$

$$I_1'' = \frac{U_{ab}}{r_1} = I_2'' \frac{r_3}{r_1 + r_3}$$

$$I_3'' = \frac{U_{ab}}{r_3} = I_2'' \frac{r_1}{r_1 + r_3}$$

Mənbələrin ayrı-ayrılıqda yaratdığı cərəyanları bilərək hər iki mənbə təsir etdiyi zaman qollardan axan cərəyanları aşağıdakı kimi tapırıq.

$$I_1 = I_1' - I_1''$$

$$I_2 = I_2'' - I_2'$$

$$I_3 = I_3' + I_3''$$

Göründüyü kimi, bu ifadələrlə dövrənin cərəyanlarını tapdıqda hansı mənbəyin yaratdığı cərəyan dövrənin cərəyanı ilə (yəni şəkil 3-də verilən cərəyanların istiqamətilə) üst-üstə düşürsə, «+», əksinə olan isə «-» götürülür.

LABORATORİYA İŞİ № 4

SABİT CƏRƏYANLA ELEKTRİK ENERJİ VERİLİŞİNİN TƏDQIQI

1. İŞİN MƏQSƏDİ

1. Sabit cərəyanla elektrik enerji veriliş xəttinin xarakterik göstəricilərinin təcrübi üsulla tədqiqi.
2. İşlədiciyə maksimal gücün ötürülməsi üçün lazım olan şərtin təyini.
3. Güclər balansının yoxlanılması.

2. QURĞUNUN İZAHİ

Laboratoriya qurğusu əsasən şəkil 1-də göstərilən sxemdən ibarətdir. Burada R_x və $R_{yük}$ elementləri kimi müqavimətlər mağazasından istifadə olunur. (R_x – veriliş xəttinin ekvivalent aktiv müqaviməti, $R_{yük}$ – yük müqavimətidir). E sabit gərginlik mənbəyindən sxemin girişinə tənzimlənən gərginlik verilir.

İSTİFADƏ OLUNAN CİHAZ VƏ AVADANLIQLAR

| № | Cihaz və avadanlıqların adı | Cihazın tipi | Dəqiqlik sinfi | Ölçü həddi | Sayı |
|---|-----------------------------|--------------|----------------|------------------|------|
| 1 | Müqavimətlər mağazası | P-33 | 0,2 | $0 \div 10^5$ Om | 2 |
| 2 | Ampermetr | E537 | 0,5 | $0,5 \div 1$ A | 1 |
| 3 | Voltmetr | E544 | 0,5 | $7,5 \div 60$ V | 2 |

3. İŞƏ HAZIRLIQ

1. Cədvəl 1-də verilən variantla uyğun olaraq verilmiş qiymətlərdən istifadə edərək, sabit cərəyan elektrik veriliş xəttinin cədvəl 2-də göstərilən parametrlərini hesablamalı.

Cədvəl 1.

| Variant | U_1 | R_x | $R_{y\ddot{u}k}$ | | | | | | | |
|---------|-------|-------|------------------|----|----|----|----|----|-----|----------|
| | V | Om | Om | | | | | | | |
| 1 | 10 | 40 | 0 | 20 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | ∞ |
| 2 | 15 | 60 | 0 | 20 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | ∞ |
| 3 | 25 | 80 | 0 | 20 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | ∞ |
| 4 | 20 | 50 | 0 | 20 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | ∞ |
| 5 | 30 | 80 | 0 | 20 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | ∞ |
| 6 | 35 | 70 | 0 | 20 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | ∞ |

2. İşlədiciyə maksimum cüsün ötürülməsi üçün lazım olan şərti tapmalı.

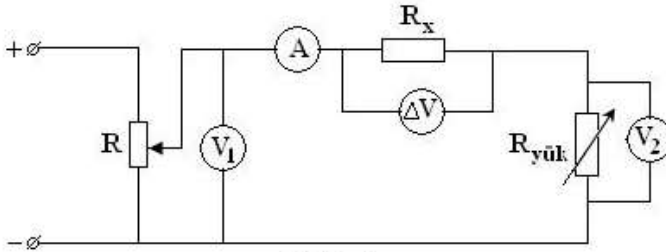
3. Hesabatın nəticəsinə əsasən alınmış qiymətlərdən istifadə edərək, $\Delta U = f(I)$, $U_2 = f(I)$, $P_1 = f(I)$, $\Delta P = f(I)$, $P_2 = f(I)$, $\eta = f(I)$ asılılıqlarını qurmalı.

Cədvəl 2.

| № | $R_{y\ddot{u}k}$ | I | U_2 | ΔU | P_1 | P_2 | ΔP | η | Qeyd |
|---|------------------|-----|-------|------------|-------|-------|------------|--------|---------------------|
| | Om | A | V | V | Vt | Vt | Vt | % | |
| 1 | 0 | | | | | | | | Qısa qapanma rejimi |
| 2 | 20 | | | | | | | | Yüklü iş rejimi |
| 3 | 40 | | | | | | | | “-“ |
| 4 | 50 | | | | | | | | “-“ |
| 5 | 60 | | | | | | | | “-“ |
| 6 | 80 | | | | | | | | “-“ |
| 7 | 100 | | | | | | | | “-“ |
| 8 | ∞ | | | | | | | | Yüksüz iş rejimi |

4. İŞİN APARILMA QAYDASI

1. Şəkil 1-də göstərilən sxemi yığmalı.



Şəkil 1.

2. E sabit gərginlik mənbəyindən sxemin girişinə variantda göstərilən qiymətə uyğun tənzimlənən gərginliyi verməli.
3. $R_{y\ddot{u}k}$ müqavimətinin qiymətini dəyişməklə, ölçü cihazlarının göstərişlərini cədvəl 3-də qeyd etməli.

Cədvəl 3.

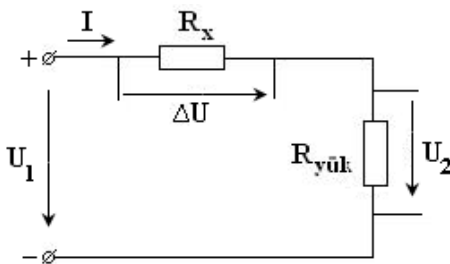
| № | $R_{y\ddot{u}k}$ | Ölçü | | | | Hesabat | | | |
|---|------------------|------|-------|------------|---|---------|-------|------------|--------|
| | | E | U_2 | ΔU | I | P_1 | P_2 | ΔP | η |
| | | Om | V | V | V | A | Vt | Vt | % |
| 1 | 0 | | | | | | | | |
| 2 | 20 | | | | | | | | |
| 3 | 40 | | | | | | | | |
| 4 | 50 | | | | | | | | |
| 5 | 60 | | | | | | | | |
| 6 | 80 | | | | | | | | |
| 7 | 100 | | | | | | | | |
| 8 | ∞ | | | | | | | | |

4. $R_{y\ddot{u}k}$ müqavimətinin qiymətini dəyişməklə, işlədiciyə ötürülən gücün maksimal qiymətinə nail olmalı və müqavimətin bu hala uyğun qiymətini cədvəl 3-də qeyd etməli.

5. Təcrübənin nəticəsinə əsasən alınmış qiymətlərdən istifadə edərək $\Delta U = f(I)$, $U_2 = f(I)$, $P_1 = f(I)$, $\Delta P = f(I)$, $P_2 = f(I)$, $\eta = f(I)$ asılılıqlarını qurmalı və onları hesabatin nəticələrinə əsasən qurulmuş asılılıqlarla müqayisə etməli.

5. METODİK GÖSTƏRİŞ

Sabit cərəyan elektrik enerjisini generatordan işlədiciyə ötürmək üçün əsasən iki məftilli elektrik verilmiş xətlərindən istifadə edilir (şəkil 2).



Şəkil 2.

Burada $E = U_1$ – tənzimlənən sabit gərginlik mənbəyidir;

U_1 – xəttin əvvəlindəki gərginlik;

U_2 – xəttin sonundakı və ya işlədicinin
sıxaclarındakı gərginlik;

ΔU – xətdə yaranan gərginlik itkisi;

I – xəttə axan cərəyandır.

$$\Delta U = U_1 - U_2$$

$$\Delta U = IR_x$$

Elektrik enerji veriliş xətti üçün güslər balansı belə yazılır:

$$P_1 = P_2 + \Delta P$$

Burada $P_1 = EI$ - enerji mənbəyinin verdiyi güc;

$P_2 = U_2 I$ - işlədicinin tələb etdiyi güc;

$\Delta P = I^2 R_x$ - xəttə yaranan güc itkisidir.

Xəttin faydalı iş əmsalı

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% = \frac{P_1 - \Delta P}{P_1} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{\Delta P}{P_1}\right) \cdot 100\%$$

Qısa qapanma rejimində $R_y = 0$ olur. Bu halda

$$U_2 = 0; \Delta U = U_1; P_2 = 0; \Delta P = P_1; I_{qq} = \frac{E}{R_x}$$

Yüksüz iş rejimində $R_y = \infty$ olur (xəttin sonu açıqdır). Bu halda

$$I = 0; \Delta U = 0; P_2 = 0; U_1 = U_2 \quad \text{olur.}$$

İşlədiciyə ötürülə bilən maksimal gücün qiyməti aşağıdakı tənlikdən tapılır.

$$P_2 = I^2 R_y = \left(\frac{U_1}{R_x + R_y}\right)^2 \cdot R_y$$

olduğunu bilərək göstərilən şərtə əsasən $R_x = R_y$ alırıq.

Bu halda işlədicinin tələb etdiyi güc

$$P_2 = \frac{U_1^2}{4R_x}$$

Xəttin faydalı iş əsmalı isə

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% = \frac{I^2 R_y}{I^2 (R_y + R_x)} \cdot 100\% = \frac{R_y}{R_y + R_x} \cdot 100\% \quad \text{olur.}$$

LABORATORİYA İŞİ № 5

PASSİV ELEMENTLƏRİ ARDICIL VƏ PARALEL BİRLƏŞMİŞ SİNUSİDAL CƏRƏYAN DÖVRƏLƏRİNİN TƏDQIQI

1. İŞİN MƏQSƏDİ

1. Passiv elementləri ardıcıl və paralel birləşmiş sinusoidal dəyişən cərəyan dövrlərinin aktiv, reaktiv, tam müqavimətləri və cərəyanla gərginliyin başlanğıc fazaları arasındakı fərqi təcrübə üsulları ilə təyini.
2. Təcrübədən alınan nəticələrə əsasən ardıcıl dövrə üçün topografik və paralel dövrə üçün vektor diaqramlarını qurmaq.
3. Güclər balansının yoxlanılması.

2. QURĞUNUN İZAHİ

Şəkil 1 və 2-də göstəriləndiyi kimi laboratoriya işi aparılan qurğuda induktiv sarğılardan, kondensator batareyalarından, reostatdan, ştəpsel yuvasından ibarət olan platan, naqıl və ölçü cihazlarından istifadə edilir. Dövrəyə tətbiq olunan gərginlik, birinci tərəfi 220 V olan sənaye tezlikli şəbəkəyə qoşulmuş avtotransformator (LATR) vasitəsilə tənzim edilir.

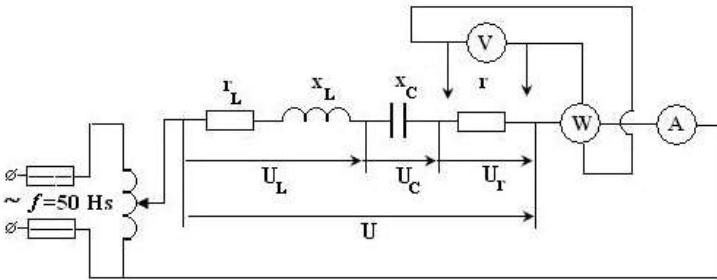
Elementlərin ardıcıl birləşmiş halı üçün (şəkil 1) tam dövrənin və onun ayrı-ayrı elementlərinin sıxaclarındakı gərginliyi və tələb etdiyi gücü ölçərkən, voltmətrin sıxacları ilə vattmètrin gərginlik sıxaclarını paralel birləşdirib və ondan çıxan naqilləri lazımi nöqtələrə toxundurmaqla ölçülər aparılır. Elementlərin paralel birləşmiş halı üçün ampermetrə qoşulmuş vilkalı naqıl həmin qoldakı ştəpsel yuvasına taxılır. Bu zaman digər qolların ştəpsel yuvalarına qısa qapalı vilkalar salınmalıdır.

3. İŞƏ HAZIRLIQ

1. Şəkil 1 və 2-də göstərilən sxemlərin ayrı-ayrı hissələri və tam dövrə üçün kompleks şəkildə Om qanununu yazmalı.
2. Şəkil 1-də göstərilən sxem üçün topoqrafik diaqramı, şəkil 2- dəki sxem üçün vektor diaqramını qurmalı.
3. Göstərilən sxemlərdə güclər balansını yoxlamaq üçün lazım olan ifadələri yazmalı.

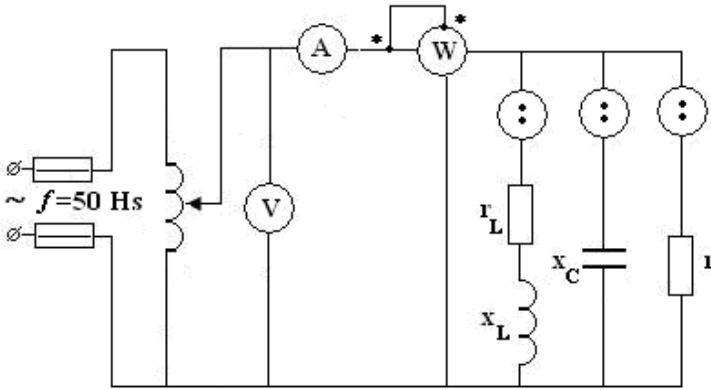
4. İŞİN APARILMA QAYDASI

1. Şəkil 1-də göstərilən sxemi yığmalı.



Şəkil 1.

2. Sxemi şəbəkəyə qoşub, dövrədən axan cərəyan 2 Amperə çatana qədər LATR vasitəsilə gərginliyi tədricən qaldırmalı və cədvəl 1-də göstərilən parametrləri ölçüb qeyd etməli.
3. Aparılan ölçülərə əsasən dövrənin və orada iştirak edən elementlərin aktiv, reaktiv, tam müqavimətlərini və cərəyanla gərginlik arasındakı fazalar fərqlərini hesablayıb, cədvəl 2-də qeyd etməli.
4. Şəkil 2-də göstərilən sxemi yığmalı.



Şəkil 2.

5. Sxemi şəbəkəyə qoşub, ümumi qoldan axan cərəyanı 2 A-ə çatana qədər LATR vasitəsilə gərginliyi tədricən qaldırmalı və cədvəl 3-də göstərilən parametrləri ölçüb, qeyd etməli.

QEYD: hər qoldan axan cərəyanlar ölçülərkən girişə verilən gərginliyin qiymətini sabit saxlamalı.

6. Aparılan ölçülərə əsasən tam dövrənin və onun qollarının aktiv, reaktiv, tam müqavimətlərini, keçiriciliklərini və cərəyanla gərginlik arasındakı fazalar fərqlərini hesablayıb, cədvəl 4-də qeyd etməli.

7. Hesabatın nəticələrindən istifadə edərək şəkil 1-də göstərilən sxem üçün miqyasla topoqrafik diaqram, şəkil 2-dəki sxem üçün isə vektor diaqramı qurmali.

8. Verilmiş hər iki sxem üçün güclər balansını yoxlamalı.

9. Görülən iş haqqında nəticə verməli.

Cadval 1

| | | | | | | | | |
|---|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| I | U | U _L | U _C | U _R | P | P _L | P _C | P _R |
| A | V | V | V | V | V _I | V _I | V _I | V _I |

Cadval 2

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---|----------------|----------------|---|---|---|---|
| Z_{ekv} | F_{ekv} | X_{ekv} | Z_L | Z_R | Z_C | X_L | X_C | I_L | I_C | r | φ _L | φ _C | φ | g | b | y |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

Cadval 3

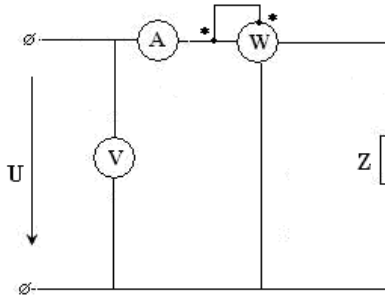
| | | | | | | | | |
|---|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| U | I | I _L | I _C | I _R | P | P _L | P _C | P _R |
| V | A | A | A | A | V _I | V _I | V _I | V _I |

Cadval 4

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|---|---|---|---|
| y_{ekv} | B_{ekv} | b_{ekv} | y _L | y _R | y _C | g _L | g _C | g | b _L | b _C | φ _L | φ _C | φ | x | z | r |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

5. METODİK GÖSTƏRİŞ

İki giriş sıxaclarına malik olan passiv sxemlərinin parametrlərini təcürbi üsulla təyin etmək üçün şəkil 3-də göstərilən ölçü sxemlərindən istifadə edilir.



Şəkil 3.

Bu sxemdəki cihazların göstərişlərinə əsasən tam, aktiv, reaktiv müqavimətləri və tam müqavimətin arqumenti təyin edilir:

$$Z = \frac{U}{I} \quad r = \frac{P}{I^2} \quad x = \sqrt{Z^2 - r^2} \quad \varphi = \arctg \frac{x}{r}$$

Burada reaktiv müqavimətin işarəsi sxemdə iştirak edən reaktiv elementin xarakterinə əsasən tapılır. Tədqiq edilən dövrənin kompleks müqaviməti $Z = r + jx$ məlum olarsa, onun kompleks keçiriciliyinin aktiv və reaktiv hissələri təyin edilir :

$$Y = g - jb \quad g = \frac{r}{Z^2} \quad b = \frac{x}{Z^2} \quad y = \sqrt{g^2 + b^2} \quad y = \frac{1}{Z}$$

Hər hansı bir dövrə üçün güclər balansı ödənilməlidir, məsələn, elementləri ardıcıl birləşmiş dövrə üçün aktiv güclər balansı şərti belə yazılır:

$$UI \cos \varphi = (r_1 + r_2 + \dots r_n) I^2 = I^2 \sum_{i=1}^n r_i$$

Paralel birləşmiş sxem üçün isə

$$UI \cos \varphi = r_1 I_1^2 + r_2 I_2^2 + \dots = \sum_{i=1}^m r_i I_i^2$$

olur. Burada n - ardıcıl dövrədə aktiv müqavimətlərin sayını, m - dövrədə paralel qolları sayını göstərir.

Cədvəl 1-də verilənlərə əsasən cədvəl 2-də tələb olunan kəmiyyətlərin hesablanması:

$$z_{ekv} = \frac{U}{I}, r_{ekv} = \frac{P}{I^2}, x_{ekv} = \sqrt{z_{ekv}^2 - r_{ekv}^2}, \varphi = \arctg \frac{x_{ekv}}{r_{ekv}}$$

$$z_L = \frac{U_L}{I}, r_L = \frac{P_L}{I^2}, x_L = \sqrt{z_L^2 - r_L^2}, \varphi_L = \arctg \frac{x_L}{r_L}$$

$$z_C = \frac{U_C}{I}, r_C = \frac{P_C}{I^2}, x_C = \sqrt{z_C^2 - r_C^2}, \varphi_C = \arctg \frac{x_C}{r_C}$$

$$z_r = \frac{U_r}{I}, r_r = \frac{P_r}{I^2}, x_r = 0, \varphi_r = 0$$

$$g = \frac{r_{ekv}}{z_{ekv}^2}, b = \frac{x_{ekv}}{z_{ekv}^2}, y = \frac{1}{z_{ekv}}$$

Cədvəl 3-də verilənlərə əsasən cədvəl 4-də tələb olunan kəmiyyətlərin hesablanması:

$$y_{ekv} = \frac{I}{U}, \quad g_{ekv} = \frac{P}{U^2}, \quad b_{ekv} = \sqrt{y_{ekv}^2 - g_{ekv}^2}, \quad \varphi = \arctg \frac{b_{ekv}}{g_{ekv}}$$

$$y_L = \frac{I_L}{U}, \quad g_L = \frac{P_L}{U^2}, \quad b_L = \sqrt{y_L^2 - g_L^2}, \quad \varphi_L = \arctg \frac{b_L}{g_L}$$

$$y_C = \frac{I_C}{U}, \quad g_C = \frac{P_C}{U^2}, \quad b_C = \sqrt{y_C^2 - g_C^2}, \quad \varphi_C = \arctg \frac{b_C}{g_C}$$

$$y_r = \frac{I_r}{U}, \quad g_r = \frac{P_r}{U^2}, \quad b_r = 0, \quad \varphi_r = 0$$

$$r = \frac{g_{ekv}}{y_{ekv}^2}, \quad x = \frac{b_{ekv}}{y_{ekv}^2}, \quad z = \frac{1}{y_{ekv}}$$

LABORATORİYA İŞİ № 6

PASSİV ELEMENTLƏRİ QARIŞIQ BİRLƏŞMİŞ SİNUSİDAL CƏRƏYAN DÖVRƏSİNİN TƏDQIQI

1. İŞİN MƏQSƏDİ

1. Passiv elementləri müxtəlif variantda qarışıq birləşmiş sinusoidal cərəyan dövrəsinin aktiv, reaktiv və tam müqavimətinin təcrübi üsulla təyini.
2. Uyğun sxemlər üçün vektor diaqramını qurmaq.

2. QURĞUNUN İZAHİ

Qurğu əsasən şəkil 1, 2 və 3-də göstərilirdiyi kimi bir-birilə müxtəlif variantla birləşmiş kondensatorlar batareyasından, induktiv sarğacdən və reostatdan ibarətdir.

İSTİFADƏ OLUNAN CİHAZ VƏ AVADANLIQLAR

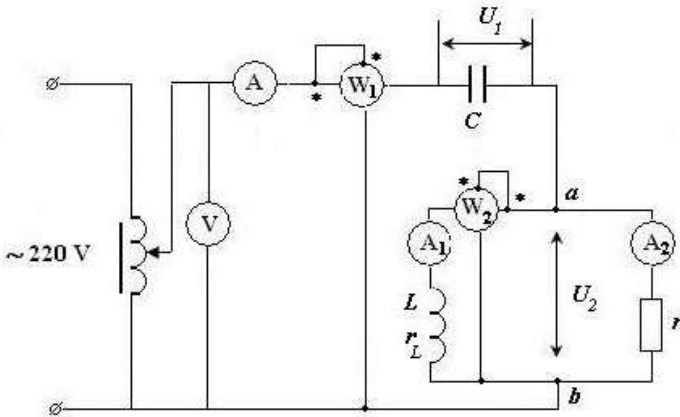
| № | Cihaz və avadanlıqların adı | Cihazın tipi | Dəqiqlik sinfi | Ölçü həddi | Sayı |
|---|-----------------------------|---------------|----------------|------------|------|
| 1 | Kondensatorlar batareyası | - | - | - | 1 |
| 2 | İnduktiv sarğac | - | - | - | 1 |
| 3 | Reostat | RP | - | 3A, 100 Om | 1 |
| 4 | Ampermetr | Elektromagnit | 0,5 | 0 ÷ 5 A | 1 |
| 5 | Voltmetr | -«- | 0,5 | 0 ÷ 300 V | 2 |
| 6 | Vattmetr | -«- | 0,5 | 0 ÷ 750 Vt | 2 |

3. İŞƏ HAZIRLIQ

1. Aktiv və induktiv, aktiv ilə tutum və induktiv ilə tutum müqavimətləri paralel birləşən hallar üçün vektor diaqramlarını çəkməli.
2. Dövrədə iştirak edən hər bir elementin və dövrənin giriş sıxaclarındakı gərginliklər üçün kompleks şəkildə tənlikləri yazmalı. Dövrəyə tətbiq olunan gərginliyin ardıcıl və paralel qollardakı gərginlik düşkülərinin vektorial cəminə bərabər olduğunu göstərməli.
3. Dövrənin ayrı-ayrı qolları və tam dövrə üçün müqavimət və keçiriciliklərin ifadələrini yazmalı.

4. İŞİN APARILMA QAYDASI

1. Şəkil 1-də göstərilən sxemi yığmalı.



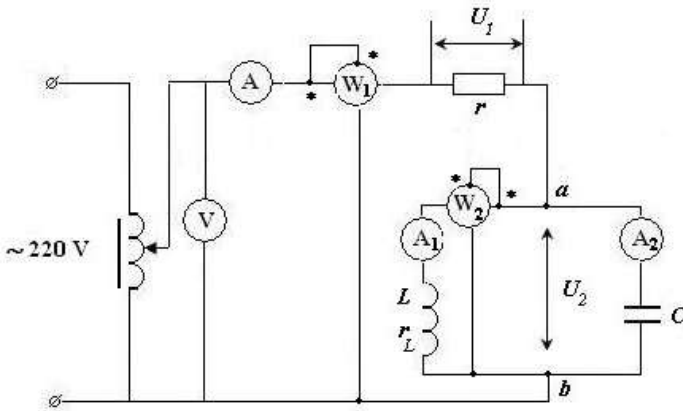
Şəkil 1.

2. Yığılan sxemi mənbəyə qoşub, lazımı ölçmələri aparıb, cədvəl 1-də qeyd etməli.

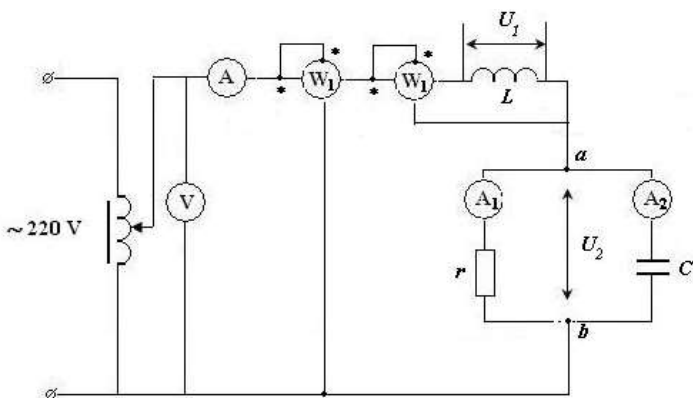
3. Şəkil 1, 2 və 3-də göstərilən sxemlər üçün 1-ci və 2-ci bəndlərlə göstərilən əməliyyatları yerinə yetirməli. Ölçmələrin nəticəsini cədvəl 1-də qeyd etməli.

Cədvəl 1

| Sxemlər | U | U ₁ | U ₂ | I | I ₁ | I ₂ | P ₁ | P ₂ |
|---------|---|----------------|----------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | V | V | V | A | A | A | Vt | Vt |
| Şəkil 1 | | | | | | | | |
| Şəkil 2 | | | | | | | | |
| Şəkil 3 | | | | | | | | |



Şəkil 2.



Şəkil 3.

5. HESABATIN MƏZMUNU

1. Aparılan ölçmələrin nəticələrinə əsasən verilmiş hər bir sxem üçün uyğun miqyasla vektor diaqramlarını qurmali.
2. Sxemdə iştirak edən elementlərin və tam dövrənin aktiv, reaktiv və tam müqavimətlərini və onların arqumentlərini təyin edib cədvəl 2-də qeyd etməli.

Cədvəl 2

| | r | r_c | r_L | X_L | X_C | Z_L | Z_C | r_{ek} v | X_{ek} v | Z_e kv | φ_L | φ_C | φ_{ekv} |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| Sxem | O_m | O_m | O_m | O_m | O_m | O_m | O_m | O_m | O_m | O_m | $dər$ | $dər$ | $dər$ |
| Şək. 1 | | | | | | | | | | | | | |
| Şək. 2 | | | | | | | | | | | | | |
| Şək. 3 | | | | | | | | | | | | | |

3. Sxemdə iştirak edən elementlərin və tam dövrənin aktiv, reaktiv və tam keçiriciliklərini və onların arqumentlərini təyin edib cədvəl 3-də qeyd etməli.

Cədvəl 3

| Sxem | g | g _L | b _L | b _C | g _C | y _L | y _C | g _{ekv} | b _{ekv} | y _{ekv} |
|--------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|
| | <i>Sim</i> | <i>Sim</i> | <i>Sim</i> | <i>Sim</i> | <i>Sim</i> | <i>Sim</i> | <i>Sim</i> | <i>Sim</i> | <i>Sim</i> | <i>Sim</i> |
| Şək. 1 | | | | | | | | | | |
| Şək. 2 | | | | | | | | | | |
| Şək. 3 | | | | | | | | | | |

6. METODİK GÖSTƏRİŞ

Laboratoriya işində verilən sxemlərdən asılı olmayaraq oradakı elementlərin parametrləri aşağıdakı ifadələrlə təyin olunur.

$$z = \frac{U}{I} \quad z = \sqrt{R^2 + x^2} \quad \varphi = \arctg \frac{x}{R} \quad P = I^2 R$$

Nəzərə almaq lazımdır ki, dövrənin ümumi aktiv gücü sarğacın aktiv gücü, tutumun aktiv gücü və aktiv elementdə olan gücün cəminə bərabərdir.

$$P_L = I_L^2 R_L, \quad P_C = I_C^2 R_C$$

$$P = U_R I_R + I_L^2 R_L + I_C^2 R_C$$

Mənbənin aktiv gücü $P = UI$ olur.

Məlum müqavimətin keçiricilikləri aşağıdakı kimi təyin olunur.

$$g = \frac{R}{R^2 + x^2} \quad b = \frac{x}{R^2 + x^2} \quad y = \sqrt{g^2 + b^2}$$

$$\varphi = \arctg \frac{b}{g}$$

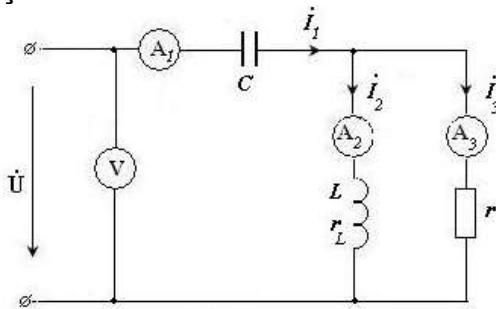
Bu keçiriciklər cihazların göstərişlərinə görə də təyin oluna bilər.

$$g = \frac{P}{U^2}; \quad y = \frac{I}{U}; \quad b = \sqrt{y^2 - g^2}; \quad \varphi = \arccos \frac{P}{UI}$$

Reaktiv elementlərin induktivliyi L və tutumu C aşağıdakı ifadələrdən tapılır:

$$x_L = \omega L = 2\pi fL \quad x_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$$

Bu deyilənləri aydınlaşdırmaq üçün təsəvvür edək ki, şəkil 4-də göstərilən sxemdə cihazların göstərişləri I , I_1 , I_2 , I_3 cərəyanları və ona tətbiq olunan U gərginliyi təyin edilmişdir.



Şəkil 4.

Gərginliklərin vektor diaqramını cərəyanların vektor diaqramları ilə birlikdə quraq. Vektor diaqramını qurarkən

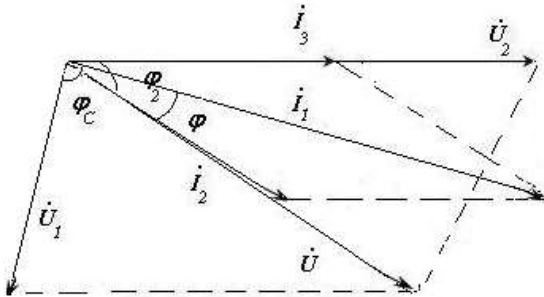
paralel birləşmiş hissədəki U_2 gərginliyindən başlamaq məqsədə uyğundur. Sonra bu gərginliyə görə I_2 və I_3 cərəyanlarının vektorunu qurarıq. Göstərilən halda induktivlikdəki I_2 və I_3 cərəyanlarının vektorlarını toplayaq:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}_3$$

U_1 gərginliyi tutum müqavimətindəki I_1 cərəyanından φ_C qədər geri qalır. Kirxhofun II qanununa əsasən giriş gərginliyi

$$\dot{U} = \dot{U}_1 + \dot{U}_2$$

olur.



LABORATORİYA İŞİ № 7

SABİT TEZLİK ŞƏRAİTİNDƏ ARDICIL RƏQS KONTURUNUN TƏDQIQI

1. İŞİN MƏQSƏDİ

1. Cədvəl 1-də verilmiş parametrlərə əsasən konturun digər parametrlərinin təyini.
2. Ardıcıl rəqs konturunun kökləmə xarakteristikalarının qurulması.
3. Kontura daxil olunan əlavə müqavimətin köklənmə xarakteristikasına təsirinin öyrənilməsi.

2. QURĞUNUN İZAHI

Laboratoriya qurğusu üzərinə ölçü cihazları qoşula bilən xüsusi stenddən ibarətdir. Stendin arxa tərəfində qiyməti sabit və tənzim olunan tutum, induktivliyi tənzim olunan variometr ($L=130\div 690$ mKhn), rezistorlar və ölçü şuntları montaj edilmişdir. Variometrin induktivliyinin onun dəstəyinin müxtəlif vəziyyətinə uyğun qiyməti stendin üzərində cədvəl şəklində göstərilmişdir. Həmin elementlərin ucları stendin üz tərəfində montaj edilmiş sıxaqlara birləşdirilmişdir.

LAZIM OLAN CİHAZ VƏ AVADANLIQLAR

| Adları | Tipi | Ölçü həddi | Sayı |
|---------------------------|------------------|-------------------------------------|------|
| 1. Səs tezlikli generator | SG - 33 | $1 \text{ Hs} \div 200 \text{ kHs}$ | 1 |
| 2. Millivoltmetr | B3- 38 B3- 39 | $1 \text{ mV} \div 300 \text{ V}$ | 3 |
| 3. Rəqs konturlu stend | | | 1 |

3. İŞƏ HAZIRLIQ

İşə başlamazdan əvvəl aşağıdakı əməliyyatlar yerinə yetirilməlidir. Cədvəl 1-də verilmiş qiymətlərə görə tədqiq edilən rəqs konturunun digər parametrlərini (ω_0 , f_0 , L, C, Q, ρ , d) təyin etməli.

1. Mənbəyin gərginliyini 1 V, tezliyini $f=f_0$ qiymətlərində saxlamaq şərti ilə aşağıdakı hesabatlari aparmalı.

VARIANTLARIN CƏDVƏLİ № 1

| | f | L | C | R_c | ρ | Q | d | U | I_0 | U_{c0} | U_{l0} |
|----|--------|----------|------|----------|----------|-----|-----|-----|-------|----------|----------|
| | kH_2 | $m kH_2$ | nF | Q_{m1} | Q_{m2} | | | V | mA | | V |
| 1 | 100 | 300 | - | - | - | - | - | 1 | - | 60 | - |
| 2 | 100 | - | 8,45 | - | - | 60 | - | 1 | - | - | - |
| 3 | - | 300 | - | 3,15 | 188 | - | - | - | 320 | - | - |
| 4 | - | - | 8,45 | 3,15 | - | - | - | - | 320 | - | 60 |
| 5 | 120 | 300 | - | - | - | - | - | 1 | - | 72 | - |
| 6 | 120 | - | 5,85 | 3,15 | - | - | - | 1 | - | - | - |
| 7 | - | - | 5,85 | - | 226 | - | - | 1 | 320 | - | - |
| 8 | - | 300 | - | - | 226 | 72 | - | - | - | 72 | - |
| 9 | 100 | 400 | - | - | - | 80 | - | 1 | - | 72 | - |
| 10 | 100 | - | 6,3 | - | - | - | - | 1 | - | 80 | - |
| 11 | - | 400 | - | - | 252 | - | - | 1 | 320 | - | - |
| 12 | - | - | 6,3 | 3,15 | - | 120 | - | 1 | - | - | - |
| 13 | 150 | 400 | - | - | - | - | - | 1 | - | - | 120 |
| 14 | - | - | 2,8 | - | - | - | - | 1 | 320 | - | - |

2. $R_L = \text{const}$, $C = \text{const}$ halında variometrin induktivliyinin $8 \div 10$ müxtəlif qiymətləri üçün dövrədən axan cərəyanı hesablayıb cədvəl 2-də qeyd etməli və $I = f(L)$ asılılığını qurmali.

3. $L = \text{const}$ halında tutumun $8 \div 10$ müxtəlif qiymətləri üçün dövrədən axan cərəyanı hesablayıb cədvəl 3-də qeyd etməli, hesabatın nəticəsinə əsasən $I = f(C)$ asılılığını qurmali.

Cədvəl 2

| | | | | | | | | | | |
|------------------------|---|------|-----|------|---|------|-----|------|-----|------|
| L / L_{veril} | 0 | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1 | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2,0 | 2,25 |
| L, mkHn | | | | | | | | | | |
| I, mA | | | | | | | | | | |

Cədvəl 3

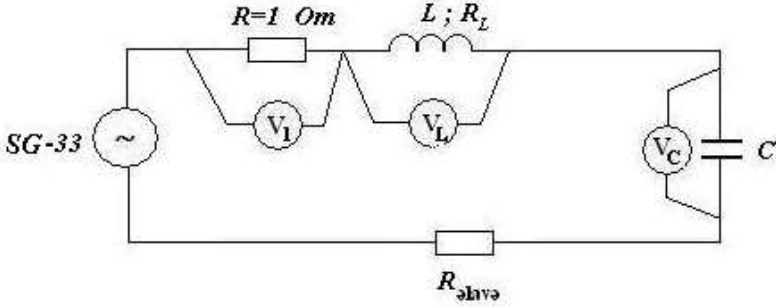
| | | | | | | | | | | |
|------------------------|---|------|-----|------|---|------|-----|------|-----|------|
| C / C_{veril} | 0 | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1 | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2,0 | 2,25 |
| C, nF | | | | | | | | | | |
| I, mA | | | | | | | | | | |

4. İŞİN APARILMA QAYDASI

Stendlə tanış olub aşağıdakı əməliyyatları yerinə yetirməli.

1. Stend üzərində şəkil 1-də göstərilən ardıcıl rəqs konturunu yığmalı.
2. Verilmiş varianta əsasən (cədvəl 1) induktivliyin L və tutumun C qiymətlərini sxemdə yerinə qoymalı.

3. Ölçü cihazlarını şəbəkəyə qoşub 30 dəqiqəyədək qızmalarını gözləməli, sonra isə generatorun çıxışındakı gərginliyi 1 V-a qədər artırmalı.



Şəkil 1.

4. Səs generatorunun şkalasında rezonans tezliyini qurub,
 5. konturun tarazlanması üçün lazım olan kondensatoru dövrəyə daxil etməklə millivoltmetrin maksimum göstərişinə nail olmalı.
 6. Tutumun sabi qiymətində variometrin dəstəyinin vəziyyətini dəyişməklə $I=f_1(L)$ və $U_L=f_2(L)$ asılılıqlarını qurmali. Ölçünün nəticəsini cədvəl 4-də yazmalı.
 7. Ölçünün nəticəsinə əsasən tələb olunan $I=f_1(L)$, $U_L=f_2(L)$, $U_C=f_3(L)$ asılılıqlarını qurmali.

Cədvəl 4

| | | | | | | | | | |
|------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| α | | | | | | | | | |
| L, mkHn | | | | | | | | | |
| U_1, V | | | | | | | | | |
| I, mA | | | | | | | | | |
| U_C, V | | | | | | | | | |
| U_L, V | | | | | | | | | |

7. İnduktivliyin verilmiş variantına uyğun qiymətlərini sabit saxlayıb, tutumu dəyişməklə (cədvəl 3-ə) əsasən $I=f_4(L)$, $U_L=f_5(L)$, $U_C=f_6(L)$ asılıqlarını qurmalı. Ölçünün nəticəsini cədvəl 5-ə yazmalı.

8. Ölçünün nəticəsinə əsasən tələb olunan əyriləri $I=f_4(C)$, $U_L=f_5(C)$, $U_C=f_6(C)$ qurmalı.

Cədvəl 5

| | | | | | |
|----------|--|--|--|--|--|
| C, nF | | | | | |
| U, V | | | | | |
| I, mA | | | | | |
| U_C, V | | | | | |
| U_L, V | | | | | |

9. $R_{\text{əl}}$ – əlavə müqavimətin müxtəlif qiymətlərində tutumu sabit saxlayıb induktivliyi dəyişməklə, konturun kökləmə $I=f_7(L)$ xarakteristikasını qurmalı. Ölçünün nəticəsini cədvəl 6-ya qeyd etməli.

Cədvəl 6

| | | | | | | | |
|----------|--|--|--|--|--|--|--|
| α | | | | | | | |
| L, mH | | | | | | | |
| I, mA | | | | | | | |

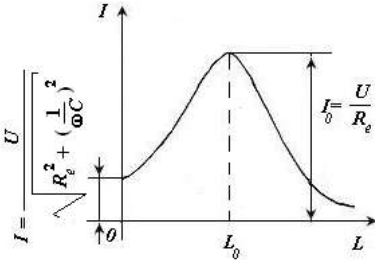
10. Aparılan ölçülərin nəticələrinə əsasən kökləmə xarakteristikalarını qurmalı.

5.METODİK GÖSTƏRİŞ

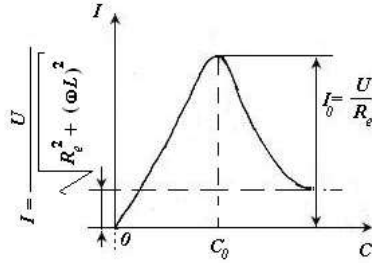
Ardıcıl rəqs konturunda cərəyanın qiyməti belə təyin edilir.

$$I = \frac{U}{\sqrt{R_e^2 + (\omega L - \frac{I}{\omega C})^2}}$$

Bu düstürdən göründüyü kimi, cərəyan gərginlik və tezliyin sabit qiymətlərində induktivlikdən və tutumdan asılıdır. Əgər dövrəyə tətbiq olunan gərginlik və onun tezliyi sabit qalarsa, onda $C = \text{const}$ şəraitində induktivlik L dəyişərsə, konturun cərəyanına görə kökləmə xarakteristikası şəkil 2-dəki kimi olacaqdır.



Şəkil 2.



Şəkil 3.

İnduktivliyi sabit saxlayıb tutumu dəyişdikdə konturun köklənmə xarakteristikası şəkil 3-dəki kimi olacaqdır.

I_r - rezonans zamanı cərəyanın maksimal qiymətidir.

Şəkil 2-də

$$L = 0 \text{ olduqda } I = \frac{U}{\sqrt{R_e^2 + (\frac{I}{\omega C})^2}} \text{ olur.}$$

$$L = \infty \text{ olduqda } I = 0 \text{ olur.}$$

Şəkil 3-də $C = 0$ olduqda $I = 0$ olur.

$$C = \infty \text{ olduqda } I = \frac{U}{\sqrt{R_c^2 + (\omega L)^2}} \text{ olur.}$$

Rezonans halında isə $\omega L = \frac{I}{\omega C}$; $I = \frac{U}{R_c}$ olur.

Konturun keyfiyyəti orada iştirak edən elementlərin qiymətlərindən asılı olub, belə təyin edilir:

$$R_c = R_L + R_{sl}, \quad Q = \frac{\rho}{R_c} = \frac{\omega L}{R_e} = \frac{I}{\omega C R_{el}}$$

LABORATORİYA İŞİ № 8

ARDICIL RƏQS KONTURUNUN TEZLİK XARAKTERİSTİKASININ TƏDQIQI

1. İŞİN MƏQSƏDİ

1. Rezonans halında ardıcıl rəqs konturunun parametrlərinin təyini.
2. Keyfiyyət əmsalının müxtəlif qiymətlərində ardıcıl rəqs konturunun giriş və ötürücü xarakteristikasının tədqiqi.

2. QURĞUNUN İZAHİ

Laboratoriya işi xüsusi stenddə yerinə yetirilir, stend variometr, sabit tutumlu kondensatorlardan, $r_0=1\text{ Om}$ olan ölçü müqavimətindən ibarətdir. Stendin üz tərəfində quraşdırılan elementlərin sıxacları çıxarılmışdır ki, sxemin tədqiqində işlədilən səs tezlikli generator və ölçü cihazları həmin sıxaclarla qoşulur.

3. İLKİN HESABAT

Cədvəl 1-də göstərilmiş verilənlərə əsasən ardıcıl rəqs konturunun digər parametrlərini hesablamalı.

4. İŞİN APARILMA QAYDASI

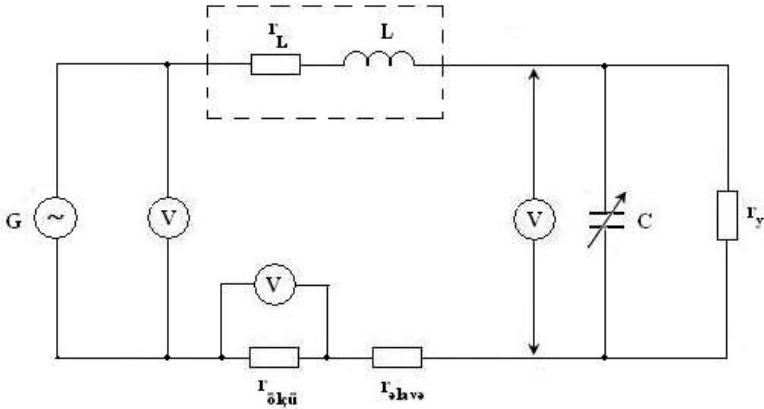
1. Ardıcıl rəqs konturunun parametrlərinin rezonans metodu ilə təyini. Şəkil 1-də göstərilən sxemi yığmalı. Təcrübə üsulu ilə tələb olunan parametrləri qurmalı. Tənzimləyicini generatorda giriş gərginliyi $U_{gir}=1V$ vəziyyətinə qoymalı. Bu zaman $\Gamma_{əlavə} = 0$ olmalıdır. Variometrin köməyi ilə konturu rezonans vəziyyətinə gətirməli (L_1 və L_2 sarğacalarını ardıcıl qoşmalı). Ölçü cihazlarının göstərişlərini cədvəl 2-də qeyd etməli.

2. Müxtəlif keyfiyyətdə ardıcıl rəqs konturunun giriş və ötürücü xarakteristikasının çıxarılması.

a) Şəkil 1-də yığılmış konturda giriş gərginliyini $U_{\text{gir}} = 1 \text{ V}$ saxlayaraq generatorda tezliyi $(0,8 \div 1,2)f_0$ aralığında dəyişməli. 10 tezlikdə konturdakı I cərəyanını və kondensatordakı U_c gərginliyini ölçməli. Ölçmənin nəticəsini cədvəl 3a-da qeyd etməli.

b) Konturun keyfiyyətini Q_1 azaltmaq üçün müqavimətlər mağazasının köməyi ilə əlavə müqavimətin qiymətini $r_{\text{əlavə}} = 5 \text{ Om}$ qurmalı. Təcrübəni 2a bəndinə uyğun olaraq aparmalı.

v) $r_{\text{əlavə}} = 0 \text{ Om}$, olan zaman C kondensatoruna paralel yüksək $\text{Om-lu } r_H = (20 \div 60) \text{ kOm}$ yük müqaviməti qoşmalı. Təcrübəni 2a bəndinə uyğun olaraq aparmalı. Ölçmələrin nəticəsini cədvəl 3v-yə yazmalı.



Şəkil 1.

5. ÖLÇMƏLƏRİN NƏTİCƏLƏRİNƏ ƏSASƏN YERİNƏ YETİRMƏLİ

1. Təcrübədən alınan nəticələrə görə giriş müqavimətinin Z_{gir} modulunu hesablamalı.
2. Konturun müxtəlif keyfiyyətlərində $Z_{gir} = f(f)$;
 $I = f(f)$; $H = \frac{U_c}{U_{gir}} = f(f)$ əyrilərini qurmalı. Bunlara əsasən sərhəd tezlikləri f_1 və f_2 , buraxma zolağını təyin etməli.

6. METODİK GÖSTƏRİŞ

Ardıcıl RLC dövrəsində

$$Z_{gir} = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C}) \quad \text{və} \quad \omega L = \frac{1}{\omega C}$$

yaxud $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$ olarsa, belə tezliyə rezonans tezliyi deyilir. $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ şərtindən rezonans tezliyini aşağıdakı kimi tapmaq olar.

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \quad f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

$\omega = \omega_o$ və $Z_{gir} = R$ olarsa, onda elektrik dövrəsinin müqaviməti tam aktiv olar. Belə halda dövrədə cərəyan və gərginlik fazaca üst-üstə düşür. $I_o = \frac{U}{R}$ olur. Rezonans tezliyində reaktiv elementlərin müqaviməti xarakteristik müqavimət ρ adlanır və

$$\rho = \frac{1}{\omega_o C} = \omega_o L = \sqrt{\frac{L}{C}} \text{ olur.}$$

Cədvəl 1

| № | f_0 | C | \underline{U}_{st} | L | U_{c0} | U_{l0} | I_0 | \underline{Z}_{st} | ρ | Q | Π | f_1 | f_2 |
|---|-------------------|------|----------------------|------------------|----------|----------|-----------------|----------------------|------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| | $k\overline{H}_s$ | nF | V | $m\overline{k}H$ | V | V | $m\overline{A}$ | \underline{Om} | \underline{Om} | - | $k\overline{H}_s$ | $k\overline{H}_s$ | $k\overline{H}_s$ |
| 1 | 100 | 8 | 1 | | 35 | | | | | | | | |
| 2 | 120 | 4 | 1 | | 25 | | | | | | | | |
| 3 | 150 | 2 | 1 | | | 30 | | | | | | | |
| 4 | 120 | 8 | 1 | | 14 | | | | | | | | |
| 5 | 130 | 8 | 1 | | | 10 | | | | | | | |
| 6 | 100 | 4 | 1 | | 36 | | | | | | | | |

Cədvəl 2

| <u>Ölçülən kəmiyyətlər</u> | | | | | | <u>Hesablanan kəmiyyətlər</u> | | | | | |
|----------------------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------|----------|-------------------------------|------------------|---|-------------------|---|--------------------|
| f_0 | C | \underline{U}_{st} | I_0 | U_{c0} | U_{l0} | \underline{Z}_{st} | ρ | Q | Π | d | L |
| $k\overline{H}_s$ | $n\overline{F}$ | V | $m\overline{A}$ | V | V | \underline{Om} | \underline{Om} | - | $k\overline{H}_s$ | | $m\overline{k}H_n$ |
| | | | | | | | | | | | |

$\omega < \omega_0$, $\omega L < \frac{1}{\omega C}$ olduqda elektrik dövrəsinin reaktiv müqaviməti tutum xarakterli olur. $\omega > \omega_0$, $\omega L > \frac{1}{\omega C}$ olduqda elektrik dövrəsinin reaktiv müqaviməti induktiv xarakterli olur.

Konturun keyfiyyəti aşağıdakı kimi tapılır:

$$Q = \frac{\rho}{R} = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 RC} = \frac{\sqrt{\frac{L}{C}}}{R}$$

Mütləq kökdən düşmə $\Delta\omega = \omega - \omega_0$, yaxud $\Delta f = f - f_0$ olur. Nisbi kökdən düşmə $\frac{\Delta\omega}{\omega_0}$, yaxud $\frac{\Delta f}{f_0}$ olur. Ümumiləşmiş kökdən düşmə

$$\begin{aligned} \xi = \frac{x}{R} = \operatorname{tg} \varphi &= \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} = \frac{\omega_0 L}{R} \left[\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{1}{\omega_0 L \omega C} \right] = \frac{\rho}{R} \left[\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right] = \\ &= Q \left[\frac{\omega^2 - \omega_0^2}{\omega_0 \omega} \right] = Q \frac{(\omega + \omega_0)(\omega - \omega_0)}{\omega_0 \omega} \end{aligned}$$

Kiçik kökdən düşmələrdə $\omega_0 \approx \omega$, $\omega + \omega_0 = 2\omega$;

$$\xi = Q \frac{2\omega \Delta\omega}{\omega_0 \omega} \approx 2Q \frac{\Delta\omega}{\omega_0} \text{ olur.}$$

$\nu = 2 \frac{\Delta\omega}{\omega_0}$ – iki tərtibli mütləq kökdən düşmədir.

Onda $\xi = Q\nu$ olar. Ardıcıl rəqs konturunda qəbul edilmişdir ki, amplitud-tezlik (ATX) və faza-tezlik

xarakteristikaları (FTX) keyfiyyət Q və ξ vasitəsi ilə seçilsin.

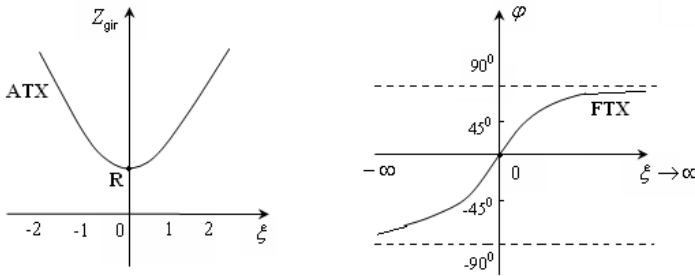
Konturun kompleks giriş müqaviməti

$$Z_{\text{gir}} = R + jx = R \left[1 + j \frac{x}{R} \right] = R [1 + j\xi] = R \sqrt{1 + \xi^2} e^{j \arctg \xi}$$

olur. Buradan giriş ATX - $Z_{\text{gir}}(\xi) = R \sqrt{1 + \xi^2}$,

giriş FTX - $\varphi(\xi) = \arctg \xi$

olar. ATX və FTX uyğun olaraq şəkil 2-də göstərilmişdir.



Şəkil 2.

Konturun kompleks cərəyanı

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{Z_{\text{gir}}} = \frac{\dot{U}}{R + jx} = \frac{\dot{U}}{R + j \left[\omega L - \frac{1}{\omega C} \right]} = \frac{\dot{U}}{R(1 + j\xi)}$$

Giriş cərəyanının modulu

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}} = \frac{1}{R} \frac{U}{\sqrt{1 + \xi^2}} = \frac{I_o}{\sqrt{1 + \xi^2}}$$

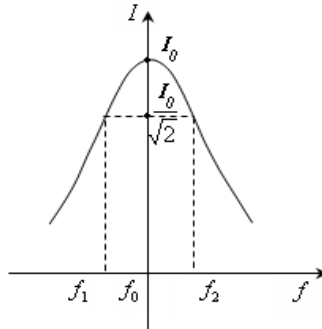
olur. Harada ki, f_0 - rezonans zamanı dövrənin cərəyanıdır.

Cərəyanın rezonans qiymətindən $\sqrt{2}$ dəfə azaldığı tezlik diapazonuna konturun mütləq buraxma zolağı deyilir.

$$\Pi = f_2 - f_1 = 2\Delta\omega = 2\Delta f ; \quad \Pi = \frac{f_0}{Q}$$

olur. f_1, f_2 - sərhəd tezlikləridir.

Rezonans tezliyində cərəyanın $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707$ qiymətinə qədər azaldığı buraxma zolağı şəkil 3-də göstərilmişdir.



Şəkil 3.

Buraxma zolağında ümumiləşdirilmiş kökdən düşmə $\xi_{sep} = \pm 1$ olur. Nisbi buraxma zolağı

$$S_o = \frac{\Pi}{f_0} = \frac{1}{Q} = d$$

olur. Burada d – konturun sönmə əmsəlidir.

$$f_{1,2} = f_o \pm \frac{f_o}{2Q} ,$$

yəni keyfiyyətin artması ilə konturun buraxma zolağı azalır.

Konturun kompleks ötürücü funksiyası

$$\underline{\Pi}(j\omega) = \frac{\dot{U}_c}{\dot{U}} = \frac{I \frac{1}{j\omega C}}{I(R + jx)} = \frac{-j \frac{1}{\omega C}}{R(1 + j\xi)} = \frac{-jQ}{1 + j\xi} ;$$

Ötürücü funksiyanın modulu

$$H = \frac{Q}{\sqrt{1 \pm \xi^2}}$$

olur.

LABORATORİYA İŞİ № 9

PARALEL RƏQS KONTURUNUN SABİT TEZLİK ŞƏRAİTİNDƏ TƏDQIQI

1. İŞİN MƏQSƏDİ

1. Paralel rəqs konturunun parametrlərinin təyini.
2. Rəqs konturunun kökləmə xarakteristikasının qurulması.
3. Rəqs konturunun kökləmə xarakteristikasına gətirilmiş müqavimətinin təsirinin öyrənilməsi.

2. QURĞUNUN İZAHİ

Qurğu xüsusi stenddən ibarət olub, orada sabit və dəyişən tutumlu kondensatorlar, variometr, əlavə şunt və ölçü müqavimətləri vardır. Mənbə kimi səs tezlikli generatordan istifadə edilir. Cərəyanları ölçmək üçün ölçü müqavimətinə paralel qoşulmuş lampalı voltmetrdən istifadə edilir.

LAZIM OLAN AVADANLIQLAR

| № | Avadanlıqların adı | Tipi | Ölçü həddi | Sayı | Qeyd |
|---|------------------------|----------|------------|------|------|
| 1 | Səs tezlikli generator | SG -33 | 0÷200 kHs | 1 | |
| 2 | Lampalı voltmetr | V3-38,39 | 0,1÷300 V | 3 | |
| 3 | Stend | -- | -- | 1 | |

3. İŞƏ HAZIRLIQ

Laboratoriya işinə başlamazdan əvvəl aşağıdakı hesabatı aparmaq və xarakteristikaları qurmaq lazımdır.

VARIANTLAR CƏDVƏLİ 1

| Nö | f | L | C | R _L | ρ | Q | d | U | I ₀ | U _{C0} | U _{L0} |
|----|--------|-----------|------|----------------|--------|----|---|-----|----------------|-----------------|-----------------|
| | kH_S | $m_k H_n$ | nF | Om | Om | | | V | m_A | | V |
| 1 | 100 | 300 | - | - | - | 60 | - | 10 | - | - | - |
| 2 | 100 | - | 8,45 | - | - | 60 | - | 10 | - | - | - |
| 3 | - | 300 | - | 3,15 | 188 | - | - | - | 0,1 | - | - |
| 4 | - | - | 8,45 | 3,15 | - | - | - | - | 0,1 | - | 6 |
| 5 | 120 | 300 | - | - | - | 72 | - | 10 | - | - | - |
| 6 | 120 | - | 5,85 | 3,15 | - | - | - | 10 | - | - | - |
| 7 | - | - | 5,85 | - | 226 | - | - | - | 0,1 | - | 7,2 |
| 8 | - | 300 | - | - | 226 | 72 | - | 10 | - | - | - |
| 9 | 100 | 400 | - | - | - | - | - | 10 | - | - | - |
| 10 | 100 | - | 6,3 | - | - | - | - | - | -0,1 | - | 8 |
| 11 | - | 400 | - | - | 252 | 80 | - | 10 | - | - | - |
| 12 | - | - | 6,3 | 3,15 | - | - | - | - | 0,1 | - | 8 |
| 13 | 150 | 400 | - | - | - | - | - | - | 0,1 | - | 12 |

1. Verilmiş varianta (cədvəl 1) uyğun olaraq dövrənin parametrlərini (ω_o ; f_o ; L ; C ; Q ; ρ ; d) təyin etməli.

2. Dövrənin gərginliyi $U=10$ V və rezonans tezliyi $f = f_o$ olduğunu bilərək,

a) Verilmiş tutumun sabit qiymətində, yəni $C=\text{const}$ olduqda variometrin induktivliyini dəyişməklə, cədvəl 2-dən istifadə edərək $I_L = f(L)$; $I = f(L)$ asılılıqlarını hesablamalı və qurmalı.

b) Verilmiş induktivliyin sabit qiymətində ($L=\text{const}$) tutumun qiymətini dəyişməklə, cədvəl 3-dən istifadə edərək, $I_C = f(C)$ və $I = f(C)$ asılılıqlarını hesablamalı.

Cədvəl 2

| L/L_{ver} | 0 | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1 | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2 | 2,25 | 2,5 | 3 |
|------------------------|---|------|-----|------|---|------|-----|------|---|------|-----|---|
| L , mkHn | | | | | | | | | | | | |
| I_L , mA | | | | | | | | | | | | |
| I , mA | | | | | | | | | | | | |

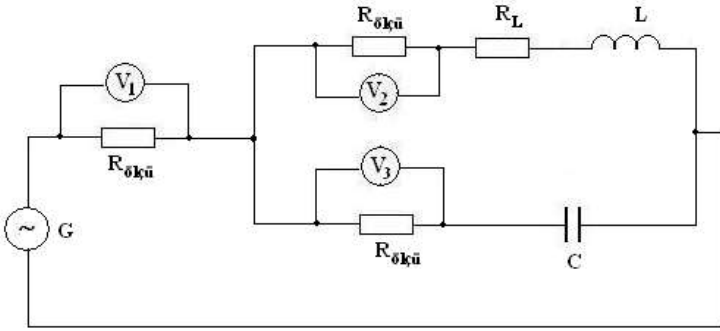
Cədvəl 3

| C/C_{ver} | 0 | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1 | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2 | 2,25 | 2,75 | 3 |
|------------------------|---|------|-----|------|---|------|-----|------|---|------|------|---|
| I_C , mA | | | | | | | | | | | | |
| I , mA | | | | | | | | | | | | |

4. İŞİN APARILMA QAYDASI

1. Stend ilə (şəkil 1) tanış olmalı.
2. Stenddə paralel rəqs konturunun sxemini yığmalı (şəkil 1).

3. Verilmiş varianta uyğun kondensatorun tutumunun C və variometrin induktivliyinin L qiymətlərini qoymalı.



Şəkil 1.

4. Qida mənbəyini və ölçü cihazlarını dövrəyə qoşub, 15 dəqiqəyə qədər qızmasını gözləməli. Lampalı voltmetrin vasitəsilə SG-33 səs tezlikli generatorun (şkalasında) çıxışında 10 V gərginliyi almalı.
5. SG-33 generatorunun şkalasında hesablanmış rezonans tezliyini almalı.
6. Tutumun sabit qiymətində ($C=\text{const}$) variometrin induktivliyini dəyişməklə, $I_L=f_1(L)$; $I_L=f_2(L)$ kökləmə xarakteristikalarını çıxarmalı. Ölçünün nəticələrini cədvəl 4-ə yazmalı.

Cədvəl 4

| | | | | | | | | | |
|------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| α (°) | | | | | | | | | |
| L, mkHn | | | | | | | | | |
| I_L, mA | | | | | | | | | |
| I, mA | | | | | | | | | |

Ölçünün nəticələrinə əsasən $I_L=f_1(L)$; $I_L=f_2(L)$ xarakteristikalarını qurmalı və onları hesabat nəticəsində alınmış xarakteristikalar ilə müqayisə etməli.

7. Variometrin induktivliyinin sabit qiymətində (L=const) kondensatorun tutumunu dəyişməklə, $I_C=f_3(C)$; $I=f_4(C)$ kökləmə xarakteristikalarını çıxarmalı. Təcrübənin nəticələrini cədvəl 5-ə yazmalı.

Cədvəl 5

| | | | | | | | | | |
|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| C, nF | | | | | | | | | |
| I_C, mA | | | | | | | | | |
| I, mA | | | | | | | | | |

Təcrübənin nəticələrinə əsasən $I_C=f(C)$, $I=f(C)$ xarakteristikalarını qurmalı və onları hesabat nəticəsində alınan xarakteristikalarla müqayisə etməli.

8. Əlavə yük müqaviməti daxil etməklə, 6 və 7-ci bənddə göstərilənləri yerinə yetirməli, nəticələri cədvəle yazmalı və kökləmə xarakteristikalarını qurmalı.

5. METODİK GÖSTƏRİŞ

Şəkil 1-də dövrənin budaqlanmamış hissəsində cərəyan

$$I = U \cdot y = U \cdot \sqrt{g_{ekv}^2 + b_{ekv}^2}$$

kimi təyin edilir, burada

$y = \sqrt{g_{ekv}^2 + b_{ekv}^2}$ - konturun tam keçiriciliyi,

$g_{ekv} = g_L + g_C$ - konturun aktiv keçiriciliyi,

$b_{ekv} = b_L - b_C$ - konturun reaktiv keçiriciliyidir.

$$g_L = \frac{R}{R_L^2 + (\omega L)^2}; \quad g_C = \frac{R_C}{R_C^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

Paralel rəqs konturunda rezonans şərti :

$$b_{ekv} = 0 \Rightarrow b_L = b_C \quad \text{və ya} \quad \frac{\omega_o L}{(\omega_o L)^2 + R_1^2} = - \frac{\frac{1}{\omega_o C}}{\left(\frac{1}{\omega_o C}\right)^2 + R_C^2}$$

Yüksək keyfiyyətli kontur üçün

$$\omega_o L \gg R_L, \quad \frac{1}{\omega_o C} \gg R_C$$

və rezonans şərti $\frac{1}{\omega_o L} = \omega_o C$ olur. Bu halda rezonans bucaq tezliyi

$$\omega_r = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}};$$

Konturun xarakteristik müqaviməti $\rho = \sqrt{\frac{L}{C}};$

Konturun keyfiyyətliliyi $Q = \frac{\rho}{R_L + R_C}$ olur.

Rezonans zamanı paralel rəqs konturun müqaviməti

$$Z_o = \frac{\rho^2}{R_L + R_C} = Q^2 (R_L + R_C) = \frac{L}{(R_L + R_C) \cdot C}$$

Dövrənin budaqlanmamış hissəsində və budaqlarda cərəyan

$$I_L = U \cdot y_L = U \cdot \sqrt{g_L^2 + b_L^2}; \quad I_C = U \cdot y_C = U \cdot \sqrt{g_C^2 + b_C^2};$$

$$I = |I_L - I_C|$$

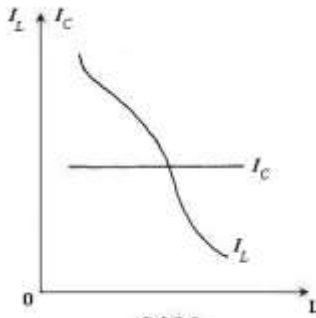
Konturun kökləmə xarakteristikaları aşağıdakı şəkillərdə göstərilmişdir.

$C=\text{const}$ olduqda $I_L = f_L(L)$, $I_C = f(L)$ şəkil 2

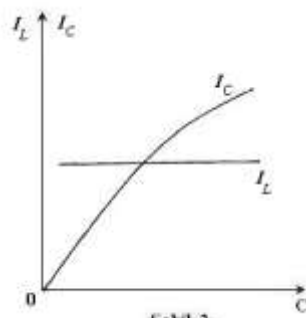
$L=\text{const}$ olduqda $I_L = f(C)$, $I_C = f(C)$ şəkil 3

$C=\text{const}$ olduqda $I = f(L)$ şəkil 4

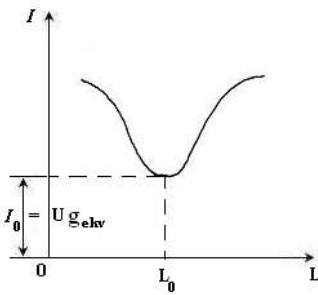
$L=\text{const}$ olduqda $I = f(C)$ şəkil 5



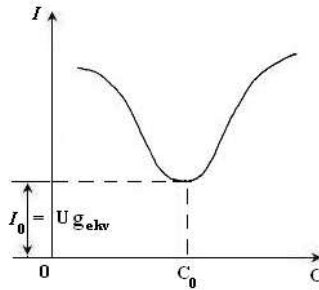
Şəkil 2.



Şəkil 3.



Şəkil 4.



Şəkil 5.

LABORATORİYA İŞİ № 10

PARALEL RƏQS KONTURUNUN TEZLİK XARAKTERİSTİKASININ TƏDQIQI

1. İŞİN MƏQSƏDİ

1. Paralel rəqs konturunun parametrlərinin rezonans halında təyini.
2. Gərginlik və cərəyan mənbəyindən qidalanan paralel rəqs konturunun giriş və ötürücü xarakteristikasının təcrübi tədqiqi.

2. QURĞUNUN İZAHİ

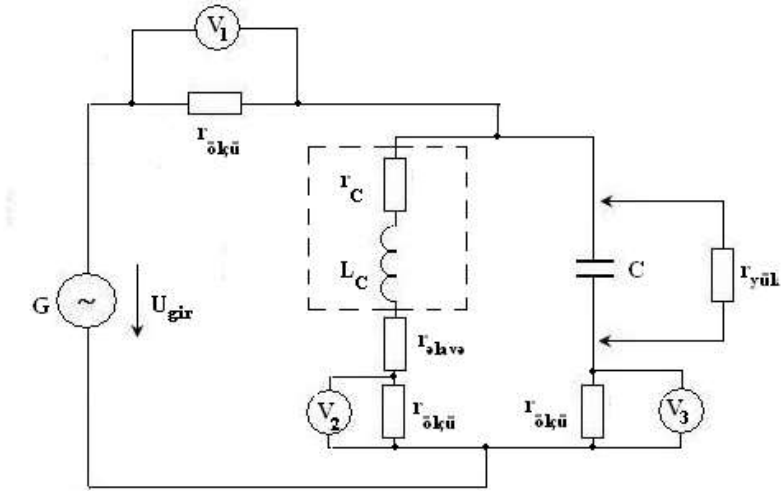
Laboratoriya işi xüsusi stenddə yerinə yetirilir. Stenddə iki L_1 , L_2 sarğacılarından ibarət variometr, sabit tutumlu qrup kondensatorlar, ölçü müqaviməti $r_{ölçü}=1\text{ Om}$ vardır. Stendin ön tərəfində sıxaclar vardır. Həmin sıxaclara ölçü cihazları və səs tezlikli generator qoşulur.

Cədvəl 1

| № | Ölçü | | | | | | | Hesabat | | | | |
|---|-------|------|-----------|--------|------|-------|-------|-----------|--------|-------|---|---|
| | f | C | U_{gir} | L_c | I | I_l | I_c | Z_{rez} | ρ | r_k | Q | P |
| | kHs | nF | V | $mkHn$ | mA | mA | mA | Om | Om | Om | - | - |
| 1 | 100 | 8 | 10 | | | | | | | | | |
| 2 | 120 | 4 | 10 | | | | | | | | | |
| 3 | 150 | 2 | 10 | | | | | | | | | |
| 4 | 120 | 8 | 10 | | | | | | | | | |
| 5 | 130 | 8 | 10 | | | | | | | | | |
| 6 | 100 | 4 | 10 | | | | | | | | | |

3. İŞİN APARILMA QAYDASI

1. Paralel rəqs konturunun parametrlərinin rezonans metodu ilə təyini. Şəkil 1-də göstərilən sxemi yığmalı, elektrik dövrəsinin tələb olunan parametrlərini qurmalı (cədvəl 1).



Şəkil 1.

Generatorda tənzimləyicini giriş gərginliyi $U_{gir} = 1 \text{ V}$ olan vəziyyətinə qoymalı. Bu zaman $r_{ölavə}$ olmalıdır. Variometrın köməyi ilə konturu rezonans vəziyyətinə gətirməli. L_1 və L_2 sarğaclarını ardıcıl qoşmalı.

Ölçü cihazlarının göstərişlərini cədvəl 1-də qeyd etməli.

2. Gərginlik mənbəyindən qidalanan paralel rəqs konturunun giriş və ötürücü xarakteristikasının çıxarılması.

a) Şəkil 1-də yığılmış sxemdə $r_{ölavə} = 0$ şərtində giriş

gərginliyini $U_{gir} = 1 \text{ V}$ saxlamaqla, generatorun tezliyini $(0,8 \div 1,2) f_0$ aralığında yavaş-yavaş dəyişməli. Millivoltmetrlərin köməyi ilə cərəyanları 10 tezlikdə ölçməli, ölçmələrin nəticələrini cədvəl 2a – ya yazmalı.

- b) Müqavimətlər mağazasının köməyi ilə $r_{\text{lavə}} = 5 \text{ Om}$ qoymalı. Təcrübəni 2a - bəndinə uyğun olaraq aparmalı. Ölçmələrin nəticələrini cədvəl 2b-yə yazmalı.
 - c) $r_{\text{lavə}} = 0$ olan zaman müqavimətlər mağazasının köməyi ilə $r_{\text{yük}} (20 \div 80) \text{ kOm}$ götürdükdə yük müqavimətini «O» kondensatoruna paralel qoşmalı. Təcrübəni 1a bəndinə uyğun olaraq aparmalı. Ölçmələrin nəticələrini cədvəl 2-yə yazmalı.
3. Cərəyan mənbəyindən qidalanan rəqs konturunun giriş və ötürücü xarakteristikasının çıxarılması.
- a) Müqavimətlər mağazasının köməyi ilə $r_{\text{mən}} = 0,5 Z_{\text{rez}}$ müqavimətini səs tezlikli generatora ardıcıl qoşmalı və təcrübəni 1a bəndinə uyğun olaraq aparmalı. Z_{rez} -in qiyməti cədvəl 1-də hesablanmışdır. Ölçmələrin nəticələrini cədvəl 3a-ya yazmalı.
 - b) $r_{\text{mən}} = Z_{\text{rez}}$ qoymalı və təcrübəni 3a bəndinə uyğun olaraq aparmalı. Ölçmələrin nəticələrini cədvəl 3b-yə yazmalı.
 - c) $r_{\text{mən}}$ müqavimətini $r_{\text{mən}} = 2Z_{\text{rez}}$ qoymalı və təcrübəni 3a bəndinə uyğun olaraq aparmalı. Ölçmələrin nəticələrini cədvəl 3 c-yə yazmalı.

ÖLÇMƏLƏRİN NƏTİCƏLƏRİNƏ ƏSASƏN YERİNƏ YETİRMƏLİ

1. Cədvəl 2 a, b-də göstərilmiş təcrübədən alınan nəticələrə əsasən konturun Z giriş müqavimətini hesablamalı.
2. $Z_{giriş}=f(f)$; $I=f(f)$; $I_L=f(f)$; $I_C=f(f)$ əyrilərini konturun müxtəlif keyfiyyətlərində qurmali.
3. $R_{mən}$ -nin müxtəlif qiymətlərində $I_{mənə}=f(f)$ və $U_C=f(f)$ əyrilərini qurmali.

Cədvəl 2

| № | f | a | | | | b | | | |
|---|-------|-----------------------------------|-------|-------|-----------|---|-------|-------|-----------|
| | | $U_{gir}=1\text{ V}, r_{əlavə}=0$ | | | | $U_{gir}=1\text{ V}, r_{əlavə}=5\text{ Om}$ | | | |
| | | ölçü | | | hesabat | ölçü | | | hesabat |
| | | I | I_L | I_C | Z_{gir} | I | I_L | I_C | Z_{gir} |
| | kHs | mA | mA | mA | Om | mA | mA | mA | Om |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | |

Сәдвәл 3

| № | f | a | | | b | | |
|----|--------|--------------------------------------|-----------|------------------|-----------------------------------|------|------------------|
| | | $R_{\text{мәнбә}}=0,5Z_{\text{рез}}$ | | | $R_{\text{мәнбә}}=Z_{\text{рез}}$ | | |
| | | өлчмә | | hesabat | өлчмә | | hesabat |
| | | \dot{I} | \dot{I} | Z_{gir} | I | I | Z_{gir} |
| | kH_s | mA | mA | Om | mA | mA | Om |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | |

LABORATORIYA İŞİ № 11

ULDUZ BİRLƏŞMİŞ ÜÇFAZLI DÖVRƏLƏRİN TƏDQIQI

1. İŞİN MƏQSƏDİ

1. İşlədicilərin üçfazlı ulduz şəklində birləşmiş 3 fazlı dövrələrin simmetrik rejiminin tədqiqi.
2. İşlədicilərin üçfazlı ulduz şəklində birləşmiş 3 fazlı dövrələrin qeyri-simmetrik iş rejimi.
3. Neytral xəttin üçfazlı sistemin iş rejiminə təsiri.
4. Müxtəlif iş rejimlərinə uyğun vektor diaqramının qurulması.

2.QURĞUNUN İZAHİ

Şəkil 1 və 2-dəki sxemlərdə işlədicilər kimi aktiv müqavimətlərdən, mənbə kimi isə xətt gərginlikləri 220 V olan və neytral xəttə malik olan simmetrik üçfazlı sistemdən istifadə olunur.

İSTİFADƏ OLUNAN CİHAZ VƏ AVADANLIQLAR

| Adları | Tipi | Ölçü həddi | Sayı |
|--------------|--------|--------------------|------|
| 1. Voltmetr | G 545 | $75 \div 600$ V | 1 |
| 2. Ampermetr | G 538 | $2,5 \div 5$ A | 3 |
| 3. Vattmetr | D 5004 | $0,5 \div 3000$ Vt | 3 |
| 4. Ampermetr | G 537 | $0,5 \div 1$ A | 1 |

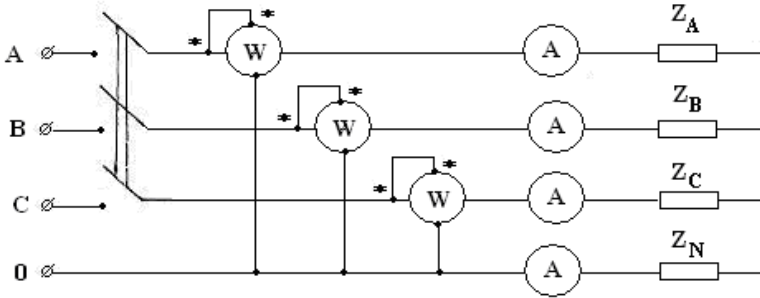
3.İŞ HAZIRLIQ

1. Faza elementləri ulduz birləşmiş üçfazlı dövrələrə aid olan gərginlik, cərəyanların tənliliklərini yazmalı.
2. Ulduz birləşmiş üçfazlı sistemdə neytral xəttin əhəmiyyətini izah etməli.
3. Ulduz birləşmiş sxemlərdə simmetriklik şərtini yazmalı və qeyri-simmetrikliyin növünü göstərməli.

4. Ulduz birləşmiş simmetrik və qeyri-simmetrik üçfazlı sistemin hesabının ardıcılığını göstərməli.
5. Üçfazlı dövrlərdə işlədiciyə tələb etdikləri güclərin ölçmə qaydasını göstərməli.
6. Simmetrik və qeyri-simmetrik iş rejimlərinə uyğun vektor diaqramını qurmaq.

5. İŞİN GEDİŞİ

1. Şəkil 1-də göstərilən sxemi yığmalı.



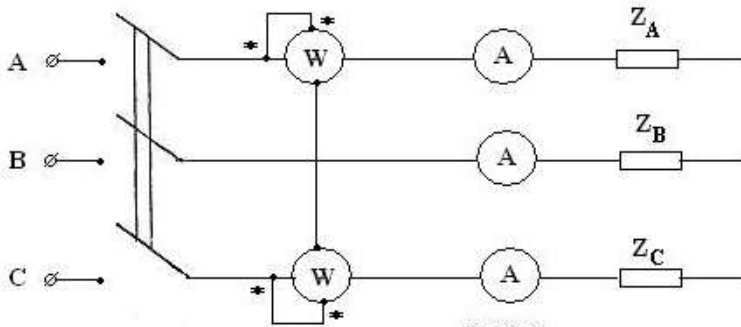
Şəkil 1.

2. Sxemi dövrəyə qoşub aşağıdakı göstərilən simmetrik və qeyri-simmetrik iş rejimlərində cihazların göstərişlərini iki hal üçün ($Z_N=0$ və $Z_N=R$) ölçüb, cədvəl 1-ə qeyd etməli. Cədvəl 1-də U_A ; U_B ; U_C - mənbənin faza gərginlikləri, U'_A ; U'_B ; U'_C - işlədiciyədəki gərginlik düşkünləridir, U_N - mənbə ilə işlədicinin neytral nöqtələri arasındakı gərginlikdir.
 - a) Simmetrik iş rejimində ($Z_A = Z_B = Z_C = R$) işlədiciyə faza elementləri qiymətə bir-birindən eyni olan aktiv müqavimətlərdən ibarətdir.
 - b) Qeyri-simmetrik iş rejimində ($Z_A \neq Z_B \neq Z_C$) işlədiciyə faza elementləri qiymətə bir-birindən fərqlənən aktiv müqavimətlərdən ibarət olur.
 - c) a - bəndində verilmiş şərti qəbul etməklə fazalardan irini qurmaq.

Cədvəl 1

| № | | U_A | U_B | U_C | U_A' | U_B' | U_C' | U_N | I_A | I_B | I_C | I_N | P_A | P_B | P_C |
|---------|---|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | V | V | V | V | V | V | V | A | A | A | A | Vt | Vt | Vt |
| $Z_N=0$ | a | | | | | | | | | | | | | | |
| $Z_N=R$ | a | | | | | | | | | | | | | | |
| $Z_N=0$ | b | | | | | | | | | | | | | | |
| $Z_N=R$ | b | | | | | | | | | | | | | | |
| $Z_N=0$ | c | | | | | | | | | | | | | | |
| $Z_N=R$ | c | | | | | | | | | | | | | | |

3. Şəkil 2-də göstərilən sxemi yığmalı.



Şəkil 2.

4. Sxemi dövrəyə qoşub cədvəl 2-də göstərilən kəmiyyətləri aşağıdakı hallar üçün ölçməli.
- simmetrik iş rejimində işlədicilərin faza elementləri bir-birinə bərabər aktiv müqavimətlərdən ibarət olur, $Z_A = Z_B = Z_C = R$.
 - qeyri-simmetrik iş rejimində ($Z_A \neq Z_B \neq Z_C = R$).
 - a - bəndində verilmiş şərti qəbul etməklə fazaların birini qurmalı.
 - a - bəndində verilmiş şərti qəbul etməklə işlədicilərin faza elementlərindən birini qısa qapamalı.

Cədvəl 2

| | U_{AB} | U_{BC} | U_{CA} | $U_{A'}$ | $U_{B'}$ | $U_{C'}$ | I_A | I_B | I_C | P_1 | P_2 | P |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | V | V | V | V | V | V | A | A | A | Vt | Vt | Vt |
| a | | | | | | | | | | | | |
| b | | | | | | | | | | | | |
| c | | | | | | | | | | | | |
| d | | | | | | | | | | | | |

Bütün hallar üçün cədvəl 3-dəki kəmiyyətləri hesablamaq və hesabatı nəticələrini təcrübədə alınan qiymətlərlə müqayisə etməli.

Cədvəl 3

| sxem | R_A | R_B | R_C | U_N | U_A | U_B | U_C | I_A | I_B | I_C | I_N |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| I | A | Om | Om | Om | V | V | V | V | A | A | A |
| | B | | | | | | | | | | |
| | C | | | | | | | | | | |
| II | A | | | | | | | | | | |
| | B | | | | | | | | | | |
| | C | | | | | | | | | | |

Alınmış nəticələrə əsasən şəkil 1 və şəkil 2-də göstərilən sxemlər üçün simmetrik (şəkil 3) və qeyri-simmetrik (şəkil 4) hallara uyğun vektor diaqramını qurmali.

METODİK GÖSTƏRİŞ

Ulduz birləşmiş 3 fazlı dövrənin simmetrik ($Z_A = Z_B = Z_C$) iş rejimində

$$I_x = I_f; \quad U_x = \sqrt{3} \cdot U_f; \quad I_f = \frac{U_f}{Z_f}$$

Qeyri-simmetrik iş rejimində əvvəlcə mənbə ilə işlədicilərin neytral nöqtəsi arasındakı $U_0 = U_N$ gərginliyini tapmalı :

$$U_0 = U_N = \frac{U_A Y_A + U_B Y_B + U_C Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_N}$$

Mənbə simmetrik olan hal üçün

$$U_N = \frac{Y_A + a^2 Y_B + a Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C} \cdot U_f$$

Burada $a = e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$ olduğunu bilərək fazalardan axan cərəyanları təyin edirlər.

$$I_A = U_A Y_A; \quad I_B = U_B Y_B; \quad I_C = U_C Y_C; \quad I_N = U_N Y_N$$

$$U'_A = U_A - U_N; \quad U'_B = U_B - U_N; \quad U'_C = U_C - U_N$$

Neytral xəttlər olmayan halda $U_N=0$ götürülür. Neytral xəttin müqaviməti $Z_N=0$ olan halda isə

$$U_A^i = U_A; \quad U_B^1 = U_B; \quad U_C = U_C$$

olur. Əgər mənbənin xətti gərginlikləri simmetrik olarsa, onda

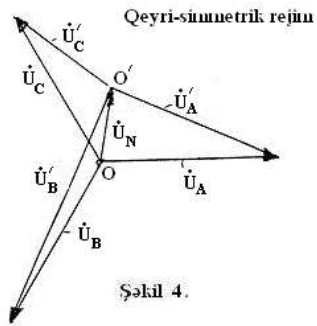
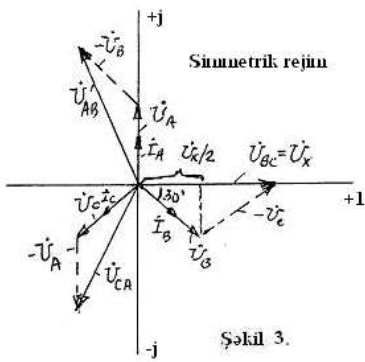
$$U_{AB} = U_X; \quad U_{BC} = a^2 U_X; \quad U_{CA} = a U_X$$

olur. Fazalardan axan cərəyanlar aşağıdakı formul ilə tapılır.

$$I_A = \frac{Y_A (Y_B - a Y_C)}{Y_A + Y_B + Y_C} \cdot U_X; \quad I_B = \frac{Y_B (a^2 Y_C - Y_A)}{Y_A + Y_B + Y_C} \cdot U_X;$$

$$I_C = \frac{Y_C (a Y_A - a^2 Y_B)}{Y_A + Y_B + Y_C} \cdot U_X$$

Qeyri-simmetrik iş rejiminə uyğun vektor diaqramı aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir.



LABORATORİYA İŞİ № 12

ÜÇBUCAQ BİRLƏŞMİŞ ÜÇFAZLI DÖVRƏLƏRİN TƏDQIQI

1. İŞİN MƏQSƏDİ

1. İşlədicilərin fazları üçbucaq şəklində birləşmiş üçfazlı dövrənin simmetrik rejiminin tədqiqi.
2. İşlədicilərinin fazları üçbucaq şəklində birləşmiş üçfazlı dövrənin qeyri-simmetrik iş rejimində tədqiqi.
3. Müxtəlif iş rejimlərinə uyğun vektor diaqramının qurulması.

2. QURĞUNUN İZAHİ

Laboratoriya qurğusu əsasən şəkil 1-də göstərilən sxemdən ibarətdir. Həmin sxemdə işlədici kimi aktiv müqavimətlərdən (reostatlardan), mənbə kimi isə xətt gərginlikləri 220 V olan simmetrik üçfazlı sistemdən istifadə edilir. Qurğuya ölçü cihazlarının sayını azaltmaq məqsədi ilə sxem üzərində ştəpsellər qurulmuş xüsusi şitlər daxil edilmişdir.

İSTİFADƏ OLUNAN CİHAZ VƏ AVADANLIQLAR

| № | Cihaz və avadanlığın adı | Cihazların sistemi | Dəqiqlik sinfi | Ölçü həddi | Sayı |
|---|--------------------------|--------------------|----------------|------------|------|
| 1 | Ampermetr | El.magnit | 0,5 | | 1 |
| 2 | Voltmetr | “_“ | “_“ | | 1 |
| 3 | Vattmetr | “_“ | “_“ | | 2 |
| 4 | Reostat | “_“ | “_“ | | 3 |
| 5 | Vilkalı məftil | “_“ | “_“ | | |
| 6 | Ştəpselli şit | “_“ | “_“ | | |

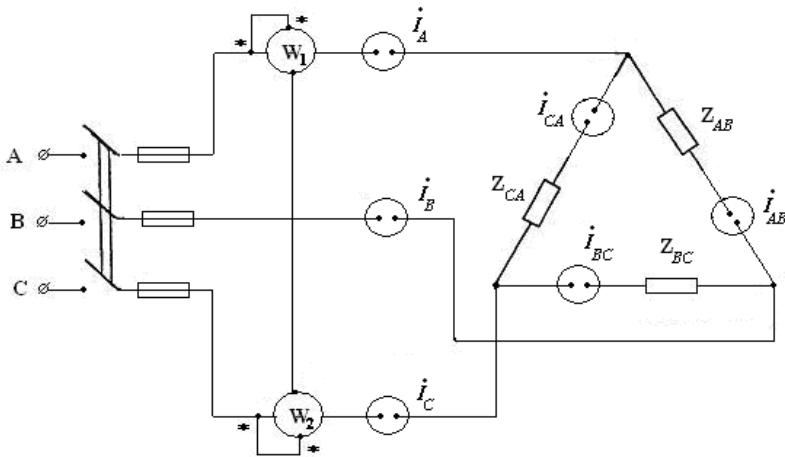
3. İŞƏ HAZIRLIQ

1. Faza elementləri üçbucaq şəklində birləşmiş üçfazlı dövrələrə aid olan gərginlik, cərəyan tənliliklərini yazmalı.

2. Üçbucaq şəkildə birləşmədə simmetriklik şərtini yazmalı qeyri-simmetrikliyin növlərini göstərməli.
3. Üçbucaq birləşmiş simmetrik və qeyri-simmetrik üçfazlı sistemin hesabının ardıcılığını göstərməli.
4. Simmetrik və qeyri-simmetrik iş rejimlərinə uyğun vektor diaqramlarını qurmaq.

5. İŞİN GEDİŞİ

1. Şəkil 1-də göstərilən sxemi yığmalı.



Şəkil 1.

2. Sxemi dövrəyə qoşub aşağıdakı göstərilən simmetrik və qeyri-simmetrik iş rejimlərində cihazların göstərişlərini ölçüb, cədvəl 1-ə qeyd etməli. Cədvəl 1-də göstərilən I_A ; I_B ; I_C - xətti cərəyanlar, I_{AB} ; I_{AC} ; I_{CA} - faza cərəyanlarıdır. U_{AB} ; U_{BC} ; U_{CA} - xətti gərginliklərdir.
 - a) simmetrik iş rejimində müqavimətləri qiymətcə bir-birinə bərabər olan aktiv ($Z_{AB} = Z_{BC} = Z_{CA} = R$) işlədicilərin faza elementlərindən istifadə edilir.
 - b) qeyri-simmetrik iş rejimində işlədicilərin faza elementləri qiymətcə bir-birindən fərqlənən aktiv müqavimətlərdən istifadə edilir. ($Z_{AB} = Z_{BC} = Z_{CA} = R$)

- v) a - bəndində verilmiş şərti qəbul etməklə xətti naqillərdən birinin qırıldığı hala baxılır.
- q) a - bəndində verilmiş şərti qəbul etməklə işlədicilərin faza elementlərindən birinin qırıldığı hala baxılır.

Cədvəl 1

| Nö | U_{AB} | U_{BC} | U_{CA} | I_A | I_B | I_C | I_{AB} | I_{BC} | I_{CA} | P_1 | P_2 | P |
|----|----------|----------|----------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|-------|-------|---|
| a | | | | | | | | | | | | |
| b | | | | | | | | | | | | |
| v | | | | | | | | | | | | |
| q | | | | | | | | | | | | |

3. Bütün hallardakı ölçmələrin nəticələrinə əsasən cədvəl 2 -də göstərilən kəmiyyətləri hesablamalı.

Cədvəl 2

| Nö | r_{AB} | r_{BC} | r_{CA} | P_{AB} | P_{BC} | P_{CA} | P | Qeyd |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---|------|
| a | | | | | | | | |
| b | | | | | | | | |
| v | | | | | | | | |
| q | | | | | | | | |

4. Alınmış nəticələrə əsasən şəkil 1 - də göstərilən sxem üçün simmetrik və qeyri-simmetrik hallara uyğun vektor diaqramını qurmalı.

METODİK GÖSTƏRİŞ

1. Üçfazlı sistemin üçbucaq birləşməsində simmetrik rejim olmaq üçün $Z_{AB} = Z_{CA} = Z_{BC}$ olmalıdır.

$$U_A = U_f; \quad I_A = \sqrt{3} \cdot I_f.$$

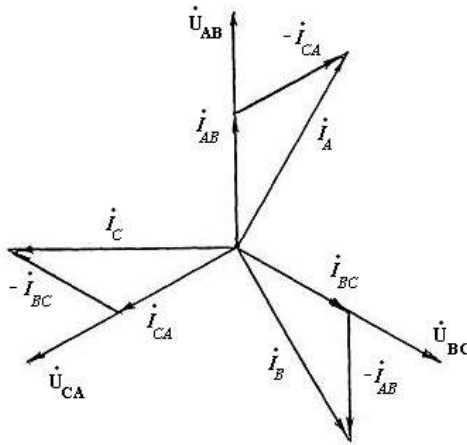
Bu halda $I_f = \frac{U_f}{Z_f} = \frac{U_x}{Z_f}$ olur.

2. Qeyri - simmetrik yük rejimində ($Z_{AB} \neq Z_{CA} \neq Z_{BC}$), ayrı ayrı fazalardakı cərəyanlar aşağıdakı kimi təyin olunur.

$$I_{AB} = \frac{U}{Z_{AB}}, \quad I_{BC} = \frac{U}{Z_{BC}}, \quad I_{CA} = \frac{U}{Z_{CA}}$$

Xətti cərəyan isə: $I_A = I_{AB} - I_{CA}$; $I_B = I_{BC} - I_{AB}$;
 $I_C = I_{CA} - I_{BC}$

Hesabatın nəticələrini yoxlamaq üçün şəkil 2-də qurulmuş vektor diaqramından istifadə etmək olar.



Şəkil 2.

LABORATORİYA İŞİ № 13

İNDUKTİV RABİTƏLİ DÖVRƏLƏRİN TƏDQIQI

1. İŞİN MƏQSƏDİ

1. İnduktiv sarğacların tam, aktiv, reaktiv müqavimətlərinin və qarşılıqlı induktivliklərinin təcrübi üsulla təyini.
2. Sarğacların birləşmə növündən asılı olaraq qarşılıqlı induktivliyin dövrənin cərəyan və gərginliyi arasındakı əlaqəyə göstərdiyi təsirin öyrənilməsi.
3. Müxtəlif birləşmə sxemlərinə uyğun olaraq vektor diaqramlarının qurulması.

2. QURĞUNUN İZAHİ

Laboratoriya işində enerji mənbəyi kimi tezliyi 50 *Hz*, gərginliyi 220 *V* olan sənaye elektrik şəbəkəsindən, sxemə verilən gərginliyi tənzim etmək üçün laboratoriya avtotransformatorlarından (LATR) istifadə edilir.

LAZIM OLAN CİHAZ VƏ AVADANLIQLAR

| № | Cihaz və avadanlıqların adı | Tipi | Dəqiqlik sinfi | Ölçü həddi | Sayı |
|---|-----------------------------------|---------|----------------|------------|------|
| 1 | Ampermetr | G538 | 2,5 | 2,5÷5 A | 3 |
| 2 | Voltmetr | G545 | 0,5 | 7,5÷600 V | 4 |
| 3 | Voltmetr | V3-4 | 0,5 | | 2 |
| 4 | Vattmetr | D 5004 | 0,5 | 0÷3000 Vt | 3 |
| 5 | LATR | PHO-250 | - | - | 1 |
| 6 | Qarşılıqlı induksiya malik sarğac | - | - | - | 1 |

1. İŞƏ HAZIRLIQ

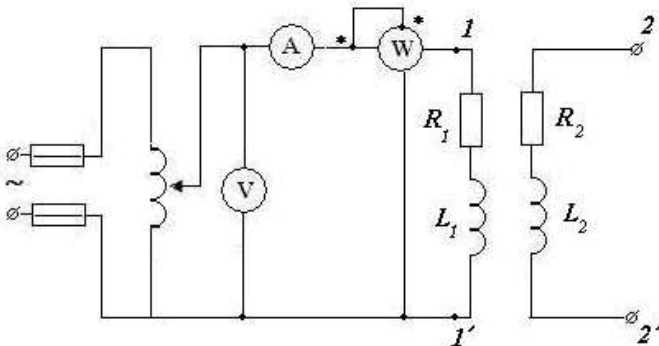
1. Ampermetr, voltmetr və vattmetrin göstərişlərinə əsasən sarğacın parametrlərinin (z , r , x) təyini göstərməli.
2. Sarğacın arasındakı qarşılıqlı induksiya əmsalının təcrübi üsulla təyin olunmasını izah etməli.
3. Sarğacın düz və əks ardıcıl birləşməsi halı üçün vektor diaqramını qurmalı.
4. Sarğacın düz və əks paralel birləşməsi üçün Kirxhof qanunlarına əsasən tənlikləri yazmalı və dövrə üçün vektor diaqramını qurmalı.

4. İŞİN APARILMA QAYDASI

1. Sarğacın parametrlərinin təyini.

Şəkil 1-də göstərilən sxemi yığmalı. Tədqiq edilən sarğacın növbə ilə 1-1' sıxaclarına birləşdirməli və sxemi mənbəyə qoşub LATR vasitəsilə cərəyanı artırmalı (cərəyan 3 A-dən artıq olmamalıdır), hər bir sarğac üçün ölçünü aparıb, cihazların göstərişlərini cədvəl 1-də yazmalı.

Cihazların göstərişlərinə əsasən sarğacın hər biri üçün tam (z_1 , z_2), aktiv (r_1 , r_2), induktiv (x_1 , x_2) müqavimətlərini və induktivliklərini hesablayıb, nəticələri cədvəl 1-ə yazmalı.

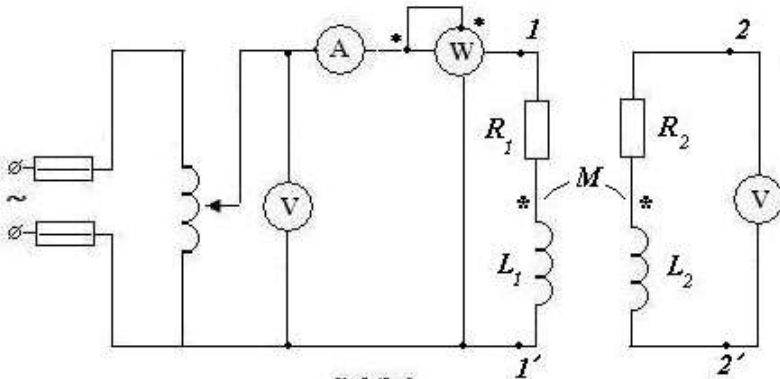


Şəkil 1.

Cədvəl 1

| Sarğacalar | Ölçü | | | Hesabat | | | |
|-------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | I | U | P | z | r | x | L |
| | <i>A</i> | <i>V</i> | <i>Vt</i> | <i>Om</i> | <i>Om</i> | <i>Om</i> | <i>Hn</i> |
| 1-ci sarğac | | | | | | | |
| 2-ci sarğac | | | | | | | |

2. Şəkil 2 - də göstərilən sxemi yığmalı. Birinci sarğacın dövrəsindəki cərəyanı 3 A-dən artıq olmamaq şərtlə tədricən qaldırmalı. Cihazların göstərişlərini cədvəl 2-ə yazmalı. Ölçünün nəticəsinə əsas sarğacalar arasındakı qarşılıqlı induksiya əmsalını hesablamalı.

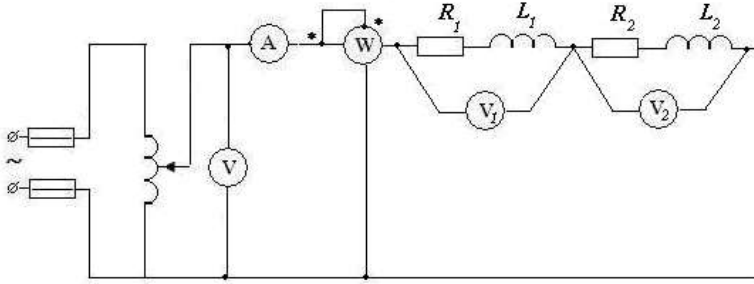


Şəkil 2.

Cədvəl 2

| № | Ölçü | | | Hesabat | |
|---|----------|----------|----------|-----------|-----|
| | U_1 | I | U_2 | M | K |
| | <i>V</i> | <i>A</i> | <i>V</i> | <i>Hn</i> | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |

3. Sarğacaların düz və əks ardıcıl birləşməsi halı üçün dövrənin parametrlərinin təyini. Şəkil 3-də göstərilən sxemi yığmalı.



Şəkil 3.

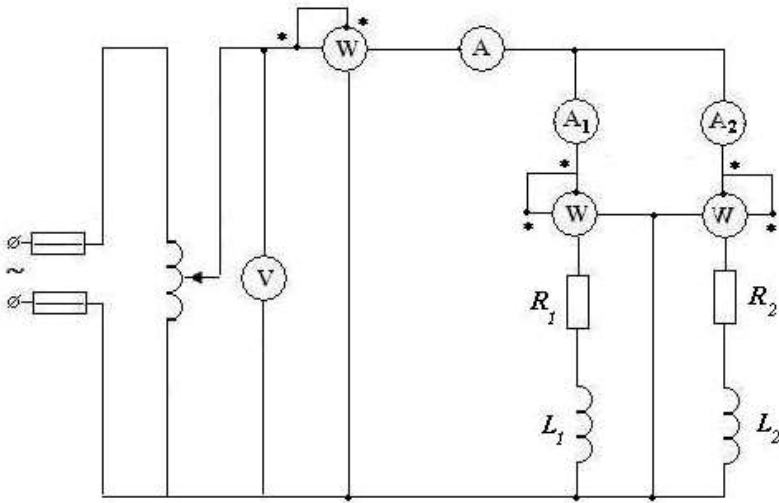
Dövrədə cərəyanı 3 A-ə qədər qaldıraraq düz və əks birləşmə halları üçün ölçülər aparıb, nəticəni cədvəl 3-ə yazmalı. Cihazların göstərişinə əsasən dövrənin parametrlərini, o cümlədən qarşılıqlı induksiya və rabitə əmsallarını hesablayıb nəticəsini cədvəl 3-ə qeyd etməli. Hesabatın nəticələrindən istifadə edib, sarğacaların düz və əks ardıcıl birləşmə halları üçün müəyyən miqyasla vektor diaqramını çəkməli.

4. Əvvəlki təcrübənin nəticəsindən istifadə edərək rabitə əmsalını hesablamaq. Hesabatın nəticəsini cədvəl 3-ə yazmalı.

Cədvəl 3

| Sarğac-lar | Ölçü | | | | | Hesabat | | | | | |
|------------|------|---|----------------|----------------|----|---------|----------------|----------------|----|----|----|
| | I | U | U ₁ | U ₂ | P | z | z ₁ | z ₂ | r | X | M |
| | A | V | A | A | Vt | Om | Om | Om | Om | Om | Hn |
| Düz | | | | | | | | | | | |
| Əks | | | | | | | | | | | |

5. Sargıcların düz və əks paralel birləşməsinin tədqiqi. Şəkil 4-də göstərilən sxemi yığmalı. Dövrənin ümumi qolundan axan cərəyanı 5 A -ə qədər qaldırıb, birləşmənin hər iki halı üçün cihazların göstərişlərini cədvəl 4-ə yazmalı. Ölçmələrin nəticələrindən istifadə edərək ayrı-ayrı qollardakı və ümumi dövrə üçün tam müqavimətləri (z , z_1 , z_2) hesablayıb cədvəl 4-ə qeyd etməli. Hesabatın nəticəsinə əsasən paralel birləşmənin hər iki halı üçün müəyyər miqyasla vektor diaqramını qurmalı.



Şəkil 4.

Cədvəl 4

| Sargıclar | Ölçü | | | | | | | Hesabat | | |
|-----------|------|---|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
| | U | I | I_1 | I_2 | P | P_1 | P_2 | z | z_1 | z_2 |
| | V | A | A | A | V_t | V_t | V_t | Om | Om | Om |
| Düz | | | | | | | | | | |
| Əks | | | | | | | | | | |

5. METODİK GÖSTƏRİŞ

Sarğaclaer arasındakı qarşılıqlı induksiya əmsalını tapmaq üçün yüksüz işləmə və sarğaclaerın ardıcıl birləşmə sxemindən istifadə edilir. Yüksüz işləmədə birinci sarğacdən axan cərəyanın effektiv qiyməti I olarsa, onda ikinci sarğacdə yaranan e.h.q.-nın effektiv qiyməti $E_2 = \omega M \cdot I \approx U_2$ kimi tapılar. Buradan da qarşılıqlı induksiya əmsalı təyin edilir.

$$M = U_2 / \omega I_1$$

Sarğaclaerın ardıcıl birləşməsi halında

$$\begin{array}{ll} \text{düz birləşmə üçün} & L_{\text{düz}} = L_1 + L_2 + 2M, \\ \text{əks birləşmə üçün} & L_{\text{əks}} = L_1 + L_2 - 2M \end{array}$$

olur. Odur ki,

$$L_{\text{düz}} - L_{\text{əks}} = 4M$$

olur və buradan qarşılıqlı induksiya əmsalı belə tapılır:

$$M = \frac{L_{\text{düz}} - L_{\text{əks}}}{4} = \frac{x_{\text{düz}} - x_{\text{əks}}}{4\omega}$$

LABORATORİYA İŞİ № 14

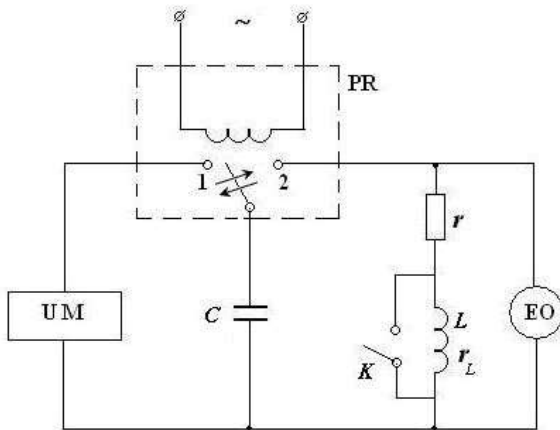
KONDENSATORUN BOŞALMASINDA YARANAN KEÇİD PROSESİNİN TƏDQIQI

1. İŞİN MƏQSƏDİ

1. Elektron ossilloqraf vasitəsilə kondensatorun aktiv və aktiv-induktiv elementlərinə boşalmasında yaranan keçid prosesinin tədqiq edilməsi.
2. Ossilloqrafda alınan əyriələrə əsasən sxemin zaman sabitinin τ , induktivliyin L , aktiv müqavimətin r , sönmə əmsalının δ , sərbəst rəqsin bucaq tezliyinin $\omega_{\text{sərb}}$ təcrübi üsulla təyin edilməsi.
3. Təcrübənin nəticəsinin hesabat yolu ilə tapılan qiymətlərlə müqayisə edilməsi.

2. QURĞUNUN İZAHİ

Qurğu şəkil 1-də göstərildiyi kimi universal doydurucu mənbəyindən (UDM), doydurulan və xüsusi şitə qoşulmuş induktiv, aktiv müqavimət mağazalarından, tutumdan, polyarizə relesindən (PR) və elektron ossilloqraftan (EO) ibarətdir.



Şəkil 1.

I HİSSƏ.

KONDENSATORUN AKTİV MÜQAVİMƏTƏ BOŞALMASI

3. İŞƏ HAZIRLIQ

1. Ardıcıl birləşmiş aktiv və tutum elementləri olan dövrədə yaranan keçid proseslərini öyrənməli.
2. Tutumu $C = 0,14$ (mkF) və sıxaslarındakı gərginliyi $U_C(0) = 10$ (V) olan kondensatorun $r = 20000; 30000; 40000$ (Om) müqavimətə boşalması zamanı keçid prosesini hesablamalı və cədvəl 1-də yazmalı.

Cədvəl 1.

| Verilir | | Hesablanır | | |
|-----------|----------|--------------|-------------|--------------|
| C (mkF) | r (Om) | τ (san) | p (1/san) | $U_C(t)$ (V) |
| 0,14 | 20 000 | | | |
| 0,14 | 30 000 | | | |
| 0,14 | 40 000 | | | |

3. Sıxaslarındakı gərginliyi $U_C(0)=10(V)$ və tutumu $C=0,14; 0,64; 1,14$ (mkF) olan kondensatorun $r=20000(Ohm)$ müqavimətə boşalması zamanı keçid prosesini hesablamalı və cədvəl 2-də yazmalı.

Cədvəl 2.

| Verilir | | Hesablanır | | |
|-----------|----------|--------------|-------------|--------------|
| C (mkF) | r (Om) | τ (san) | p (1/san) | $U_C(t)$ (V) |
| 0,14 | 20 000 | | | |
| 0,64 | 20 000 | | | |
| 1,14 | 20 000 | | | |

4. İŞİN APARILMA QAYDASI

1. Şəkil 1-də göstərilən «K» açarını qapamalı; polarizə relesinə 10 (V) sinusoidal gərginlik verməli, universal mənbədən kondensatora $U_C(0)=10(V)$ sabit gərginlik verməli; aktiv müqavimətə ardıcılıqla $r=20000;30000;40000$ (Om) qiymətləri verməklə, elektron ossilloqrafda hər bir hal üçün kondensatorun boşalma əyrisini müşahidə etməli və ekrandan köçürməli.

2. Alınmış əyridən istifadə edərək, hər hal üçün dövrənin τ zaman sabitini, onun τ_{or} orta qiymətini və kondensatorun tutumunun qiymətini təyin etməli. Alınmış nəticələri cədvəl 3-də qeyd etməli.

Cədvəl 3.

| Sıra №-si | Verilir | | Ölçməli | | Hesablamalı | | |
|-----------|-----------|----------|----------------|----------------|--------------|-------------------|-----------|
| | C (mkF) | r (Om) | $U_C(t_1)$ (V) | $U_C(t_2)$ (V) | τ (san) | τ_{or} (san) | C (mkF) |
| 1 | 0,14 | 20 000 | | | | | |
| 2 | 0,14 | 30 000 | | | | | |
| 3 | 0,14 | 40 000 | | | | | |

3. Yuxarıda aparılan qaydalara əsasən, $r = 20000(Ohm)$ olan halda tutuma $C = 0,14; 0,64; 1,14 (mkF)$ qiymətləri verməklə, təcrübənin nəticələrini cədvəl 4-də qeyd etməli və cədvəl 3-də olduğu kimi tələb olunan τ zaman sabitini, τ_{or} və C qiymətlərini hesablamalı.

Cədvəl 4.

| Sıra №-si | Verilir | | Ölçməli | | Hesablamalı | | |
|-----------|---------|--------|----------------|----------------|--------------|-------------------|---------|
| | C (mkF) | r (Om) | $U_c(t_1)$ (V) | $U_c(t_2)$ (V) | τ (san) | τ_{or} (san) | C (mkF) |
| 1 | 0,14 | 20 000 | | | | | |
| 2 | 0,64 | 20 000 | | | | | |
| 3 | 1,14 | 20 000 | | | | | |

II HİSSƏ.

KONDENSATORUN ARDICIL BİRLƏŞMİŞ AKTİV VƏ İNDUKTİV MÜQAVİMƏTLƏRƏ BOŞALMASI

5. İŞƏ HAZIRLIQ

1. Ardıcıl birləşmiş aktiv, induktiv və tutum elementləri olan dövrədə yaranan keçid proseslərini öyrənməli.
2. Tutumu $C = 0,14 (mkF)$ və sıxaslarındakı gərginlik $U_c(0) = 10 (V)$ olduqda ardıcıl birləşmiş aktiv müqaviməti $r_L = 77 (Ohm)$ və induktivliyi $L = 80 (mHn)$ olan dövrədə sönmə əmsalını δ , sönən rəqslərin periodunu T_s və tutumun sıxaclarında gərginliyin boşalma qanununu hesablamalı və nəticələri cədvəl 5-də yazmalı.

Cədvəl 5.

| Verilir | | | | Hesablamalı | | |
|------------|-----------|---------|--------------|------------------|-------------|--------------|
| r_L (Om) | L (mHn) | C (mkF) | $U_c(0)$ (V) | δ (1/san) | T_s (san) | $U_c(t)$ (V) |
| 77 | 80 | 0,14 | 10 | | | |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|

6. İŞİN APARILMA QAYDASI

1. Şəkil 1-də göstərilən «K» açarını açmalı, I hissədə olduğu kimi aşağıdakı 3 halda təcrübəni aparmalı:

a) $C = 0,14$ (mkF) və $L = 80$ (mHn) sabit saxlayaraq, $r_L = 77;100;150$ (Om) qiymətləri verməklə təcrübəni aparmalı, nəticələri cədvəl 6-da qeyd etməli. b)

$C = 0,14$ (mkF) və $r_L = 77$ (Om) sabit saxlayaraq, $L = 70;80;90$ (mHn) qiymətləri verməklə təcrübəni aparmalı, nəticələri cədvəl 7-də yazmalı.

2. Təcrübənin nəticələrinə əsasən hər hal üçün müvafiq cədvəllərdə göstərilən kəmiyyətləri hesablamalı.

Cədvəl 6.

| Verilir | | | Ölçməli | | Hesablamalı | | |
|-----------|-----------|----------|------------|------------------|-------------|------------|-----------|
| C | L | r | $U_C(t_1)$ | $U_C(t_1 + T_s)$ | T_s | ω_s | δ |
| (mkF) | (mHn) | (Om) | (V) | (V) | (san) | ($1/s$) | ($1/s$) |
| 0,14 | 80 | 77 | | | | | |
| 0,14 | 80 | 100 | | | | | |
| 0,14 | 80 | 150 | | | | | |

Cədvəl 7.

| Verilir | | | Ölçməli | | Hesablamalı | | |
|-----------|-----------|----------|------------|------------------|-------------|------------|-----------|
| C | L | r | $U_C(t_1)$ | $U_C(t_1 + T_s)$ | T_s | ω_s | δ |
| (mkF) | (mHn) | (Om) | (V) | (V) | (san) | ($1/s$) | ($1/s$) |
| | | | | | | | |
| 0,14 | 70 | 77 | | | | | |
| 0,14 | 80 | 77 | | | | | |
| 0,14 | 90 | 77 | | | | | |

3. Tutumun $C = 0,14$ (mkF), induktivliyin $L = 70;80;90$ (mHn) qiymətlərində kritik müqaviməti r_{kr} nəzəri hesablamalı və təcrübi yolla yoxlamalı, nəticələri cədvəl 8-ə yazmalı.

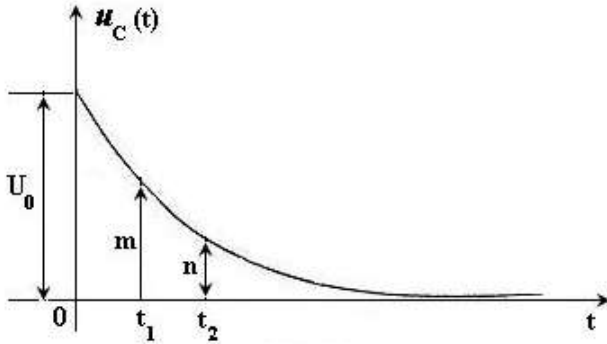
Cədvəl 8.

| Verilir | | r_{kr} (Om) | |
|---------------|---------------|-------------------|---------|
| C (mkF) | L (mHn) | Hesablamalı | Ölçməli |
| 0,14 | 70 | | |
| 0,14 | 80 | | |
| 0,14 | 90 | | |

7. METODİK GÖSTƏRİŞ

1. Kondensatorun r müqavimətinə boşalma əyrisinə əsasən (şəkil 2) sxemin zaman sabitini (τ) müxtəlif zamanlara uyğun olan iş gərginliyinin qiymətlərinin nisbətindən istifadə edərək tapırlar:

$$\frac{u_C(t_1)}{u_C(t_2)} = \frac{U_0 e^{-\frac{t_1}{\tau}}}{U_0 e^{-\frac{t_2}{\tau}}} = \frac{m}{n}; \quad \tau = \frac{t_2 - t_1}{\ln \frac{m}{n}}; \quad \tau = RC$$

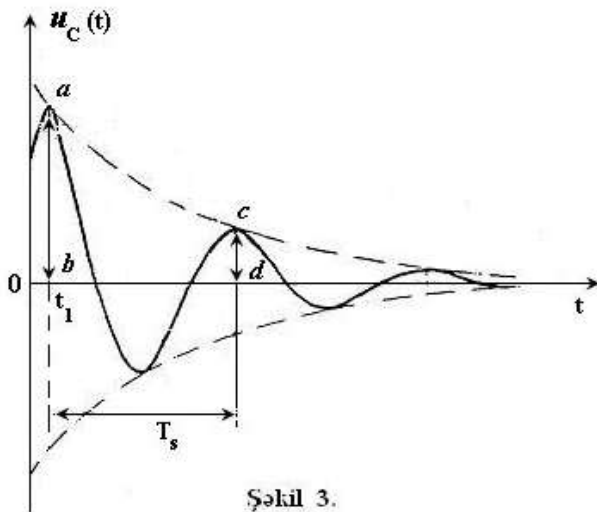


Şəkil 2.

2. Kondensatorun tutumu məlumdursa, onda onun sıxaslarındakı gərginliyin zaman etibarilə periodik boşalma halına uyğun olan dəyişmə əyrisinə əsasən dövrənin aktiv müqavimətini təyin etmək mümkündür. Bunun üçün gərginliyin ossilloqramında göstərilən (şəkil 3) t_1 və $t_1 + T_s$ zamanlarına uyğun qiymətlərinin nisbətindən istifadə edilir, yəni

$$\frac{u_C(t_1)}{u_C(t_2)} = \frac{U_{Cm} e^{-\delta t_1} \sin(\omega_0 t_1 + \psi)}{U_{Cm} e^{-\delta(T_s + t_1)} \sin(\omega_0(T_s + t_1) + \psi)} = e^{\delta T_s} = \frac{ab}{cd}$$

Buradan sönmə əmsal belə tapılır: $\delta = \frac{1}{T_s} \ln \frac{ab}{cd}$



Şəkil 3.

Daha sonra $\omega_s = \frac{2\pi}{T_s}$ olduğunu bilərək, rəqs konturunun xüsusi bucaq tezliyi təyin edilir.

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} = \delta^2 - \omega_s^2$$

Buradan induktivlik, sonra isə aktiv müqavimət aşağıdakı kimi tapılır:

$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C}; \quad r = 2L\delta$$

3. Kritik hala uyğun gələn aktiv müqavimət $\frac{r^2}{4L^2} = \frac{1}{LC}$ şərtindən tapılır:

$$r_{kr} = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

LABORATORİYA İŞİ № 15

PASSIV DÖRDQÜTLÜNÜN TƏDQIQI

1. İŞİN MƏQSƏDİ

1. Dördqütblünün A formalı əmsallarının təcrübi üsulla təyini.
2. Dördqütblünün xarakteristik müqavimətlərinin və yayılma əmsalının təyini.
3. Dördqütblünün T və II şəkilli əvəz sxemlərinin parametrlərinin təyini.

2. QURĞUNUN İZAHI

Laboratoriya qurğusunda 2 giriş və 2 çıxış sıxaclarına malik olan dördqütblüdən istifadə edilir. Onun iş rejimini yoxlamaq məqsədilə çıxış sıxaclarına qoşulan müqavimət aktiv karakter daşıyır.

İSTİFADƏ OLUNAN CİHAZ VƏ AVADANLIQLAR

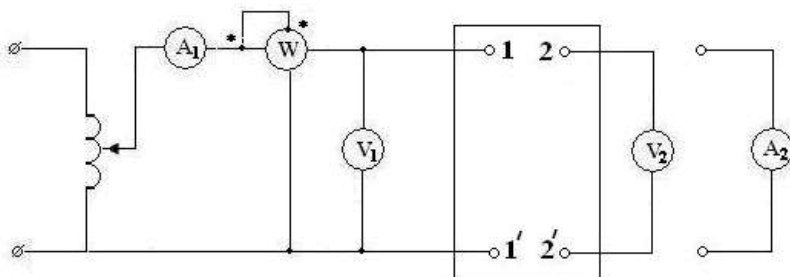
| | Cihaz və avadanlıqların adı | Tipi | Ölçü həddi | Dəqiqlik sinfi | Sayı |
|---|-----------------------------|---------|----------------------------|----------------|------|
| 1 | Dördqütblü | - | - | - | 1 |
| 2 | Vattmetr | D 5004 | $0,5 \div 3000 \text{ Vt}$ | 0,5 | 1 |
| 3 | Voltmetr | Ə 545 | $75 \div 600 \text{ V}$ | 0,5 | 2 |
| 4 | Ampermetr | Ə 538 | $2,5 \div 5 \text{ A}$ | 0,5 | 2 |
| 5 | Avtotransformator | LATR-10 | 250 V | - | |
| 6 | Rcostat | RSP | 63 P2 | - | |

3. İŞƏ HAZIRLIQ

1. Dördqütblünün xarakteristik müqavimətlərinin və yayılma əmsalının yüksüz işləmə və qısa qapanma təcrübələrinin nəticəsinə əsasən təyin olunmasını göstərməli.
2. Dördqütblünün əmsallarının təcrübə yolu ilə təyin olunması qaydasını göstərməli.

4. İŞİN APARILMA QAYDASI

1. Şəkil 1-də göstərilən sxemi yığmalı.



Şəkil 1.

2. Dördqütblünün 1-1' sıxacları şəbəkəyə qoşulan halda yüksüz iş rejimi təcrübəsini aparmalı ($R_y = \infty$). Bu halda dördqütblünün girişinə verilən U_{1y} gərginliyini tədricən U_{1NOM} qiymətinə qədər artırmalı. Cihazların göstərişlərini cədvəl 1-in «a» bəndinə qeyd etməli.

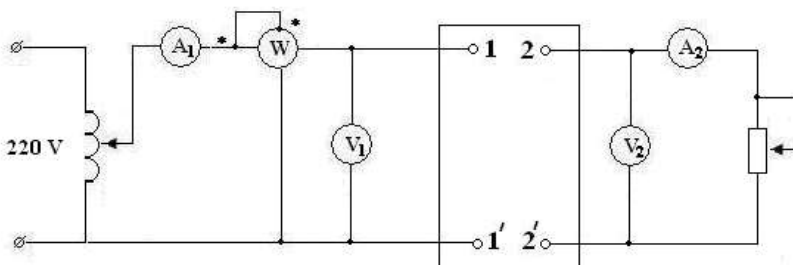
QEYD: Təqdim olunan dördqütblü üçün $U_{1NOM} = 127V$, $U_{2NOM} = 24V$.

3. Dördqütblünün 1-1' / sıxacları şəbəkəyə qoşulan halı üçün qısa qapanma iş rejimi təcrübəsini aparmalı $R_y = 0$ (bunun üçün şəkil 1-də V_2 voltmetri əvəzinə A_2 ampermetri qoşulur). Bu halda da dördqütblünün giriş sıxaclarına verilən U_1 gərginliyini çıxışında cərəyanın qiyməti $I_2 = I_{2NOM}$ olana qədər artırmalı. Cihazların göstərişlərini cədvəl 1-in «b» bəndinə qeyd etməli.

Cədvəl 1

| № | U_1 | U_2 | I_1 | I_2 | P |
|---|-------|-------|-------|-------|------|
| | V | V | A | A | Wt |
| a | | | | | |
| b | | | | | |
| v | | | | | |

4. Dördqütblünün 1-1' sıxacları şəbəkəyə qoşulan halda yüklü iş rejimi təcrübəsini (şəkil 2) aparmalı. Bu halda dördqütblünün girişinə $U_1 = U_{1NOM}$ gərginliyi verməli və yük müqavimətini tənzimləməklə $I_2 = I_N$ halı üçün ölçü cihazlarının göstərişlərini cədvəl 1-in «v» bəndinə qeyd etməli.



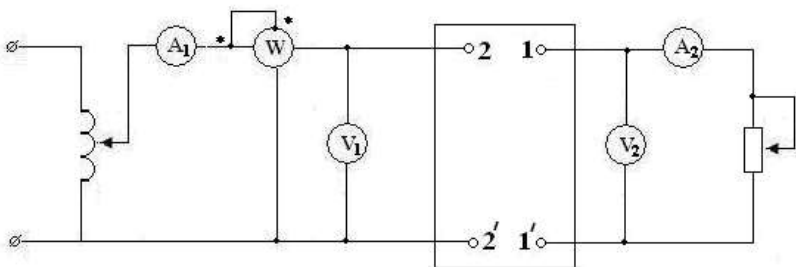
Şəkil 2.

5. Dördqütblünün 1-1' sıxacları tərəfindən doydurularkən onun yük şəraitindəki iş rejimini xarakterizə edən parametrlərinin qiymətlərini yüksüz işləmə və qısa qapanma təcrübələrinin nəticələrindən istifadə edərək qondarma metoduna əsasən yoxlamalı (y.i.-yüksüz işləmə, q.q. – qısa qapanma)

$$I_1 = I_{y1} + I_{1q.q.}, \quad U_1 = U_{y1} + U_{1q.q.}$$

6. Şəkil 3-də göstərilən sxem üzrə (2-2' sıxacları dövrəyə qoşulan halı) dördqütblü üçün çıxış sıxacları tərəfindən yüksüz iş rejimi təcrübəsini aparmalı. Bu halda dördqütblünün 2-2' sıxaclarına verilən U_2 gərginliyini U_{2NOM} qiymətə qədər tədricən artırmalı. Cihazların göstərişlərini cədvəl 2-nin «a» bəndinə qeyd etməli.

7. Dördqütblü 2-2' çıxış sıxaclarından doydurularkən qısa qapanma iş rejimi təcrübəsini aparmalı. Ondan ötrü şəkil 3-də göstərilən sxemdə 1-1' sıxacları tərəfindən axan cərəyan $I_1 = I_{1NOM}$ olana qədər 2-2' sıxaclarına verilən gərginlik tədricən artırılır. Cihazların göstərişlərini cədvəl 2-nin «b» bəndinə qeyd etməli.



Şəkil 3.

Cədvəl 2

| Nö | $U_1'(V)$ | $U_2'(V)$ | $I_1'(A)$ | $I_1'(A)$ | $P_2'(W)$ | Qeyd |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|
| a | | | | | | |
| b | | | | | | |

7. Tədqiq olunan dördqütblü üçün cədvəl 3-də göstərilən kəmiyyətləri hesablamalı.

Cədvəl 3

| Z_{1yi} | Z_{1qq} | Y_{1yf} | Y_{2yi} | Z_{2yi} | Z_{2qq} | Z_{C1} | Z_{C2} |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| | | | | | | | |
| A_{11} | A_{12} | A_{22} | A_{21} | g | a | b | A_{11} |
| | | | | | | | |

9. Dördqütblünün T və Π şəklinin əvəz sxemlərinin parametrlərini hesablamalı. Nəticəni cədvəl 4-ə qeyd etməli (Şəkil 5-ə bax).

Cədvəl 4

| № | Z_1 | Z_2 | Z_0 | Y_1 | Y_2 | Y_0 |
|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|
| | Om | Om | Om | Om^{-1} | Om^{-1} | Om^{-1} |
| ŞƏKİL | | | | | | |
| | | | | | | |

10. Hesabatın nəticəsindən istifadə edərək dördqütblünün tənliklərini aşağıdakı kəmiyyətlər vasitəsilə yazmalı:

A_{11} , A_{12} , A_{22} , A_{21} əmsalları ilə və Z_{C1} , Z_{C2} , g parametrləri ilə

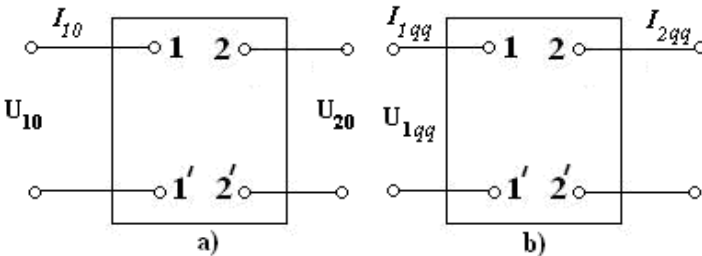
5. METODİK GÖSTƏRİŞ

Dördqütblünün əmsallarını təcrübi üsulla təyin etmək üçün, // A // formalı tənliklərdən istifadə edilir.

$$\begin{aligned} U_1 &= A_{11} U_2 + A_{12} I_2 \\ I_1 &= A_{21} U_2 + A_{22} I_2 \end{aligned} \quad (1)$$

Dördqütblü 1-1' sıxacları tərəfindən doydurularkən (şəkil 4-ə) yüksüz iş rejimində

$$(R_y = \infty) \quad I_2 = 0 \quad U_1 = U_{yi} \quad I_1 = I_{yi} \quad R_1 = R_{yi} \quad \text{olur.}$$



Şəkil 4.

$$\begin{aligned} U_{1y.i} &= A_{11} U_{2y.i} \\ I_{1y.i} &= A_{21} U_{2y.i} \end{aligned} \quad (2)$$

Buradan dördqütblünün 1-ci tərəf sıxaclarına nəzərən giriş müqaviməti belə tapılır :

$$\begin{aligned} Z_{yi} &= \frac{U_{yi}}{I_{yi}} = \frac{A_{11}}{A_{21}} = Z_{yi} e^{j\varphi_{10}} \\ Z_{yi} &= \frac{U_{1yi}}{I_{1yi}} \quad \varphi_{10} = \arccos \frac{P_{1yi}}{I_{1yi} U_{1yi}} \end{aligned}$$

qısa qapanma iş rejimində isə (şəkil 4b) $U_2=0$ $U_1=U_{gg}$, $I_1=I_{1qq}$, $R_1=R_{1qq}$ olur. Bu halda (1) tənliyi belə yazılır:

$$U_{1q.q} = A_{12} I_{2q.q} \quad I_{1q.q} = A_{22} I_{2q.q} \quad (3)$$

Buradan dördqütblünün 1-ci tərəf sıxaclarına nəzərən giriş müqaviməti belə tapılır:

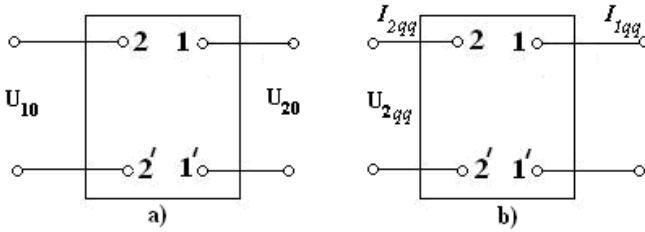
$$Z_{1gg} = \frac{U_{1gg}}{I_{1gg}} = \frac{A_{12}}{A_{22}} ; \quad \varphi_{1qq} = \arccos \frac{P_{1qq}}{U_{1qq} I_{1qq}} ; \quad Z_{1gg} = \frac{U_{1qq}}{I_{qq}}$$

Əgər təyin olunan dördqütblü simmetrikdirsə, onda onun əmsallarını təyin etmək üçün qurulan (2) və (3) tənlikləri kifayətdir. Bu halda dördqütblünün əmsallarını təyin etmək üçün aşağıdakı sistem tənliyi alınır.

$$\frac{A_{11}}{A_{21}} = Z_{1yi} ; \quad \frac{A_{12}}{A_{22}} = Z_{1qq} ; \quad A_{11} \cdot A_{22} - A_{12} \cdot A_{21} = 1 ; \quad A_{11} = A_{22}$$

Dördqütblünün qeyri simmetrik $A_{11} \neq A_{22}$ olan halı üçün əlavə sərbəst tənlik alınır.

Dördqütblü çıxış sıxacları tərəfindən doydurularkən yüksüz işləmə və ya qısa qapanma rejiminə uyğun təcrübə (şəkil 5a) aparılır.



Şəkil 5.

$$U_2' = A_{22}U_1' + A_{12}I_1'$$

Dördqütblü çıxış sxemləri tərəfindən doydurulduqda onun tənlikləri belə şəkil alır:

$$\begin{aligned} U_2' &= A_{22}U_1' + A_{12}I_1' \\ I_2' &= A_{21}U_1' + A_{11}I_1' \end{aligned} \quad (5)$$

Yüksüz iş rejimində (şəkil 5, a) $I_1' = 0$ və $U_2' = U_{2yi}$

$$I_2' = I_{2yi} \quad R_2 = R_{2yi}$$

Bu halda giriş müqaviməti

$$\begin{aligned} Z_{2yi} &= \frac{U_{2yi}}{I_{2yi}} = \frac{A_{22}}{A_{21}} = Z_{2yi} e^{j\varphi_{2yi}}; Z_{2yi} = \frac{U_{2yi}}{I_{2yi}} \\ \varphi_{2yi} &= \arccos \frac{P_{2yi}}{U_{2yi} I_{2yi}} \end{aligned} \quad (6)$$

Qısa qapanma iş rejimində (şəkil 5, a) isə

$$U_1' = 0 \quad U_2' = U_{2qq} \quad I_2' = I_{2qq} \quad I_{1qq} = I_1' \quad R_2' = R_{2qq}$$

Bu halda giriş müqaviməti

$$Z_{2qq} = \frac{U_{2qq}}{I_{2qq}} = \frac{A_{12}}{A_{11}} = Z_{2qq} e^{j\varphi_{2qq}}; Z_{2qq} = \frac{U_{2qq}}{I_{2qq}}$$

$$\varphi_{2yi} = \arccos \frac{P_{2qq}}{U_{2qq} I_{2qq}} \quad (7)$$

Qeyri-simmetrik dördqütblünün $(A_{11} \neq A_{22})$ əmsallarını təyin etmək üçün (2) və (3) tənlikləri $A_{11}A_{22} - A_{12}A_{21} = 1$ (6) şərti, yaxud (7) tənliklərindən birində istifadə olunur. Bu tənlikləri bir yerdə həll etməklə

$$A_{12} = A_{11} \cdot Z_{2qq} \quad A_{21} = \frac{A_{11}}{Z_{2yi}} \quad A_{22} = \frac{A_{11}}{Z_{1yi}} \cdot Z_{2yi}$$

alırıq.

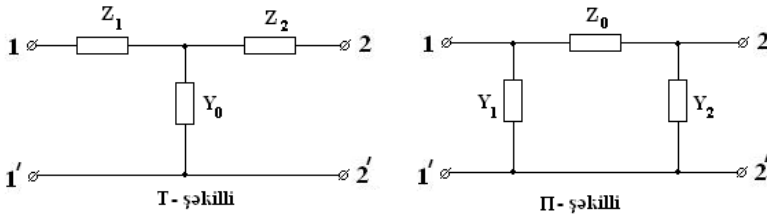
Dördqütblünün xarakteristik müqavimətləri belə hesablanır.

$$Z_{C1} = \sqrt{\frac{A_{11}A_{12}}{A_{21}A_{22}}} = \sqrt{Z_{1yi}Z_{1qq}}; Z_{C2} = \sqrt{\frac{A_{22}A_{21}}{A_{11}A_{12}}} = \sqrt{Z_{2yi}}.$$

Yayılma əmsalı isə $\gamma = \sqrt{A^2 + BC}$

Dördqütblünün T və Π şəkilli əvəz sxemləri şəkil 6-da göstərilmişdir.

Əvəz sxemlərinin parametrləri $//A//$ formalı əmsallar vasitəsilə təyin edilir.



Şəkil 6.

LABORATORİYA İŞİ № 16

DƏMİR NÜVƏLİ SARĞACIN TƏDQIQI

1. İŞİN MƏQSƏDİ

1. Dəmir nüvəli sarğacın ekvivalent əvəz sxeminin parametrlərini onun müxtəlif iş rejimlərinə görə təyin etmək.
2. Hesabat və təcrübədən alınmış kəmiyyətlərə əsasən sarğacın vektor diaqramını qurmaq.

2. QURĞUNUN İZAHİ

İşdə sinusoidal gərginlik mənbəyi kimi 50 Hz tezlikli, 220 V gərginlikli sənaye elektrik şəbəkəsindən, sxemə verilən gərginliyi tənzim etmək üçün işə laboratoriya avtotransformatorundan (LATR) istifadə edilir.

Təcrübəni aparmaq üçün lazım olan cihaz və avadanlıqlar aşağıda göstərilmişdir:

| | Cihaz və avadanlıq | Cihazın tipi | Dəqiqlik sinfi | Ölçü həddi | Sayı |
|---|---------------------|--------------|----------------|------------|------|
| 1 | Ampermetr | ACT | 0,5 | 0,5 A | 1 |
| 2 | Voltmetr | ACTB | 0,5 | 0÷150 B | 1 |
| 3 | Vattmetr | ACTD | 0,5 | 0÷750 Vt | 1 |
| 4 | LATR | PHO-250 | - | - | 1 |
| 5 | Polad nüvəli sarğac | - | - | - | 1 |

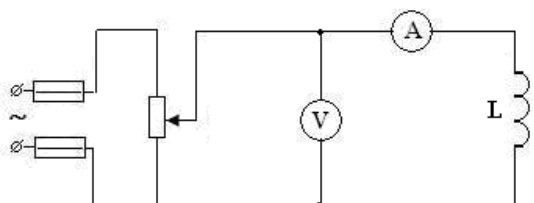
3. İŞƏ HAZIRLIQ

6. Ölçü cihazlarının göstərişlərinə əsasən sarğacın əvəz sxeminin parametrlərini təyin etməli (metodik göstərişə əsaslanmalı).

7. Əvəz sxeminə əsasən sarğacın vektor diaqramını qurmali.

4. İŞİN APARILMA QAYDASI

1. Şəkil 1-də göstərilən sxemi yığmalı.
2. Ampermetr və voltmetrin göstərişlərini giriş gərginliyinin müxtəlif qiymətlərində cədvəl 1-də yazmalı.

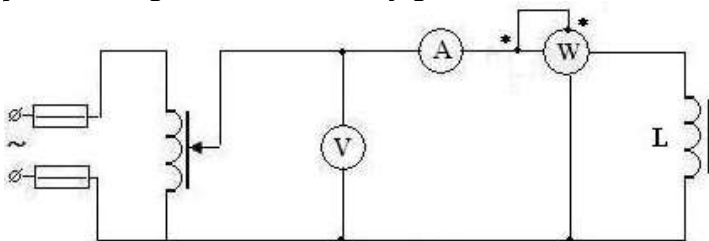


Şəkil 1.

Cədvəl 1

| № | U | I | R |
|---|---|---|----|
| | V | A | Om |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |

3. Şəkil 2-də göstərilən sxemi yığmalı.



Şəkil 2.

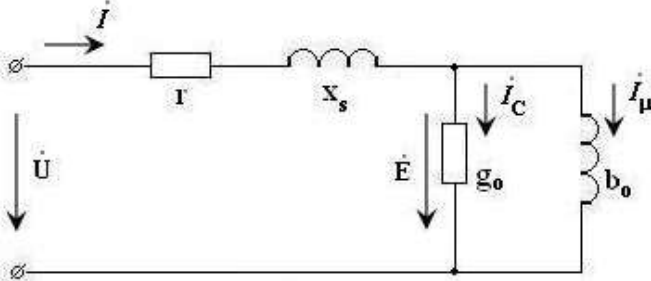
4. Cihazların göstərişlərini cədvəl 2-yə yazmalı.

Cədvəl 2

| № | Ölçü | | | Hesabat | | | | |
|---|------|-----|------|---------|----------|-------|-------|------|
| | U | I | P | R | x_{is} | g_U | b_o | z |
| | V | A | Vt | Om | Om | Sim | Sim | Om |
| | | | | | | | | |

5. Ölçülmüş kəmiyyətlərə əsasən ekvivalent əvəz sxeminin (şəkil 3) aşağıdakı parametrlərini hesablamalı:

a) sarğacın aktiv müqaviməti r ; b) sarğacın səpələnmə induktiv müqaviməti x_s ; c) əvəz sxeminin eninə qolunun aktiv və reaktiv keçiricilikləri (g_o və b_o); d) tam müqavimət z .



Şəkil 3.

6. Hesablanmış kəmiyyətlərə əsasən $g_o(l)$ və $b_o(l)$ asılılıqlarını qurmalı.

7. Bir hal üçün miqyasla vektor diaqramını (şəkil 4) qurmalı.

5. METODİK GÖSTƏRİŞ

1. Əvəz sxəminin x_s , g_0 və b_0 parametrlərini tapmaq üçün E-məlum olmalıdır. Təcrübə üsulu ilə E-ni tapmaq çətin olduğundan onu aşağıdakı kimi tapmalı:

$$\dot{U} = (r + jx_s) \cdot \dot{I} - \dot{E} \quad (1)$$

Maqnit selini həqiqi ox istiqamətində yönəldilmiş qəbul edib, vektor diaqramından alırıq:

$$\dot{I} = \dot{I}_\mu + j \dot{I}_C \quad \text{və} \quad \dot{E} = -j \dot{E}$$

$$\text{Onda} \quad \dot{U} = \left(r \dot{I}_\mu - x_s \dot{I}_C \right) + j \left(x_s \dot{I}_\mu + r \dot{I}_C + \dot{E} \right) \quad (2)$$

Tutaq ki, təcrübə $U=170$ V gərginlikdə aparılır, onda növbə ilə e.h.q-ni 170, 160, 150, 140 V qəbul edib, E-nin hər qiyməti üçün gərginliyi aşağıdakı kimi hesablamalı və $E=f(U)$ əyrisini qurmalı.

$$U = \sqrt{(rI_C + x_s I_\mu + E)^2 + (rI_\mu - x_s I_C)^2} \quad (3)$$

$$I_C = \frac{P - I^2 r}{E} \quad (4)$$

$$I_\mu = \frac{1}{E} \sqrt{(IE)^2 - (P - rI^2)^2} \quad (5)$$

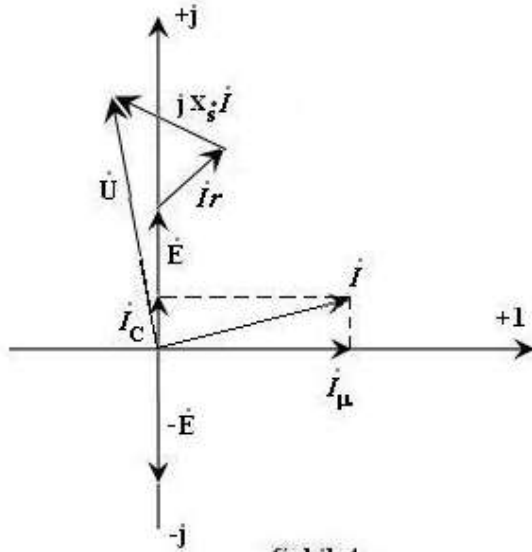
$$x_s = \frac{1}{I^2} \sqrt{(UI)^2 - P^2} - \frac{1}{I^2} \sqrt{(IE)^2 - (P - rI^2)^2} \quad (6)$$

$E=f(U)$ əyrisindən verilmiş gərginliyə uyğun həqiqi E -ni tapmalı və bu qiymətə əsasən əvəz sxeminin aşağıdakı parametrlərini də tapmalı.

$$g_0 = \frac{P - rI^2}{E^2} \quad (7)$$

$$b_0 = \frac{\sqrt{(IE)^2 - (P - rI^2)}}{E} \quad (8)$$

$$x_0 = \frac{1}{I^2} \sqrt{(IE)^2 - (P - rI^2)^2}$$



Şəkil 4.

LABORATORİYA İŞİ № 17

BİR FAZLI TRANSFORMATORUN TƏDQIQI

1. İŞİN MƏQSƏDİ

1. Transformatorun ekvivalent əvəz sxeminin parametrlərini təyin etmək.
2. Onun yüksüz, qısa qapanma və yük şəraitindəki iş rejimlərinin tədqiqi.
3. Aparılan ölçülərə əsasən həmin rejimlərə uyğun vektor diaqramlarının qurulması.

2. QURĞUNUN İZAHİ

İşdə tədqiq edilən transformatordan, onu doydurmaq üçün sinusoidal mənbə kimi 50 Hz tezlikli, gərginliyi 220 V olan sənaye elektrik şəbəkəsindən, işlədici kimi reostatlardan və induktivlikdən istifadə edilir.

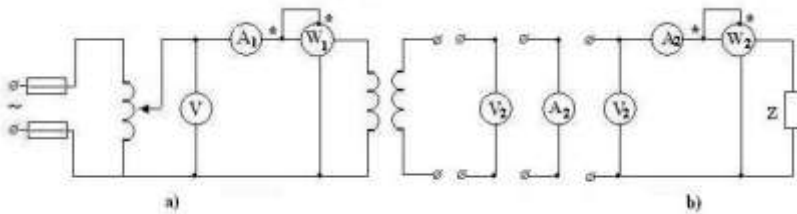
İSTİFADƏ OLUNAN AVADANLIQLAR VƏ CİHAZLAR

| № | Cihaz və avadanlıqların adı | Cihazın tipi | Dəqiqlik sinfi | Ölçü həddi | Sayı |
|---|-----------------------------|--------------|----------------|------------------|------|
| 1 | Ampermetr | E538 | 0,5 | $2,5 \div 5$ A | 2 |
| 2 | Voltmetr | E545 | 0,5 | $7,5 \div 600$ V | 2 |
| 3 | Vattmetr | D 5004 | 0,5 | $0 \div 3000$ Vt | 2 |
| 4 | Transformator | | | 127/24 | 1 |
| 5 | Reostat | | | | 2 |
| 6 | İnduktivlik | - | - | - | 1 |
| 7 | LATR | - | - | - | 1 |

3. İŞƏ HAZIRLIQ

1. Transformatorun transformasiya əmsalı üçün ifadələri yazmalı.
2. Transformatorun yüksüz iş və qısa qapanma təcrübələrinin əhəmiyyətini göstərməli və onların yerinə yetirilmə qaydalarını öyrənməli.
3. Bu təcrübədən alınmış ölçülərə əsasən transformatorun yük şəraitini təmsil edən ekvivalent əvəz sxeminin parametrlərinin təyin edilməsini göstərməli.
4. Transformatorun ikinci tərəf kəmiyyətlərini birinci tərəf dolağına gətirməyi göstərməli.
5. Əvəz sxemindən istifadə edərək parametrlərin köməyi ilə transformatorun vektor diaqramını qurmali.

4. İŞİN APARILMA QAYDASI



Şəkil 1.

1. Şəkil 1(a)-da göstərilən sxemi yığmalı. Voltmetri transformatorun (2-2') sığaclarına qoşmalı (yüksüz iş təcrübəsi). Cihazların göstərişlərini cədvəl 1-ə yazmalı.
2. Cihazların (2-2') sığaclarına ampermetr (şəkil 1, a) qoşmalı (qısa qapanma təcrübəsi). Bu halda U_1 gərginliyini LATR vasitəsilə sıfırdan tədricən $I_L = I_{NOM}$ olana qədər artırmalı. ($I_L = I_{NOM}$ qısa qapanma cərəyanı adlanır). Cihazların göstərişlərini cədvəl 1-ə yazmalı.

Cədvəl 1

| Rejimlər | U_1 | I_1 | P_1 | U_L | I_L | P_L | Qeyd |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | V | A | Vt | V | A | Vt | |
| Yüksüz iş | | | | | | | |
| Qısa qapanma | | | | | | | |
| Aktiv yük | | | | | | | |
| Aktiv-induktiv yük | | | | | | | |

- Transformatorun (2-2') sıxaclarına işlədicini (şəkil 1, b) sxemdə göstərildiyi kimi qoşmalı. Yük olaraq bir dəfə yalnız reostat (aktiv yük), ikinci dəfə isə reostatla ardıcıl induktivlik (aktiv-induktiv yük) qoşmalı. Ölçü cihazlarının göstərişlərini cədvəle yazmalı.
- Təcrübələrin nəticələrinə əsasən transformatorun əvəz sxeminin parametrlərini hesablamalı və nəticəni cədvəl 2-yə yazmalı.

Cədvəl 2

| | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| r_1 | x_{S1} | r_0 | x_0 | r_2 | x_{S2} | r | x |
| <i>Om</i> | <i>Om</i> | <i>Om</i> | <i>Om</i> | <i>Om</i> | <i>Om</i> | <i>Om</i> | <i>Om</i> |
| | | | | | | | |

- Transformatorun əvəz sxemini çəkməli.
- Əvəz sxeminə əsasən transformatorun vektor diaqramını qurmalı.

5. METODİK GÖSTƏRİŞ

Transformatorun vektor diaqramını qurduqda ikinci tərəf kəmiyyətlərini birinci tərəfə gətirməli:

$$n = \frac{w_1}{w_2};$$

qəbul etdikdə: $r_2' = n^2 r_2; x_{2s}' = n^2 x_{2s};$

$$I_2' = \frac{I}{n} I_2; U_2' = n U_2; Z_n' = n^2 Z_n$$

olduğunu nəzərə almalı.

Ə D Ə B İ Y Y A T

1. Seyidov F.İ. Elektrik dövrələri nəzəriyyəsinin əsasları. I hissə. Bakı: «Çaşıoğlu», 2003, 388 s.
2. Kazımsadə Z.İ. Elektrotexnikanın nəzəri əsasları. Bakı, 2002, 646 s.
3. Kazımsadə Z.İ. Xətti elektrik dövrələri. Bakı, 2012.
4. Kazımsadə Z.İ. Qeyri-xətti elektrik dövrələri. Azərnəşr, 2002.
5. Kazımsadə R.Z. Elektrik dövrələrinin nəzəriyyəsi. Bakı, 2000, 180 s.
6. Kazımsadə R.Z. Nəzəri elektrotexnika. Bakı, 2003, 223 s.
7. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. М.: Высшая школа, 1984, 559 с.
8. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники. Часть 1. Линейные электрические цепи. «Энергия», 1966, 320 с.
9. Зевеке Г.В. Ионкин П.А., Нетушил А.В., Страхов С.В., Основы теории цепей. М.: Энергоатомиздат, 2019, 528 с.
10. Попов В.Н. Основы теории цепей. М.: Высшая школа, 2005, 495 с.
11. Лесев А.К. Теория линейных электрических цепей. М.: Высшая школа, 2017, 512 с.

MÜNDƏRİCAT

| | |
|--|----|
| Giriş..... | 6 |
| Laboratoriya işlərinə hazırlıq | 6 |
| Laboratoriya işinin təhvilı | 7 |
| Təhlükəsizlik texnikası..... | 7 |
| Elektrik dövrəsi elementlərinin şərti işarələri | 9 |
| Əsas fiziki kəmiyyətlərin şərti işarələri | 10 |
| Ölçü cihazlarının üzərində olan şərti işarələr | 11 |
| Cihazların sistemləri | 12 |
| Elektrik dövrlərində ölçü cihazlarının qoşulması və ölçülərin aparılması | 12 |
| Ölçü cihazlarının bölgü qiymətlərinin təyini | 13 |
| Laboratoriya işi № 1. Sadə sabit cərəyan dövrlərinin tədqiqi. | 17 |
| Laboratoriya işi № 2. Potensialın paylanması tədqiqi..... | 23 |
| Laboratoriya işi № 3. Elektrik dövrəsinin qondarma metodu ilə tədqiqi | 30 |
| Laboratoriya işi № 4. Sabit cərəyanla elektrik enerji verilişinin tədqiqi | 37 |
| Laboratoriya işi № 5. Passiv elementləri ardıcıl və paralel birləşmiş sinusoidal cərəyan dövrlərinin tədqiqi | 42 |
| Laboratoriya işi № 6. Passiv elementləri qarışıq birləşmiş sinusoidal cərəyan dövrəsinin tədqiqi | 49 |
| Laboratoriya işi № 7. Sabit tezlik şəraitində ardıcıl rəqs konturunun tədqiqi | 56 |
| Laboratoriya işi № 8. Ardıcıl rəqs konturunun tezlik xarakteristikasının tədqiqi ... | 63 |
| Laboratoriya işi № 9. Paralel rəqs konturunun sabit tezlik şəraitində tədqiqi | 71 |
| Laboratoriya işi № 10. Paralel rəqs konturunun tezlik xarakteristikasının tədqiqi | 78 |
| Laboratoriya işi № 11. Ulduz birləşmiş üçfazlı dövrlərin tədqiqi | 83 |

| | |
|---|-----|
| Laboratoriya işi № 12. | |
| Üçbucaq birləşmiş üçfazlı dövrələrin tədqiqi | 89 |
| Laboratoriya işi № 13. | |
| İnduktiv rabitəli dövrələrin tədqiqi | 93 |
| Laboratoriya işi № 14. | |
| Kondensatorun boşalmasında yaranan keçid prosesinin tədqiqi..... | 99 |
| Laboratoriya işi № 15. | |
| Passiv dördqütblünün tədqiqi | 106 |
| Laboratoriya işi № 16. | |
| Dəmir nüvəli sarğacın tədqiqi | 114 |
| Laboratoriya işi № 17. | |
| Birfazlı transformatorun tədqiqi | 119 |
| Ədəbiyyat | 123 |