



**Коммерциялық емес
акционерлік
қоғам**

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ

Электр станциялары,
тораптары және жүйелері
кафедрасы

ЭЛЕКТРТЕХНИКАЛЫҚ МАТЕРИАЛТАНУ

5B071800 – Электр энергетикасы, 5B081200- Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету мамандықтарының студенттері үшін зертханалық жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

Алматы 2014

Құрастырушылар: Кузембаева Р.М., Мукашева Р.Т. Электротехникалық материалтану. 5В071800 – Электр энергетикасы, 5В081200- Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету мамандықтарының студенттері үшін зертханалық жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар. – Алматы: АЭЖБУ, 2014. - 28 б.

Әдістемелік нұсқауларда зертханалық сабаққа деген жалпы жағдайлар, оны дайындау, есептеу түрлері келтірілген.

Зертханалық стендтердің және өлшеу аспаптарының толық мінездемелері берілген.

Әрбір зертханалық жұмыстың түсініктемесінде дайындық сұрақтар берілген, өткен материалды қайталау үшін және тәжірибе жүргізуге арналған әдістемелік нұсқаулар келтірілген.

Сурет - 11, кесте. 5, әдебиет көрсеткіші. 8 атау.

Пікір беруші: тех.ғыл.канд., Башкиров М.В.

«Алматы энергетика және байланыс университетінің» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2014 ж. баспа жоспары бойынша басылады.

Кіріспе

Бұл әдістемелік нұсқау 5В071800 – Электр энергетикасы бағытындағы мамандықтар бойынша білім алатын, электртехника материалтану курсының оқыту барысында студенттердің орындайтын зертханалық жұмыстарына жетекші құрал болып табылады. Зертханалық жұмыстар студенттерді белгілі бір процестердің заңдылықтарымен, сынақ әдістерімен және материалдардың түрлерімен, олардың беріктілігін таныстырады. Зертханалық жұмыстар нақты электрлік қондырғыларында жүзеге асырылады.

Зертханалық жұмыстарда зерттеулер электрлік қондырғыларда жүргізілетіндіктен, студенттерге электрлік зертханалардағы электр қондырғыларымен жұмыс істеу кезінде техникалық қауіпсіздік нұсқауларын түсіндіру өте маңызды. Зертханалық жұмыстарды орындауға техникалық қауіпсіздік ережелерін меңгерген, сынақ тапсырған және арнайы нұсқау журналында белгіленген студенттер жіберіледі. Студент техникалық қауіпсіздік ережесін бұзған жағдайда зертханадан шығарылады және келесі сабаққа тек факультет деканы немесе кафедра меңгерушісі келісім берген жағдайда ғана жіберіледі.

Зертханалық жұмысты орындау барысында студент берілген әдістемелік нұсқаудың материалын басшылыққа алуы қажет және міндетті түрде оқытушының нұсқауларына сүйенуі керек. Келесі сабаққа бригаданың әрбір мүшесі орындаған жұмыстың есебін құрастырады. Есеп өте жинақы, сауатты жазылуы тиіс. Талапқа сәйкес келмейтін есептерді оқытушы қабылдамайды. Есеп мазмұнына төмендегілер кіруі тиіс:

- жұмыстың нөмірі және атауы;
- жұмыстың мақсаты;
- негізгі құрал – жабдықтар белгіленген қондырғы сұлбасы;
- тәжірибе және есептеу мәліметтерінің кестесі;
- есептеу формулалары мен алынған тәуелсіздіктер графиктері;
- алынған заңдылықтардың қысқаша сипаттамасы.

Орындалған жұмыс бойынша есеп өткізбеген студенттер келесі сабаққа жіберілмейді. Жұмысты қорғау үшін студенттер бақылау сұрақтарына және ұсынылған әдебиеттерге сәйкес дайындалуы қажет.

1 Зертханалық жұмыс №1. Диэлектриктердегі диэлектрлік шығын бұрышының тангенсін және диэлектрлік өтімділігін анықтау

Жұмыстың мақсаты: электр өрісіндегі диэлектриктің диэлектрлік шығынымен өрістенуін зертеу.

Қатты изоляциялық материалдың ε және $tg\delta$ анықтау.

1.1 Теориялық кіріспе

Диэлектр өтімділігі ε және диэлектрлік шығын бұрышының тангенсі $tg\delta$ диэлектриктердің негізгі мінездемесі болып табылады, себебі ε -диэлектриктердегі электр сыйымдылығының тууының мөлшерін және өрістену қасиетін анықтайды, ал ε диэлектрикте таралатын қуаттың мәнін көрсетеді. Бірақ та $tg\delta$ арқылы диэлектрикте таралған қуаттың мөлшерін анықтай алмаймыз, сондықтан оның мөлшерін жалпы (P) немесе өздік шығын (p) формуласымен есептейміз.

$$P = U^2 \cdot \omega \cdot C_x \cdot tg\delta, [Bm], \quad (1.1)$$

$$= E^2 \frac{\varepsilon \cdot tg\delta \cdot f}{1,8 \cdot 10^{10}}, \left[\frac{Bm}{m^3} \right], \quad (1.2)$$

мұндағы U – кернеу, В;

ω - бұрыштық жиілік, Гц;

C_x – диэлектриктің сыйымдылығы, Ф;

E - электр өрісінің кернеулігі, В/м;

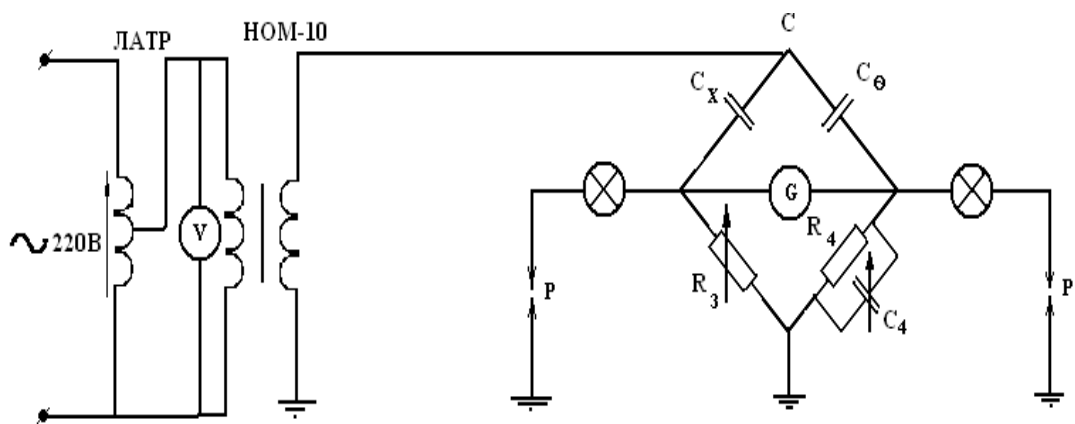
δ - диэлектрлік шығын бұрышы ток пен кернеу фазаларының ығысу бұрышын 90° – қа толықтыратын бұрыш.

ε мен $tg\delta$ - ны анықтайтын практика жүзінде көп қолданылатын әдістер бар, ол үшін диэлектрик үлгісінің геометриялық өлшемдері мен формасы берілген болса, C_x пен ε мәндерін өлшеу және есептеуге болады.

Электроматериалдар үшін ε мен $tg\delta$ - ның температураға байланысы, электрлік және температуралық өрістерде жұмыс істеуі, әсіресе полярлы материалдар үшін, негізгі мінездемелерінің бірі болып табылады.

1.2 Жоғары вольтты тендестіргіш көпірдің принципіалдық сұлбасы

Жиілігі 25-600 Гц аралығында $tg\delta$ мен C_x – ты анықтауға мүмкіндік беретін жоғары вольтты дәнекермен (көпірмен) өлшеу ретін қарастырамыз (1.1 сурет).



1.1 сурет - Жоғары вольтты көпірдің принципіалдық сұлбасы

Айнымалы токты көпірмен жұмыс істегенде көпірдің реттегіш кедергісімен R_3 , сыймдылығын C_4 реттесе, көпірдің екі иығы теңестіріледі де, диагональда минималды ток өтеді. Сол токты нөлиндикатор деген прибор «нөл» - ді көрсетеді.

Нөлиндикатор «нөл» көрсету үшін айнымалы токты көпірдің реттегіш кедергісімен R_3 , сыймдылығын C_4 таңдап алу керек.

Дәнекердегі өлшемдер теңестірілгенде сыймдылықтың C_x өлшемі мына формуламен есептеледі:

$$C_x = C_0 \cdot \frac{R_4}{R_3}, \quad (1.3)$$

мұнда C_0 – үлгі ауа конденсаторының сыймдылығы, пФ конденсаторда көрсетілген.

Сыйымдылықпен C_x , белгілі өлшемдер S және h пен электризациялық материалдардың электр өтімділігін есептейді

$$\varepsilon = \frac{h \cdot C_x}{\varepsilon_0 \cdot S}, \quad (1.4)$$

мұнда h – үлгінің қалыңдығы, м;

S - берілген диэлектр конденсаторының астарлары (электродтардың) ауданы, м²;

$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{Ф/м}$ – электрлік тұрақты.

Көпірдің иықтары $\text{tg } \delta$ теңескенде сандық жағынан көпірдің реттегіш сыйымдылығы C_4 - ға тең

$$\operatorname{tg} \delta = C_4 \quad (1.5)$$

Өлшенетін диэлектрик немесе конденсатор C_x сұлбаға сыймдылығы $100 \pm 10n\Phi$ және тангенс бұрышы $5 \cdot 10^{-3}$ аспайтын үлгі конденсаторы мен (C_0) кедергі R_3 және сыймдылық C_4 дүкендерімен А,В,С,Д нүктелерінде жалғанады. Ток көзі көпірге күшейткіш трансформатор НОМ – 10 арқылы СД нүктелерінде келіп тұр.

R_3 - иығы мөлшері $10x (1000+100+10+0,1)$ Ом. реактивсіз кедергіден тұрады.

Кедергі R_4 сыйымдылыққа C_4 параллель жалғанады.

$$R_4 - \text{өлшемі} \quad \frac{10000}{\pi} = 3183 \text{ Ом құрады.}$$

«Чувствительность», «Х», «У» бұрандасымен бұрай отырып нөлиндикатордың экранында горизонталды түзу сызық шығару керек, оның шектен тыс ұлғаюына және экраннан асып шығуына жол бермеу керек.

1.3 Қондырғыны суреттеу

Жоғарғы вольтты қондырғының бөлімінде қоршалған камерада эталондық конденсатор және трансформатор орналасқан. Сол трансформатордың төменгі кернеулі орамына зертханалық автотрансформатор қосылған, ал жоғары кернеулі ораманың бір шеті жермен (заземлен) байланысқан.

Көпірдің төменгі вольтты Р525 бір бөлшегі қоршаулы камерадан тыс тұр. Ол бірнеше кедергілер мен сыймдылықтардан құралған, оларды теңестіру көпірдің иықтары (плечи моста) арқылы алынады.

Сынақтан өтетін үлгілерде электрод ретінде вазелинмен жұқа жағылып жабыстырылған алюминилық фольга пайдаланылады.

Өлшембелі кернеу төменгі вольтты тізбектегі вольтметрмен өлшенеді. Қауіпсіздік үшін (сынақтағы объект тесілген жағдайда) кедергілер R_4 және R_3 -тың бір жағы жермен терең жалғанған. Көпірдің диагналының екі шетіне неондық лампалар қосылған. Егер де көпірдің төменгі вольтты бөлігінде кернеу 300 В асса сол лампалар арқылы кернеу жерге кетеді. Кішігірім үлгі сыймдылығы өзгергенде, төменгі вольтты дәнекердің кедергісін өзгертетін қосқыш (~) мынандай қалыпта тұру керек.

1.4 Жұмысқа арналған жаттығу

1.4.1 1.1 – суретте сұлба жинаулы.

1.4.2 Күшейткіш трансформатордың алғашқы қысқыштарындағы кернеуді реттейтін кондырғының тұтқасын минималды жағдайда қою керек.

1.4.3 Сыналмалы үлгіні C_x көпірінің иығына қосу керек.

1.4.4 Барлық сыймдылықтардың C_4 және кедергілердің R_4 көрсеткіштерін «0» қалыпқа қойып, соның әсерінен көпірдегі теңсіз жағдайды ұстау керек.

1.4.5 Нөлиндикатордың шунтты минималды ток қамтамасыз ететін күйде тұрады.

1.4.6 Күшейткіш трансформатордың қысқыштарымен кернеуді, ақырын берілген қалыпқа шейін күшейтеміз, сонымен бірге көпірдің неондық разрядниктерді бақылап тұрып (кернеудің мөлшерін мұғалім анықтайды).

Нөлиндикатордың «Чувствительность» бұрандасын сағат тілімен бағыттас бұрай отырып экрандағы сызықты дөңгелекше ұлғайуын бақылаймыз.

1.4.7 Қосқыш П-ні «негізгі көпір» жағдайына қою керек. Бұранданы кезекпен айналдырып декадалар R_3 және C_4 /орта рядты/ теңдігін тауып, ақырын нөлиндикатордың сезімталдығын арттырып «60»-қа жеткіземіз. Нөлиндикатор сезімталдығын теңестірген соң, реттегіштің бұрандасын бұрынғы қалпына келтіреміз. Көпірдің теңдігі - экрандағы дөңгелек горизанталды түзу сызық болады.

1.4.8 Қосқышты «Экран» дәрежесіне қойып «грубо», «тонко» деген екі бұранданы кезекпен бұрап күшейткішті күшейте отырып жарық жолағының минимум мүмкін болатын дәрежесіне келтіреміз, осыдан кейін «жіңішке» деген 2 бұранданы теңестіріп мүмкін болатын минимум жағдайда қоямыз.

Ескерту Егер «грубо» бұрандасы арқылы теңгерілмесе, «тұтылу» полярлығын өзгертеміз.

1.4.9 «П» қосқышты «негізгі көпірдің» жағдайына қойып 1.4.7 бөлімге теңестіру жүргіземіз. Көпірді толық теңестіргенде қосқышты «негізгі дәнекер» жағдайдан ауыстырғанда және керісінше болғанда теңесу бұзылмау керек.

Жұмыстан кейін:

- «Сезімтал» қосқыш «min» жағдайға қою;
- ЛАТР-ды «0» - дәрежесіне шығарып, стендті сөндіру.
- (1.3,1.4,1.5,1.1.) формулалар арқылы C_x , ε , $tg \delta$, P - анықтау.

1.5 Бақылау сұрақтар

1.5.1, ε , $tg \delta$, нені мінездейді?

1.5.2 Көпірдің диагнолында қандай прибор нөлдік прибор болып алынады?

1.5.3 Диэлектриктің ε және $tg \delta$ тапқанда қандай әдіс қолданылады?

1.5.4 Көпірдің диагоналына қосылған разрядниктердің мақсаты қандай?

1.5.5 Техникалық диэлектрикте ε өлшемі қандай шекте болады ?

1.5.6 ε , $tg \delta$, P өлшем бірліктері.

1.5.7 Қандай сызық полярлық диэлектриктің, $\varepsilon = f(T)$ байланысын көрсетеді.

1.5.8 ε және $tg \delta$ қандай максималдық кернеуге дейін түсіруге болады?

1.5.9 Диэлектрик өтімділікті қалай есептеуге болады?

2 Зертханалық жұмыс №2. Техникалық диэлектриктердің электр беріктігін анықтау

Жұмыстың мақсаты: қатты диэлектриктердің электр беріктігін анықтау. Техникалық диэлектриктердің электр беріктігінің статистикалық таралу заңдылығын зерттеу.

2.1 Қысқаша теориялық мәліметтер

Өріс кернеулігінің жоғары мәндерінде қатты диэлектриктерде токтың неғұрлым артуы байқалады және бұл құбылыс экспонент заңына тәуелді. Потенциалдар айырмасының кейбір жоғары мәндеріне жеткен кезде электродтар арасындағы қатты диэлектриктер тесіледі де диэлектрик өзінің өткізбеу қасиетін жоғалтады. Диэлектриктің тесілуін мәжбүр ететін кернеуді, тесу кернеуі дейді – U_T .

Жоғары кернеулерге жеткен кездегі электр өткізгіштігінің стационарлық режимінің бұзылуын электр беріктігінің бұзылуы деп атайды. Қатты диэлектриктердің электр беріктігі өлшемі ретінде біртекті орташа макроскопиялық өрістің кернеулігі алынады – E_T . Бірақ та тесілу алдында орташа макроскопиялық өрістің біртекті қалпына жетуі мүмкін емес. Осыған байланысты тесу кернеулігі біршама жуық ұғым болып саналады да, мына формуламен есептеледі

$$E_T = \frac{U_T}{h}, \quad (2.1)$$

мұндағы U_T – тесілген кездегі кернеу, кВ;

h – сынақтан өткізген диэлектриктің қалыңдығы, мм.

Бірдей жағдайларда техникалық диэлектриктердің тесу кернеуі U_T мен диэлектірлік беріктігін E_T анықтаған кезде, U_T және E_T – лардың көп немесе аз мәнге өзгертіні байқалады, оның себебі қоспалардың болуы, газ қоспалары және олардың диэлектрик көлеміндегі біртекті еместігі. Сонымен бірге, диэлектриктерде материал құрылымының дефектілері болады, ол электр

беріктігінің кейбір мәндерінің өзгеруіне әсер етеді. Сондықтан, оқшаулама заттардың немесе конструкциялардың электрлік беріктігін нақты анықтау үшін сынақтан көп үлгілерді өткізу керек. Заттарды зерттегеннен кейін мінездемелері статистикалық сарапталады.

2.2 Электр беріктігі таралуының негізгі статистикалық мінездемелері

Кез келген іріктеуден кейінгі электр беріктігі мәндерінің жиынтығы ретінде E_T – нің орташа мәнін аламыз.

Ол мына формуламен анықталады

$$E_T = \frac{\sum_{i=1}^k E_{Ti} \cdot n_i}{N} \quad (2.2)$$

мұндағы K – интервалдар саны;

E_{Ti} – i -ші интервалдағы электр беріктігінің мәні;

n_i – i -ші интервалдағы тесілген үлгілер саны;

N – үлгілердің жалпы саны.

σ - орташа квадраттық ауытқу, E - нің бытыраған кездегі мәндерін анықтайтын мінездеме болып табылады. Ол мынаған тең

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (E_{Ti} - E)^2 \cdot n_i}{N}}, \quad (2.3)$$

E_T – нің нәтижелерін электр беріктігі таралуының гистограммасы мен интегралдық қисықтарын тұрғызған соң, анықтауға болады.

2.3 $\overline{E_T}$ мен σ - ны анықтау. Гистограмма мен интегралдық сызықты тұрғызу

Экспериментпен алынған нәтижелердің статистикалық өңдеуін жасау үшін біріншіден мәліметтерді құрастырады. Ол мәліметтерде әрбір интервалдық электрлік беріктігі мен (E_{Ti}) әрбір интервалдың ішіндегі үлгінің саны (n_i) көрсетіледі.

Мәліметтер құрастырудың тәртібі мынандай.

2.3.1 Бақылау нәтижелерін E_T мәндерінің минимумнен максимумге қарай өсу тәртібі бойынша орналастырамыз вариациялық қатар.

2.3.2 E_T мәндерінің вариациялық қатарын тең интервалдарға бөлеміз. Әдетте 8-ден 12-ге дейін бөлінеді.

2.3.3 Әрбір n_i –ші интервал үшін үлгілер санын анықтаймыз. Мысал үшін 2.1- кесте (2.2) және (2.3) формулалары арқылы майсіндірілген кабель қағазы үшін \bar{E}_T мен σ - ны есептеудің сұлбасы берілген.

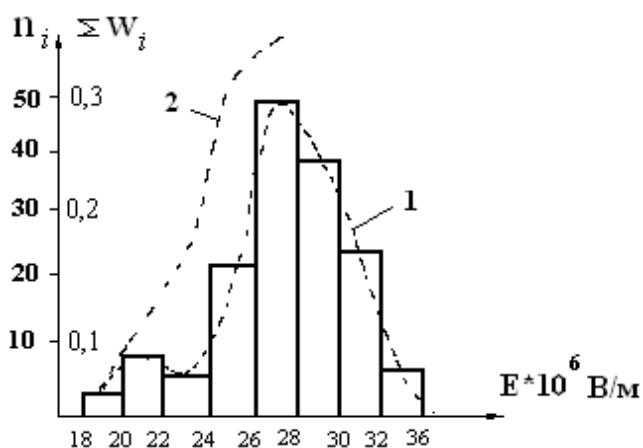
2.1 кесте

| $\frac{\kappa B}{E_{Ti} \text{ мм}}$ | n_i | Σn_i | W_i | ΣW_i | $n_i * E_{Ti}$ | $E_{Ti} - \bar{E}_T$ | $(E_{Ti} - \bar{E}_T)^2$ | $(E_{Ti} - \bar{E}_T)^2 n_i$ |
|--------------------------------------|-------|--------------|-------|--------------|----------------|----------------------|--------------------------|------------------------------|
| 18,0 | 2 | 2 | 0,012 | 0,012 | 36,0 | -10,7 | 114,5 | 229,0 |
| 20,5 | 8 | 10 | 0,048 | 0,060 | 164,0 | -8,2 | 67,24 | 567,9 |
| 23,0 | 5 | 15 | 0,030 | 0,090 | 115,0 | -5,7 | 32,5 | 162,5 |
| 25,5 | 24 | 39 | 0,443 | 0,233 | 612,0 | -3,2 | 10,24 | 245,8 |
| 28,0 | 52 | 91 | 0,314 | 0,547 | 1456,0 | -0,7 | 0,49 | 25,5 |
| 30,5 | 43 | 134 | 0,258 | 0,805 | 1311,5 | 1,8 | 3,24 | 139,3 |
| 33,0 | 27 | 161 | 1,165 | 0,970 | 891,0 | 4,3 | 18,5 | 499,5 |
| 35,5 | 5 | 166 | 0,03 | 1,00 | 177,5 | 6,8 | 36,24 | 231,2 |
| | 166 | | | | 4763 | | | 2070,7 |

$$\bar{E}_T = \frac{\sum_{i=1}^{\kappa} n_i E_{Ti}}{N} = \frac{4763}{166} = 28,7 \frac{\kappa B}{\text{мм}}, \quad (2.4)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{\kappa} (E_{Ti} - \bar{E}_T)^2 \cdot n_i}{N}} = \sqrt{\frac{2070,7}{166}} = 12,2 \frac{\kappa B}{\text{мм}}, \quad (2.5)$$

Берілген мәліметтердің көрнектілігі үшін гистограмма мен интегралдық қисық алынады (2.1 сурет).



2.1 сурет - Гистограмма -1 мен интегралдық сызық -2

Гистограмма тұрғызған кезде горизонталь осі E_T интервалдарына сәйкес келетін тең кесінділерге бөлінеді. Бұл кесінділерді табаны етіп алып, биіктігі берілген интервалдағы тесілген үлгілердің санына пропорционал етіп төртбұрыштар саламыз. Сонан соң төртбұрыштардың ортасын жатық қисық сызықпен қосамыз. Салынған фигураны гистограмма деп атайды. Одан кейін қосындылар сызығы мен интегралдық сызық салынады. Интегралдық сызықты салған кезде әрбір интервалға сәйкес үлгілерді тізбектеп қосамыз.

2.1 суретте 2.1- кестеде берілген мәліметтерге сәйкес гистограмма (1) мен интегралдық қисық (2) салу мысалы көрсетілген. Егер интегралдық сызық пен гистограмманы бірліктер арқылы салсақ, онда бақылау нәтижелері арқылы үлгіні қандай кернеуде тесілу ықтималдығын (вероятность) бағалауға болады. Бұл үшін жиіліктерді бірліктер арқылы анықтау керек. Бірліктер арқылы көрсетілген разряд жиілігін жиіліктік (W_i) деп атаймыз.

$$W_i = \frac{n_i}{N}. \quad (2.6)$$

Сонымен интегралды сызықты салған кезде 1.1 суретке сәйкес ординаталар осіне жиналған жиіліктік салынады, яғни $\sum W_i$, ал гистограмма салған кезде берілген кернеуліктегі жиілік (W_i) салынады (берілген кернеулікте $n_i = W_i$)

Іс жүзінде, тәжірибе санының көбеюіне байланысты жиіліктік, берілген ΔE_i , кернеулік интервалында тесілу ықтималдығын көрсететін тұрақты шамаға ие болатындығы анықталған.

Осыған орай ықтималдылығы $N \rightarrow \infty$ кезіндегі $\lim n_i / N$ ретінде анықтауға болады.

Жиіліктері вертикаль осіне жиналған интегралдық сызық арқылы берілген кернеулікте үлгінің тесілу ықтималдығын анықтауға болады

Мысалы, (2.1 сурет) кернеулік 37 кВ/мм болғанда тесілу ықтималдығы 1-ге тең; ал кернеулік 28 кВ/мм-ге ықтималдығы 0,5 – ке тең.

Гистограмма арқылы берілген интервалдағы тесілу ықтималдығын анықтауға болады. Мысалы, (2.1 сурет) электр өрісінің (26,5-29,5) кВ/мм кернеуліктердің интервалдарында тесілу ықтималдығы -0,33-ке тең, ал (29,5-31,5) кВ/мм кернеуліктердің интервалында тесілу ықтималдығы 0,26-ға тең.

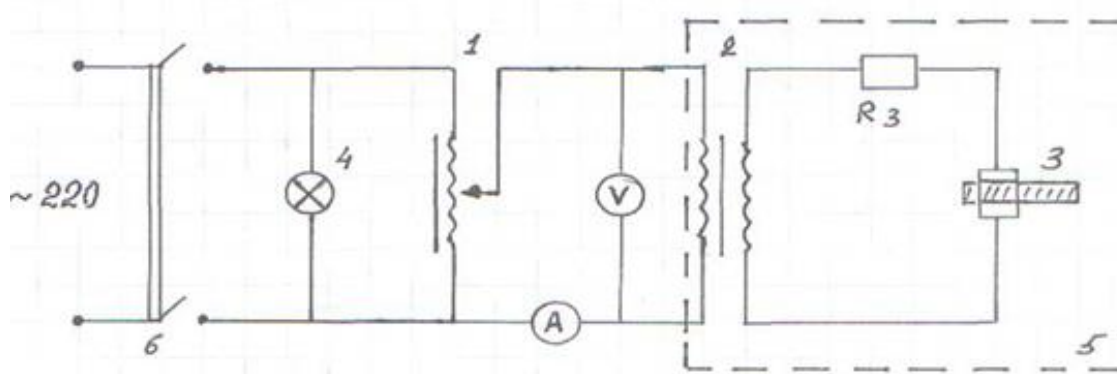
2.4 Сынау қондырғысын суреттеу

Сынау қондырғысы изоляциялық лактың, плита тәріздес изоляция материалдарының, мысалы, гетинакс ж.б., лактармен оқшаулаған сымдардың электр беріктігін анықтау үшін қызмет етеді.

Тиіп кеткенде сенімді электр тогынан қорғау үшін сыналатын электродтары бар сынақ орны, жоғары кернеуді реттеуге және өлшеуге арналған барлық приборлар темірмен қапталған корпус ішінде тұрады. Сынақ камерасында жұмыс істеу үшін оның алдыңғы қабырғасы мен корпусстың қақпағын ашу керек. Сыналып жатқан материалды бақылап тұру үшін корпус қақпағына әйнек терезеше орнатылған.

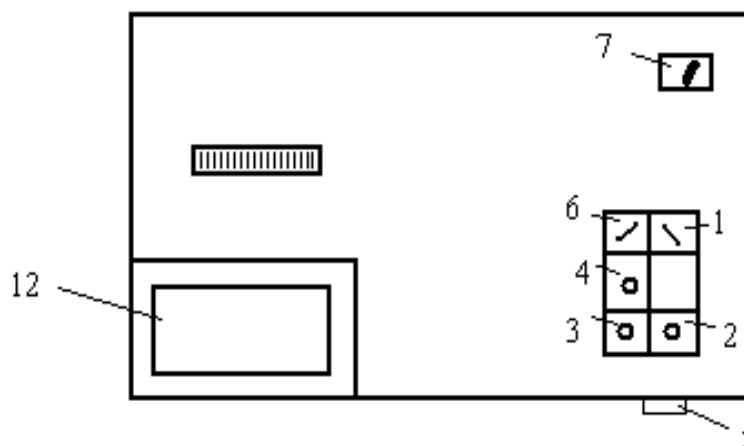
Берілген кернеуді реттеу трансформаторы арқылы бірқалыпты реттеп отыруға болады. Жоғары кернеуді изоляциямен құйып жасалған қабыршықтың ішіндегі жоғары вольтты трансформатор арқылы алуға болады. Кернеуді түзету үшін бір фазалы дәнекер сұлбасына (мостиковая схема) қосылған селенді түзеткіш қолданылады. Айнымалы жоғары кернеуді өлшеу үшін вольтметрді жоғары вольтты трансформатордың кіші кернеу жағына қосамыз. Одан шыққан тұрақты кернеуді өлшеу үшін кедергімен тізбектеп қосылған вольтметр қолданылады.

Сыналып жатқан объект тесілген кезде, немесе ол арқылы үлкен ток жүрген кезде, жоғары кернеу максимал ток релесі арқылы тоқтатылады.



- 1- кернеуді бірқалыпты реттейтін құрылғы;
- 2- кернеуді ұлғайтатын трансформатор;
- 3- сыналатын үлгі;
- 4- көрсететін лампа;
- 5- камера;
- 6- кілт.

2.2 сурет - Қондырғының принципіалды сұлбасы



2.3 сурет - Қызмет ету элементтерімен қызмет ету панеліндегі аспаптардың орналасуы

2.2 кесте - Жұмыс істейтін панельде қолданылатын символдар

| Позиция | Символ | Мағынасы |
|---------|-------------------|---|
| 1 | 220В 01 | Сөндіргіш «күш сөндіргіші 0-1» |
| 2 | 1 | Батырма «жұмыс контактор -1» |
| 3 | 0 | Батырма «ноль сөндіргіші» |
| 4 | | Кернеуді көбейту – азарту саты |
| 5 | - | Деңгейді өзгерткіш |
| 6 | 1кВ,2кВ,5кВ,10кВ. | |
| 7 | 110кВ,1кВ,10кВ,0 | Кернеуді өзгерту |
| 8 | | Аспан «Тұрақты кернеу - шығыс» (прибор) |
| 9 | | Аспан «айнымалы ток – шығыс» |
| 10 | | Аспан «бастапқы кернеу» |
| 11 | | Аспан «бастапқы ток» |
| 12 | | Аспан «сынақтайтын кернеу» |

2.5 Сынау кезіндегі қондырғыда жасалатын жұмыстар.

2.5.1 (7) қосқыш арқылы керекті сынақ кернеуі қосылады. Айнымалы кернеуді қолданған кезде (6) қосқышпен керекті (1,2,5,10кВ) кернеу қосылады.

2.5.2 (I) -ші күш айырғышын қосу керек. (2) Кнопкалы айырғыштағы жасыл лампа жанады.

2.5.3 Жұмыс контактарын кнопкалы айырғыш (2) арқылы сөндіреміз: 2 – ші айырғыштағы жасыл лампа сөніп, 3-ші айырғыштағы қызыл лампа жанады.

2.5.4 5-ші тұтқаны оңға қарай айналдыра отырып керекті кернеуді қоямыз.

Сыналып жатқан объект тесілген кезде немесе өте үлкен ток жүргенде жұмысшы контактор өшіріледі.

2.6 Өлшеуіш аспаптардың көрсеткіштерін алу

2.6.1 Айнымалы кернеуді өлшеу.

Шыққан кернеуді алу үшін алғашқы кернеуді 2.3 - кесте сәйкес коэффициентке көбейтеміз.

2.6.2 Тұрақты кернеуді өлшеу. Шығу кернеуін 7-ші айырғыштың күйін ескеріп 8-ші аспап көрсетеді.

2.6.3 Токты өлшеу. Аспап келесі мағыналарды көрсете

- реттегіш трансформатордың (11) шығу тогын;
- жоғары вольтты трансформатордың (9) шығу тогын;

2.2 кесте

| Денгейді өзгерткіш (6) мынандай күйде болса | Төмендегі көрсетілген клеммалардың шығысындағы коэффициенті | |
|--|--|--------------------------|
| | U – Y клеммалардағы | Y- \perp клеммалардағы |
| 1 кВ | 5 | 2,5 |
| 2 кВ | 10 | 5 |
| 5 кВ | 25 | 12,5 |
| 10 кВ | 50 | 25 |

2.7 Қондырғыны өшіру

Сынау қондырғысы ереже бойынша келесі сұлбамен өшіріледі:

- 1) (5) тұтқаны солға бұрай отырып сынау кернеуді нөлге қояды.
- 2) Жұмысшы контакторды (3) кнопкалы айырғышпен өшіреді.
- 3) (1) күш айырғышын өшіреді.
- 4) Қауыпты жағдайда күш айырғышын (1) өшіреді. Күш айырғышын екі контакт арқылы өшіруге болмайды.

2.8 Жұмыс тапсырмасы

2.8.1 Мұғалім тапсырмасы мен берілген үлгілер санын тесу.

2.8.2 Анықталған E_T -нің нәтижелерін вариациялық қатар және 2.1-кестесіндегідей етіп құрама кесте ретінде көрсету.

2.8.3 E_T мен σ анықтау.

2.8.4 Гистограмма мен интегралдық сызықты салу.

2.8.5 Алынған нәтижелерді түсіндіру.

2.8.6 Әр түрлі оқшауламалардың тесілу нәтижесіне қарап электр беріктігінің зат құрамымен құрылымына байланысты қорытынды шығару.

2.9 Бақылау сұрақтар

2.9.1 Диэлектриктердің электр беріктігі дегеніміз не? СИ жүйесі қандай бірлікпен өлшенеді?

2.9.2 Қатты диэлектриктердің қандай тесілу түрлері бар?

2.9.3 Электр тесілуі қалай жүреді?

2.9.4 Электрохимиялық тесілуі қалай жүреді?

2.9.5 Жылу электр тесілуі қалай жүреді?

2.9.6 Диэлектриктің электр беріктігі оның қалыңдығына байланыстылығы.

2.9.7 Статистикалық өңдеу нәтижелерін қалай жүргізеді?

2.9.8 Орташа квадраттық ауытқу деген не?

2.9.9 Нәтижелерді статистикалық өңдеудің мақсаты?

2.9.10 Гистограмма мен интегралдық сызықты қалай тұрғызады?

2.9.11 Электр беріктігін сынайтын қондырғыны суреттеу.

3 Зертханалық жұмыс №3. Өткізгіштік материалдар

Жұмыстың мақсаты: өткізгіш материалдардың физикалық құбылыстарын зерттеу және олардың негізгі мінездемелерінің меншікті кедергісін, кедергінің температуралық коэффициентін, термо ЭҚК эксперименттік жолмен анықтау.

3.1 Қысқаша теориялық кіріспе

Өткізгіш материалдарға меншікті кедергісі $10^{-5} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ – ден аз болатын заттар жатады. Металдар мен олардың қоспалары электротехникада кеңінен қолданылатын өткізгіш материалдар болып келеді. Металдардың ішіндегі айырықша кезде түсетіндер, меншікті кедергісі қалыпты температурада $0,1 \text{ мк} \cdot \text{Ом} \cdot \text{м}$ аспайтын мен қалыпты температурада меншікті кедергісі $0,3 \text{ мк} \cdot \text{Ом} \cdot \text{м}$ – ден аспайтын метал қоспалары. Жоғары өткізу қабілеті бар металлдар кабельдер, электр машиналары мен трансформаторлардың орамдары қолданылады. Жоғары кедергілі қоспалар резисторлар мен электр жылыту элементтерінде қолданылады.

Металлдардың классикалық электрондық теориясы бойынша, қатты өткізгіш кристаллдық иондық тордың түйіндері ретінде қарауға болады. Түйіндердің арасында еркін электрондар орналасқан. Металдардағы тоқтың тууы электр өрісінің әсерінен еркін электрондардың бағытталған қозғалысы болғандықтан, металдарды электрондық электр өткізгіштер деп немесе бірінші түрлі өткізгіштер д.а деп атайды.

Өткізгіш материалдардың қасиеттерін көрсететін негізгі параметрлерге:

- меншікті кедергі (ρ) немесе оған кері шама меншікті өткізгіштік (γ);

- меншікті кедергінің температуралық коэффициенті (ТКр);

- контакталық потенциалдар айырмасы мен Термо ЭҚК (ТЭДС) жатады.

Кедергісі – R , ұзындығы - l және көлденең қимасының ауданы – S – қа тең өткізгіштің кедергісін мына формуламен анықтауға болады

$$\rho = R \cdot \frac{S}{l}. \quad (3.1)$$

ρ – ны өлшеу үшін СИ системасындағы Ом.м бірлігінен басқа СИ жүйесінен тыс $\text{Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$ бірлігінде жиі қолданылады. $1 \text{Ом} \cdot \text{м} = 10^6 \text{мк} \cdot \text{Ом} \cdot \text{м} = 10^6 \text{Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$.

Өткізгіштердің меншікті өткізгіштігі - γ , ρ – ға кері шама См/м – берлігімен өлшенеді; См жиі кездесетін өткізгіштер мыс пен алюминий меншікті кедергілері мыналарға тең: 0,0172 және 0,028 $\text{мкОм} \cdot \text{м}$.

Металдардың классикалық теориясы бойынша металл өткізгіштердің меншікті кедергісін былай анықтауға болады

$$\rho = \frac{2m \cdot V_T}{l^2 \cdot N \cdot \lambda}, \quad (3.2)$$

мұнда m – электронның массасы;

V_T – электронның жылулық қозғалуының орташа жылдамдылығы;

l – электронның заряды;

N – электронның шоғырлануы (концентрация);

λ - электронның еркін жүріс орташа ұзындығы.

Әр түрлі металдардың бейтарап жылулық қозғалуының жылдамдығы (қалыпты температурада) бірдей деуге болады. Еркін электрондардың концентрациясының да өзгеруі онша емес, сондықтан меншікті кедергі ρ - ның мағынасы негізінде берілген өткізгіштің электронның еркін жүрісінің орташа ұзындығы мен байланысты. λ - өткізгіш материалдың құрамымен анықталады. Дұрыс кристалдық торлы таза металдардың ρ -сы аз болады да, ал қоспалардың, торлары дұрыс емес металдардың, ρ -сы көп болады.

Өткізгіштер үшін кедергінің температуралық коэффициенті деген түсінік бар

$$TK_R = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT}, \quad (3.3)$$

меншікті кедергінің температуралық коэффициенті

$$TK_\rho = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{d\rho}{dT}, \quad (3.4)$$

және сызықтық ұлғаюдың коэффициенті

$$TK_l = \frac{1}{l} \cdot \frac{dl}{dT}, \quad (3.5)$$

мұнда l - заттың ұзындығы.

Осы коэффициентердің ұлғаюын, мысалы TK_R , мынадай жазуға болады

$$TK_R = \frac{1}{R_1} \cdot \frac{R_2 - R_1}{T_1 - T_2}, \quad (3.6)$$

мұндағы $R_1 - T_1$ температурасындағы кедергі;

$R_2 - T_2$ температурасындағы кедергі.

TK_R кедергінің температуралық коэффициенті - кедергінің температураға байланыстылығын, яғни кедергінің өткізгішті 1 градусқа қыздырғанда алғашқы кедергісіне қарағанда қанша есе өзгертетінін нақты сан түрінде көрсетеді. Барлық ТК-лар температура өлшеміне кері, сондықтан (K^{-1}) мен өлшенеді. Классикалық теория бойынша қатты күйдегі металдардың ТК –

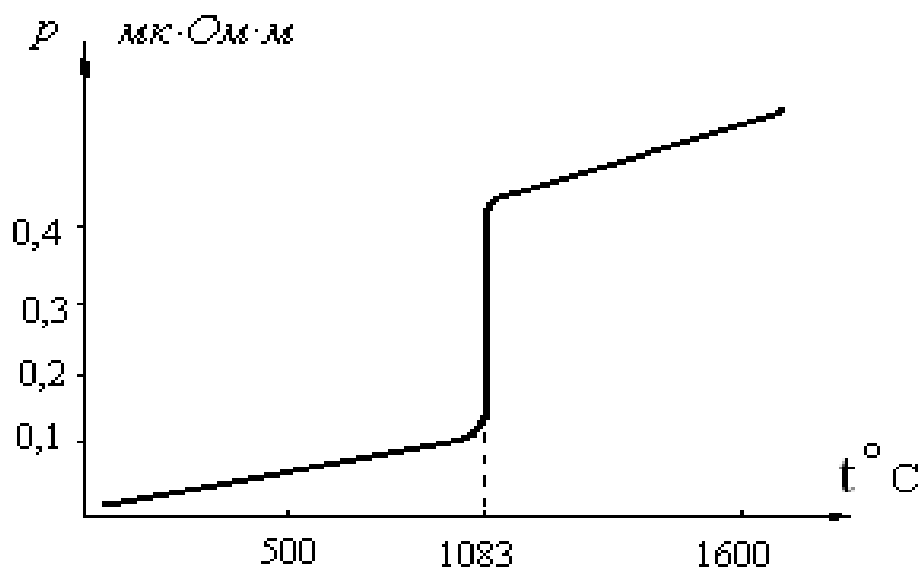
i идеал газ көлемінің ТК-ге жақын болады яғни $\frac{1}{273} = 0,00367 \cdot K^{-1}$.
Өткізгіштердің ТК-лері өзара байланысты болады

$$TK_R = TK^\rho - TK^l \quad (3.7)$$

Әдетте таза металдар үшін $TK^l \ll TK^\rho$ болады, сондықтан шамамен $TK_R \approx TK^\rho$ - ден алуға болады. Мыс пен алюминий үшін ТК-лер 0,0043 және 0,0042 K^{-1} тең ал TK^l - 0,000016 және 0,000024 K^{-1} . Таза металдардан жасалған өткізгіштердің температурасын көтерген кезде заряд тасымалдаушылар саны /еркін электрондар концентрациясы/ іс жүзінде өзгермейді.

Бірақ та температура көтерілген кезде, кристалдық тор түйінділерінің /узел/ тербелістерінің ұлғаюына байланысты, электр өрісінің әсерінен бағытталып қозғалған еркін электрондар алдында бөгеттер көбее түседі, яғни орташа еркін жүріс ұзындығы (λ) азаяды, осының әсерінен металдардың меншікті кедергісі көбееді (1.1 сурет).

Басқаша айтқанда TK^ρ металдар үшін оң сан. Бірақ қоспалар үшін теріс мәнге де ие болуы мүкін.



3.1 сурет - Мыстың меншікті кедергісінің температураға байланыстылығы

Іс жүзінде температура кішкене диапазонда өзгергенде $\rho = f(T^\circ)$ байланысын сызықты – кесек аппроксимациясы етіп алуға болады, бұл жағдайда

$$\rho_2 = \rho_1 [1 + TK^\rho \cdot (T_2 - T_1)] \quad (3.8)$$

мұндағы ρ_2 мен ρ_1 - өткізгіштердің T_2 және T_1 температураларындағы меншікті кедергілері ($T_2 \triangleright T_1$);

$TK_R - T_1$ ден $T_2 -$ ге дейінгі температуралардың меншікті кедергісінің орташа коэффициенті.

Әр аттас металлдар бір-бірімен жанасқан кезде олардың арасында контактілік потенциалдар айырмасы пайда болады, бұған себеп жанасқан металлдардың электрондарының шығу жұмысы мен еркін электрондар концентрациясының әр түрлі болуы. Егер бір дәнекердің температурасы T_1 ал екіншісі T_2 сонымен қатар $T_1 \neq T_2$ болмаса дәнекерлер арасында Термо ЭҚК пайда болады

$$U_T = k_{(T_1 - T_2)}, \quad (3.9)$$

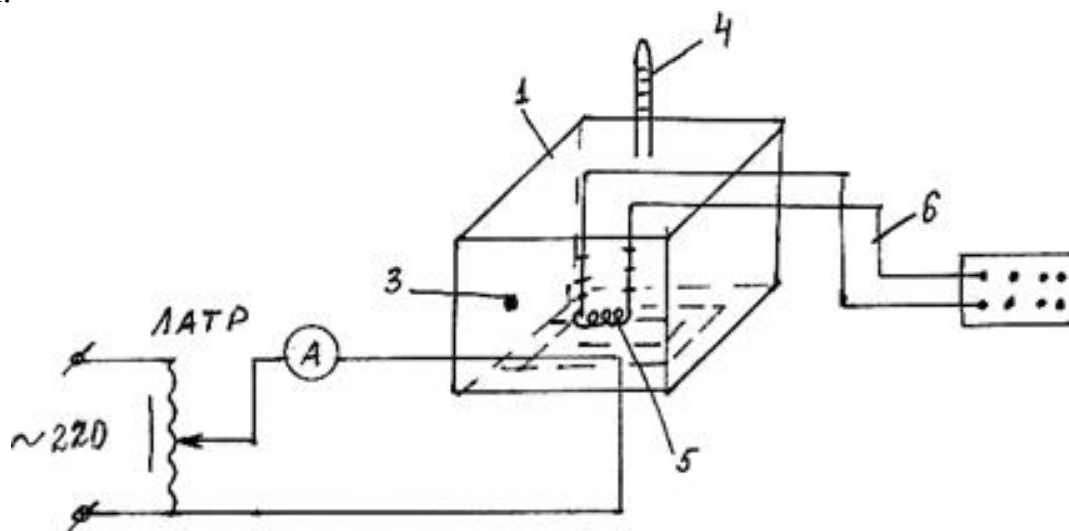
мұндағы k - екі өткізгіштің «Термо ЭҚК коэффициенті».

3.2 Қондырғыны суреттеу

3.2 - суретінде көрсетілген қондырғы электр пеші мен Р333-деген көпірден тұрады. Электр пешінің 4-бұрышты корпусы болаттан жасалып, коррозияға төзімді бояумен боялған. Корпустың ішінде алмалы-салмалы шахта футеровкасы орналасқан, ол өте жеңіл шамоттан жасалған да, жеңіл салмақты шамоттан жасалған аспаға бекітілген. Шахта қабырғасы мен қаптаманың арасындағы кеңістік жылу изоляциялық материалмен толтырылған. Аспа мен қаптама табанының арасында асбесттен жасалған төсемше бар.

Жылытқыш элементтер ретінде бір-біріне қарама-қарсы қабырғаларға орналасқан корбарунді стерженьдер (оқтаушалар) қолданылады. Шамоттан жасалған электр пешінің қақпағында жұмыс кеңістігіне термометр салатын және өткізгіштер жүргізетін тесік орналасқан.

Температура 1200°C болғанда корбарунді стержендердің кедергісі тез қосылады да соның әсерінен ток күші өсіп, стержендер істен шығуы мүмкін. Сондықтан температура максимал болған кезде, токты жиі-жиі бақылап тұру керек.



1 - электр пеші ШП-1, 2 - Р333 – көпір, 3 - контакті винт, 4 - термометр, 5 - үлгі өткізгіш, 6 - жеткізу өткізгіштер.

3.2 сурет - Өткізгіштердің ρ және TK^{ρ} өлшейтін қондырғының сұлбасы

3.3 Жұмыс тапсырмасы

3.3.1 Жеткізу өткізгіштерді қысқаша тұйықтап, оның $R_{жө}$ кедергісін өлшеуіш көпірмен өлшеу.

3.3.2 Линейка мен микрометрдің көмегімен сыналып жатқан өткізгіштің ұзындығы l мен диаметрін анықтау.

3.3.3. Жеткізу өткізгіштеріне сыналып жатқан өткізгішті жалғап, олардың бөлме температурасындағы қосынды кедергісін анықтау ΣR . Сыналатын өткізгіштің кедергісі мынаған тең.

$$R = R_{\Sigma} - R_{ж.о}, \quad (3.10)$$

Меншікті кедергі 3.1 формуласымен анықталады. Өлшеудің проценттік қателігін анықтау.

3.3.4 Сыналушы өткізгішті қыздыру пешіне салып, оның қосынды кедергісін 160° -қа жеткенше әрбір 20° С сайын өлшеу. Қыздыру пешінің элементіндегі кернеуді - U_n ток - I_n 9А - дан аспайтындай етіп ұстап тұру керек. Сол температуралардағы ЭҚК – лардың мағынасын анықтаймыз.

Нәтижелерді 3.1- кестесіне орналастырамыз (2,3,6,7 бөлімдер).

3.1 кесте

| № . | T, С | R_{Σ} Ом | R Ом | ρ мкОм.м | $U_{п};$ В | $R_{п};$ Ом | $U_{т};$ mV |
|-----|---------|--------------------|---------|------------------|---------------|----------------|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

3.4 Есептеу тапсырмасы

3.4.1 Сыналушы өткізгіштің меншікті кедергісінің температураға байланыстылығының эксперименттік және Видеман-Франц заңы бойынша (3.11) салынған теориялық графиктерін салу

$$\rho = \frac{T^0 - L}{K}, \quad (3.11)$$

мұндағы $K - 385 \text{ Вт} / (\text{мК})$ – мыстың жылу өткізгіштік коэффициенті;

T^0 – температура, К;

$L - 2,45 \cdot 10^{-8} \cdot B^2 / K^2$ - Лоренц саны.

3.4.2 Пештегі қыздыру элементінің кедергісінің температураға байланыстылығын салу керек.

$$R_{п} = \frac{U_n}{I_n}. \quad (3.12)$$

3.4.3 3.6 және 3.7 формулалары арқылы сыналушы өткізгіштің температуралар айырмасы максимал болған кездегі кедергісі мен меншікті кедергісінің ТК-терін анықтау.

3.4.4 Анықталған TK^p шамасының көмегімен 3.8 формуласы арқылы 0°C -мен 180°C -тағы өткізгіштің меншікті кедергісін есептеу. Есептелген нүктелерді кестеге енгізу.

3.4.5 Жоғарыдағы температура шамалары үшін Термо ЭҚК –ні табамыз. Термо ЭҚК-нің температураға байланысты сызба салу. 3.9 формуласы арқылы максимал температуралар айырмасындағы K коэффициентінің шамасын анықтау.

3.5 Бақылау сұрақтары

3.5.1 Кедергінің физикалық табиғаты қандай?

3.5.2 Меншікті кедергінің TK -і дегеніміз не? Оның кедергісінің TK -нен қандай айырмашылығы бар?

3.5.3 Температураны көтерілген кезде неліктен металдардың меншікті кедергісі көбейеді, ал қоспалардың меншікті кедергісі азаяды.

3.5.4 TK ρ 0-ден үлкен, 0-ден кіші, 0-ге тең болған кездерде меншікті кедергінің температураға байланыстылық сызбасы қандай болады?

3.5.5 Екі металл қоспасындағы ρ мен TK_p қалай өзгереді?

3.5.6 Термо ЭҚК-нің физикалық табиғаты қандай?

3.5.7 Мыс пен алюминидің қасиеттері қандай?

3.5.8 Жоғарғы өткізгіштік және криоөткізгіштік құбылыстар дегеніміз не?

4 Зертханалық жұмыс №4. Материалдардың магниттік қасиеттері

Жұмыс бағыты: ферромагниттік заттардың магниттік қасиетін анықтау және анықтау жолын табу.

4.1 Қысқа теориялық нұсқау

Магнит өрісінің маңызды мінездемесі болып магнит индукциясының B векторы табылады, ол магнит өрісінің көлемі мен оның бағытын анықтайды. СИ жүйесіндегі B тесла (T_n) бірлігімен өлшенеді.

$$1 T_n = 1B \cdot c / m^2 = 1B\text{б} / m^2 \quad (\text{СГСМ жүйесінде Гаусспен өлшенеді})$$
$$1Гс = 10^{-8} \cdot B\text{б} / cм^2.$$

Магнит өлшемінде және есептеуде кеңінен магнит индукциясының вектор ағыны қолданылады (магнит ағыны), ол жазық ауданында магнит индукциясының векторының интегралына тең

$$\Phi = \int B dS. \quad (4.1)$$

Бір қалыпты өрісте

$$\Phi = B \cdot S, \quad (4.2)$$

мұнда, S – жазықтың магнит индукциясының бағытына перпендикуляр тұйықталған контурмен шектелген, жазық ауданның ауданы. СИ жүйесінде Φ (В. сек) өлшенеді, ал СГСМ Максвеллмен $1\text{Мкс} = 10^{-8}$ Вб.

Магнит өрісіндегі ферромагнит ортасында магнит өрісінің кернеулігі деген параметр бар: H – магнит өрісінің кернеулік векторы. Ол параметр сыртқы бір күштің арқасында ферромагниттің ішінде туатын магнит өрісін анықтайды. СИ жүйесінде А/м өлшенеді, ал СГСМ Эрстед пен (Э). Ферромагнит материалдардың негізі мінездемесі - индукция векторы мен магнит өрісінің кернеулігі арасындағы байланыс: $B = f \cdot (H)$. Бұлар экспериментпен ғана анықталады.

Индукция B мен өрістің кернеулігін H арасындағы бөлеуді материалдың магнит өтімділігі μ деп атайды

$$\mu = \frac{B}{H \cdot \mu_0}, \quad (4.3)$$

мұнда μ_0 – тұрақты, вакуумдағы магнит қасиетін мінездейді;
 μ – жуық магнит өтімділігі.

СИ: жүйесінде $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м} = 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м}$.

СГСМ: $\mu = 1$.

Ферромагнит материалдарын зерттеуде маңызды болып тұрақты магнит өрісінде өлшеу рөлі табылады.

Магнит қасиеттерін тұрақты өрісте өлшеу мына жағдайларда керек, егер де реттелетін материал аналогияда қолданылатын болса, мысалы, тұрақты магнит өрісінде магнит өткізгіші ретінде, тұрақты электромагнит тоғында, «наконечник» полюсында, тұрақты магнитта, магнит шунтында, т.б. Кейбір кездерде тұрақты магнит өрісінде анықталған магнит мінездемелері бойынша материалдың төменгі айнымалы өрісіндегі мінезін анықтауға болады. Мысалы, жұқалығы 0,35 мм – ге дейінгі және одан да жұқа жапырақты электротехникалық болат үшін тұрақты өрістегі және 50 Гц жиілікке дейінгі индукцияның қисықтары бір-біріне сәйкес (бір шамада) болып келеді. Айнымалы магнит өрісінде магнит материалдың мінездемесіне өте үлкен әсер ететін өрістің жиілігі, қалыңдық және де басқа факторлар, сондықтан заттың физикалық құбылысын, өнімділігін, бағалығын, өңдеу технологиясының дұрыстығын, қолданылуын көрсететін тек қана тұрақты өрістегі қасиеттері.

4.2 Негізгі индукция қисығы және тороид үлгісінің гистерезис тұзағының анықтамасы

Өлшеу алдын-ала магнитсізделген үлгіде жүргізіледі.

Индукция қисығын өлшеудегі оңай әдіс келесіден тұрады:

- магнит индукциясын анықтауға лайық кернеулерді таңдау;

- тұйықталған формасы үлгінің магниттік өрісінің кернеулігін белгілі магниттегіш орам саны W_1 , үлгінің ортанғы магнит сызығын ұзындығы l (м) және ток көлемі - I (А) бойынша есептеледі.

МКСА практикалық жүйе бірлігінде

$$H = \frac{W_1 \cdot I_1}{l} [A/cm]. \quad (4.4)$$

Өрістің кернеулігінің әр берілген көрсеткішіне өзіне сәйкес токты /4.3/ формуламен есептейді. Содан кейін орам W_1 , тізбегіне токтың бірінші көрсеткішін қосады және осы кезде миллиамперметрдің (I_2) көрсеткішін белгілейді.

Өрістің берілген кернеулігінің мағынасына сәйкес индукцияның мөлшерін, мына формуламен анықтайды.

$$B = \frac{I_2}{W_2 \cdot S} [T_2], \quad (4.5)$$

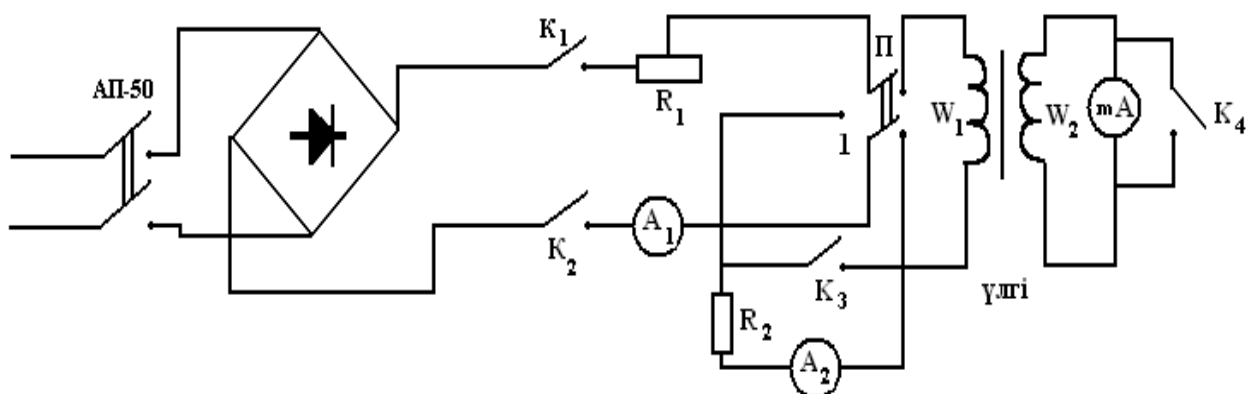
мұнда W_2 - өлшеу орамының талдау саны;

S – үлгінің көлденең қимасының ауданы m^2 ;

I_2 - миллиамперметрдің көрсетуі, А.

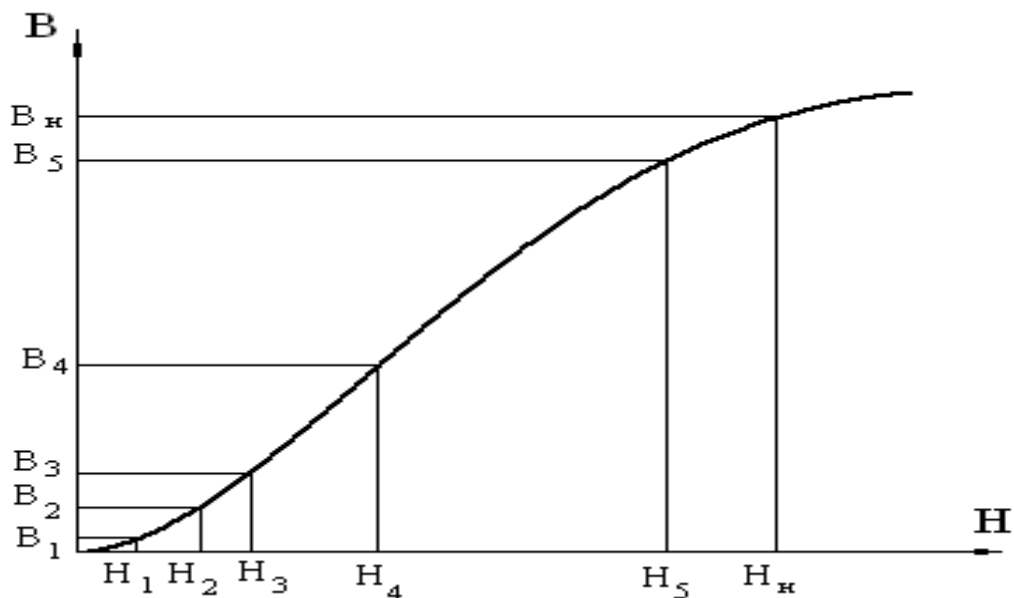
Осыдан кейін магниттағыш орам тоғын екінші есептелген көрсеткішке дейін жылдам өсіреді және милиамперметр көрсеткішін өлшейді I_2 ол индукция өзгерісіне пропорционал.

4.3 Құрылғының принципіалды сұлбасы және өлшеу реті



- R_1 – үлгінің магниттегіш орамындағы токты реттейтін реостат;
- A_1 – үлгінің магниттегіш орамындағы ток өлшеу амперметрі;
- Π – ток бағытын ауыстырғыш;
- A_2 – магниттелуге кері тізбектегі токты реттейтін амперметр;
- K_2 – магниттелуге кері тізбекті қысқа тұйықталу кілті;
- Обр – сынайтын үлгі;
- W_1 – магниттегіш орам;
- W_2 – үлгінің өлшеуіш орамы;
- mA – микроамперметр;
- K_1 - өлшеу тізбегін қосу кілті;
- K_4 – гальванометр рамкасының тізбегін бекітетін кілт.

4.1 сурет - Құрылғының принципіалды сұлбасы



4.2 сурет - Негізгі индукция қисығын салу

Басқа қисық индукция нүктелері дәл осылай өлшенеді.

Осы түрде өлшенген индукция қисығы, тек қана белгілі шамаға дейін материал қасиеттерін мінездейді. Сондықтан негізгі индукция қисығын анықтау үшін өлшеуді коммутация әдісімен жүргізеді.

Нөлден амплетудалық қанығуға жеткенше өзгеретін магнит индукцияның симметриялық гистерезис тұзағының биіктерінің нүктелерін бір бірімен тізгенде шыққан қисықпен сәйкес келетін қисықты негізгі индукция қисығы дейміз.

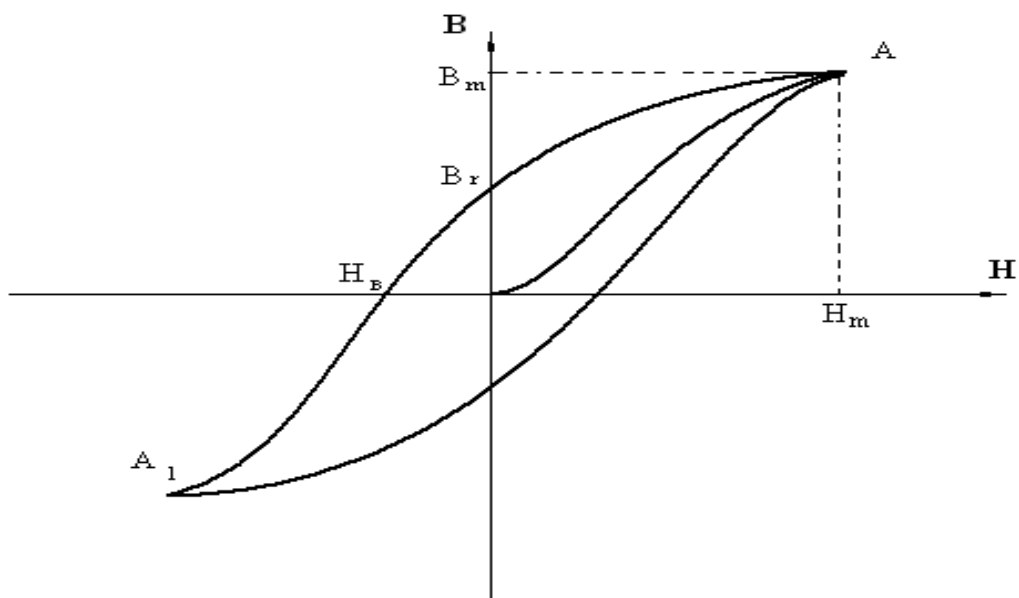
Қисықтың нүктелерін салу үшін үлгінің алдын ала магниттілігін азайтып, магнит өрісі кернеулігінің кіші мәндерінен бастаймыз олай болмаса әр нүктенің соңынан магнитті кері магниттеуіміз керек болады.

Негізгі индукция қисығы нүктесінде келесі түрде қарастырамыз:

а) уақыт өлшемінде K_2 кілті қосылады. Ауыстырғыш П-ны 2-ші қалпына келтіреді және реостат R_1 – мен амперметр А- бойынша магниттеу өрістің кернеулігінің бірінші мағынасын алу үшін токты нөлден жоғарлатады. Токты тұрақталғаннан кейін, үлгінің күйін бір қалыпқа келтіру үшін, токтың бағытын коммутациядан өткізеді. Коммутация дегеніміз - үлгінің магниттейтін орам тоғының мөлшерін өзгертпей бағытын 10-15 рет ары-бері өзгерту. Коммутациядан кейін ауыстырғыш П-ны 2-ші қалыпта қалдырады, кілт K_1 -ны тұйықтап тізбекке милиамперметрді қосады содан кейін ауыстырғышты 1 күйге тез ауыстырып шкаладағы жебешенің (стрелка) лезде көрсеткенін бақылайды. Осындай өлшеуді, магниттау тоғының мөлшерін өзгертпей, 2-3 рет жасайды. Егер де стабилизацияны (бір қалыпқа келтіру) дұрыс жүргізсек токтың мағынасы бірдей болып түседі. Ал бірдей болмаған кезде коммутацияны қайталау керек. Магниттік индукцияның мөлшерін [Т] (4.5) формуласымен есептейді.

Қисықтың бірінші өлшеу нүктесінің мәнін анықтағаннан кейін, микроамперметр тізбектен айырылады да реостат R_1 көмегімен амперметр A_1 бойынша токтың екінші мағынасы қойылады. Ол ток өрістің кернеулігін H_2 үлкенірегіне сәйкес; коммутациядан кейін екінші өлшемнің мағынасын анықтайды. (4.4) формула арқылы B_2 индукцияны есептейді. Солай операцияны барлық нүктелерге қайталап отырып, нәтижесін кестеге енгізеді;

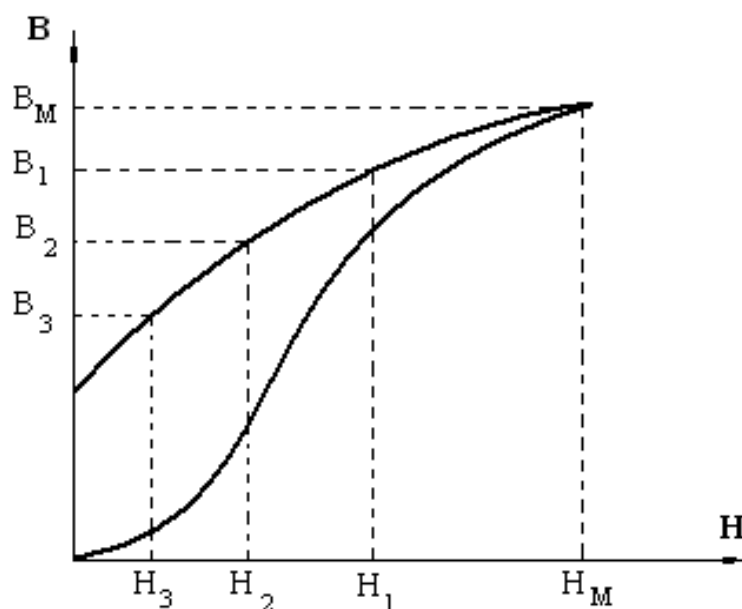
б) гистерезис тұзағының нүктелерін табу үшін тұзақтың тек бір бөлігін өлшейді. Олар төмендегі 4.3 суреттегі $OAB_2 CA_1$ нүктелері.



4.3 сурет - Терезис тұзағы

Ал екінші бөлігінің біріншіден айырмасы тек индукциямен өрістің кернеулік белгілерінің қайысысы абсолюттік мөлшері бірдей болады.

AB_2 бөлігі үшін өлшеу кезінде әр түрлі әдістер қолданылады, мұнда кернеу өрісі оң және B_2CA_1 бөлігі, бұнда теріс болады. AB_2 бөлігін өлшеуді A нүктесінен бастайды. Ол үшін айырғыштың 1-де, кілт K_1 тұйықталу кезінде R_1 реостатпенен магниттейтін өрістің максималды кернеулігіне сәйкес магниттеуші ток тұрғызады. K_2 кілтімен ток көзін айырады. R_2 реостатымен A_2 амперметр бойынша ток көрсеткішін анықтайды, бұл H_1 нүктесіндегіден кішкене болады (4.4 сурет).



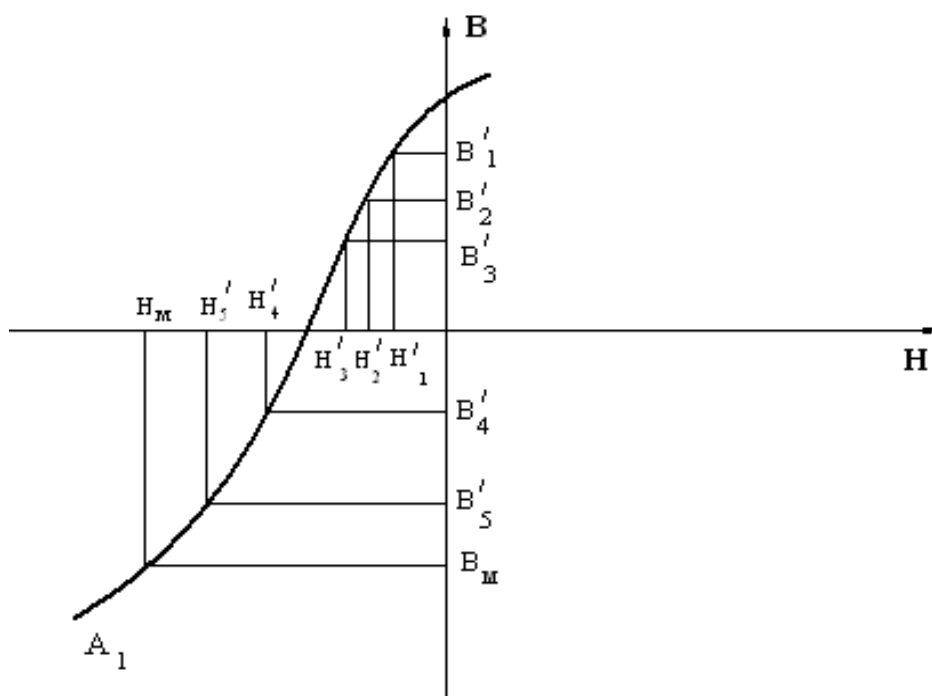
4.4 сурет - $B = f \cdot (H)$ - тың ($H \leftarrow 0$). кезіндегі қатынасы

Қайтіп K_2 кілтін қосып тоқты коммутаттаймыз. Кернеу өрісімен келетін H_m және айырғыш кілтін (1) қалпына қоямыз.

Микроамперметрді қосып шкаланың көрсеткішін, ауытқу K_2 кілтін қосқаннан кейін көреміз. $B_m - B_1$. келесі формуламен табамыз:

$$B_m - B_1 = \frac{I_2}{W_1 \cdot S}. \quad (4.6)$$

B_1 . индукциясын оңай анықтаймыз, өйткені B_m . индукция қисығынан табылады. Сондай ақ, магниттелетін өрістің кернеулігіне $H_2 \triangleleft H_1$ сәйкес B_2 . нүктесін жоғарыдағы әдіспен табамыз. Үлгінің қалдық индукциясы B_2 . нүктесін айырғыш П-ны 1 қалыптан 0-ге қосып табуға болады. 4.5 - суретке сәйкес, тұзақтың B_2 CA_1 бөлігін өлшеуді өрісті магнитсіздендіретін кернеуліктің H_1 мөлшерін қойғаннан кейін бастайды. Ол үшін айырғыш П, 1-ші қалыпта болған жағдайда кілт R_2 -ны ток көзінен айырады, реостат R_2 -мен амперметр A_2 бойынша өрістің кернеулігі H_1 -ге сәйкес токты қояды. Ол кернеулік үлгі заттың коллективтік күшінен H_0 әлде ғана аз. Содан кейін K_2 кілтін түйықтап, коммутация жасау керек, айырғыш П-ны 2 қалыпта қалдырады, магнитсіздендіру тізбекті кілт K_2 – мен ашады, милиамперметрді қосып айырғыш П-ны 1- қалыпқа қойып, сондағы стрелканың лезде көрсететін ток I_2 -ні бақылайды. Осы ток индукциялар $B_m - B_1$ айырмасына пропорционалды, деп санап 4.6 формуласы арқылы есептеледі.



4.5 сурет - $B = f \cdot (H)$ - тың $(H \rightarrow -H)$ кезіндегі қатынасы

Өрістің кернеулігі (4.4) формуласымен есептеледі. Соған ұқсас B_2CA_1 бөлігінің екінші нүктесі анықталады. Негізгі индукция қисығымен, гистерезис тұзағын салудың алдында зерттелетін үлгі мұғалімнен берілген сан мәнін білу керек.

4.3 Берілген жұмыс

4.3.1 Индукция қисығы мен гистерезис тұзағын алынған өлшем арқылы салу керек.

4.3.2 $\mu = f(H)$ қатынасын салу.

4.3.3 Салынған суреттерді [1] әдебиеттегі суреттермен салыстырып, зерттеген заттың қайда пайдалануын білу.

4.1 кесте - Магнит қасиетін есептеу кестесі

| | | | | | |
|---|-------------|-------------|--|-------------------------------------|---------------------------------|
| № | $I_1,$ А | $I_2,$ А | $H = \frac{W_1 \cdot I_1}{\ell},$ А/м | $B = \frac{I_2}{W_2 \cdot S},$ Т | $\mu = \frac{B}{H \cdot \mu_0}$ |
|---|-------------|-------------|--|-------------------------------------|---------------------------------|

4.4 Бақылау сұрақтары

4.4.1 Магнит материалдары қайда қолданылады?

4.4.2 Магнит материалдарының сипаттамасы қандай?

4.4.3 Магнит өрісінің негізгі мінездемесі, өлшем бірлігі?

4.4.4 $B = f(H)$ қисықты салу үшін қандай аппараттар мен аспаптар қолданылады?

4.4.5 Магниттік сипаттамаларды анықтайтын қандай әдістер қолданылады? Ол әдістердің маңыздары қандай?

4.4.6 Қондырғы сұлбасы.

4.4.7 Жұмыс жасау қатары.

Әдебиеттер тізімі

1. Алиев И.И., Калганов С.Т. Электротехнические материалы и изделия. — М.: Academia, 2005. — 280 б.
2. Серебряков А.С. Электротехническое материаловедение. Электроизоляционные материалы: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. — М.: Маршрут, 2005. — 280 б.
3. Чумаченко Ю.Т., Чумаченко Г.В. Материаловедение. Учебник. Среднее спец. образование. 2005. — 316 б.
4. Электротехническое материаловедение. Учебное пособие, — Владивосток, 2006.—115 б.
5. Электротехнические материалы и изделия Справочник. И.Алиев, С.Калганова., — М.: РадиоСофт, 2007.— 352 б.
6. Серебряков Л.С. Электротехническое материаловедение. Проводниковые, полупроводниковые и магнитные материалы: Учебное пособие. — М.: ГОУ , 2008. — 372 б. Часть 1,2.

Мазмұны

| | |
|------------------------|----|
| Кіріспе | 3 |
| 1 Зертханалық жұмыс №1 | 3 |
| 2 Зертханалық жұмыс №2 | 8 |
| 3 Зертханалық жұмыс №3 | 15 |
| 4 Зертханалық жұмыс №4 | 22 |
| Әдебиеттер тізімі | 29 |

Рауза Мендыханқызы Кузембаева
Мукашева Райгуль Толеухановна

ЭЛЕКТРТЕХНИКАЛЫҚ МАТЕРИАЛТАНУ

5B071800– Электр энергетикасы, 5B081200- Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету мамандықтарының студенттері үшін зертханалық жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

Редактор Қасымжанова Б.С.
Стандарттау бойынша маман Н.Қ Молдабекова

Басылымға қол қойылды _____
Таралымы 150 дана
Көлемі оқу 1.9 баспа табак

Пішімі 60×84/16
Баспаханалық қағаз №2
Тапсырыс 150. Бағасы 937 теңге

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