

4 зертханалық жұмыс

Өткізгіштік материалдар

4.1 Жұмыстың мақсаты

Өткізгіш материалдардың физикалық құбылыстарын зерттеу және олардың негізгі мінездемелерінің меншікті кедергісін, кедергінің температуралық коэффициентін, термо ЭҚК –ін эксперименттік жолмен анықтау.

1.1 Қысқаша теориялық кіріспе

Өткізгіш материалдарға меншікті кедергісі 10^{-5} Ом.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 мкОм.м аспайтын мен қалыпты температурада меншікті кедергісі 0,3 мкОм.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 $/\rho/$ немесе оған кері шама меншікті өткізгіштік $/\gamma/$;
- меншікті кедергінің температуралық коэффициенті $/TK\rho/$;
- 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

$$\rho = R \cdot \frac{S}{\ell}.$$

(4.1)

ρ – ны өлшеу үшін СИ системасындағы Ом.м бірлігінен басқа СИ жүйесінен тыс Ом.мм²/м бірлігінде жиі қолданылады.

1 Ом.м = 10⁶ мкОм.м = 10⁶ Ом.мм²/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 мкОм.м.

Металдардың классикалық теориясы бойынша металл өткізгіштердің меншікті кедергісін былай анықтауға болады

$$\rho = \frac{2m \cdot V_T}{\ell^2 \cdot N \cdot \lambda}, \quad (4.2)$$

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

$$TK_R = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT}, \quad (4.3)$$

меншікті кедергінің температуралық коэффициенті

$$TK^{\rho} = \rho \frac{1}{\rho} \cdot \frac{d\rho}{dT}, \quad (4.4)$$

және сызықтық ұлғаюдың коэффициенті

$$TK^{\ell} = \frac{1}{\ell} \cdot \frac{d\ell}{dT}, \quad (4.5)$$

мұнда ℓ - заттың ұзындығы

Осы коэффициенттердің ұлғаюын, мысалы TK_R , мынадай жазуға болады

$$TK_R = \frac{1}{R_1} \cdot \frac{R_2 - R_1}{T_2 - T_1}, \quad (4.6)$$

мұндағы $R_1 - T_1$ температурасындағы кедергі;

$R_2 - T_2$ температурасындағы кедергі.

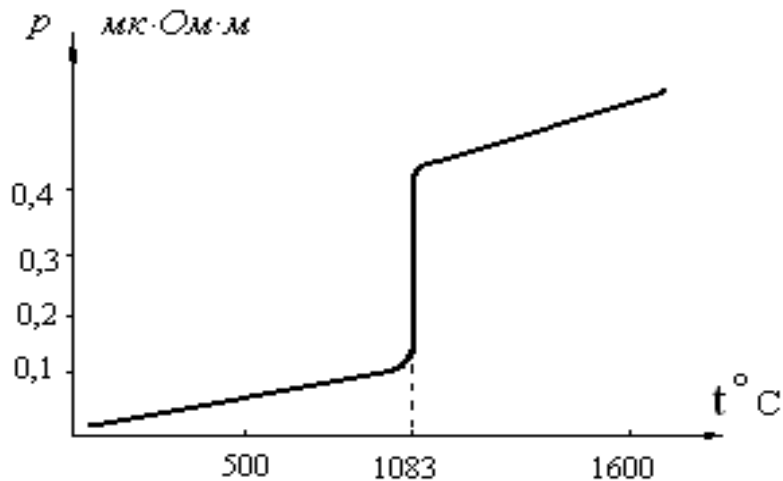
TK_R кедергінің температуралық коэффициенті - кедергінің температураға байланыстылығын, яғни кедергінің өткізгішті 1 градусқа қыздырғанда алғашқы кедергісіне қарағанда қанша есе өзгертетінін нақты сан түрінде көрсетеді. Барлық ТК-лар температура өлшеміне кері, сондықтан (K^{-1}) мен өлшенеді. Классикалық теория бойынша қатты күйдегі металдардың ТК – і идеал газ көлемінің ТК-ге жақын болады яғни $1/273 = 0.00367 K^{-1}$. Өткізгіштердің ТК-лері өзара байланысты болады

$$TK_R = TK^{\rho} - TK^{\ell}. \quad (4.7)$$

Әдетте таза металдар үшін $TK^{\ell} \ll TK^{\rho}$ 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 бағыттталып қозғалған еркін электрондар алдында бөгеттер көбее түседі, яғни орташа еркін жүріс ұзындығы $/\lambda/$ 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.



4.1 – 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

$$\rho_2 = \rho_1 [1 + TK_R (T_2 - T_1)], \quad (4.8)$$

мұндағы ρ_2 мен ρ_1 - өткізгіштердің T_2 және T_1 температураларындағы

меншікті кедергілері ($T_2 > T_1$);

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

$$U_T = k(T_1 - T_2), \quad (4.9)$$

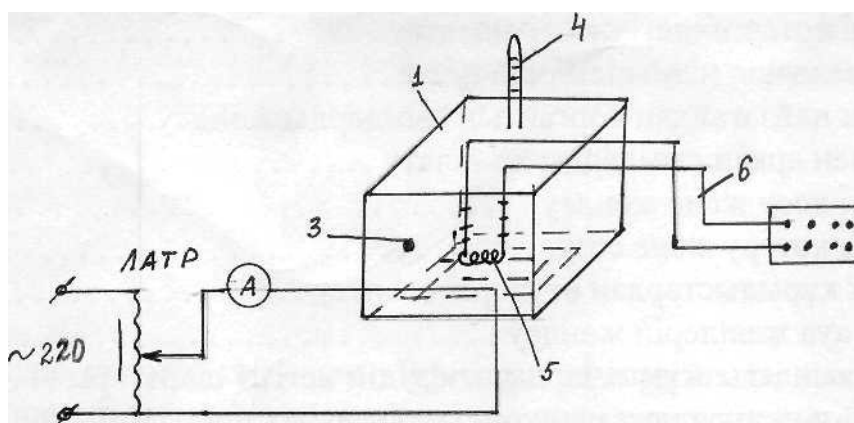
мұндағы k – екі өткізгіштің «Термо ЭҚК коэффициенті»

4.3 Қондырғыны суреттеу

4.2 - 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

4.2 – сурет. Өткізгіштердің ρ және TK^{ρ} өлшейтін қондырғының сұлбасы

4.4 Жұмыс тапсырмасы

4.4.1 Жеткізу өткізгіштерді қысқаша тұйықтап, оның $R_{\text{же}}$ кедергісін

өлшеуіш көпірмен өлшеу.

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

4.4.3 Жеткізу өткізгіштеріне сыналып жатқан өткізгішті жалғап,

олардың бөлме температурасындағы қосынды кедергісін анықтау ΣR . Сыналатын өткізгіштің кедергісі мынаған тең

$$R = R_{\Sigma} - R_{ж.о}, \quad (4.10)$$

меншікті кедергі 4.1 формуласымен анықталады.

Өлшеудің проценттік қателігін анықтау.

4.4.4 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 4.1- кестесіне орналастырамыз (2,3,6,7 графалар).

4.1- кесте

№ п.п.	T, С	$R_{\Sigma}; \text{Ом}$	$R; \text{Ом}$	$\rho; \text{мкОм.м}$	$U_n; \text{В}$	$R_n; \text{Ом}$	$U_{\tau}; \text{mV}$
1	2	3	4	5	6	7	8

4.5 Есептеу тапсырмасы

4.5.1 Сыналушы өткізгіштің меншікті кедергісінің температураға байланыстылығының эксперименттік және Видеман-Франц заңы бойынша (4.11) салынған теориялық графиктерін салу

$$\rho = \frac{T^0 L}{K}, \quad (4.11)$$

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

T^0 – температура, $^{\circ}\text{К}$;

$L = 2,45 \cdot 10^{-8} \text{ В}^2/\text{К}^2$ -Лоренц саны.

4.5.2 Пештегі қыздыру элементінің кедергісінің температураға байланыстылығын салу керек

$$R_{\Pi} = \frac{U_{\Pi}}{I_{\Pi}} \quad (4.12)$$

4.5.3 4.6 және 4.7 формулалары арқылы сыналушы өткізгіштің температуралар айырмасы максимал болған кездегі кедергісі мен меншікті кедергісінің ТК-терін анықтау.

4.5.4 Анықталған ТК^p шамасының көмегімен 4.8 формуласы арқылы 0°C-мен 180°C-тағы өткізгіштің меншікті кедергісін есептеу. Есептелген нүктелерді графикке енгізу.

4.5.5 Жоғарыдағы температура шамалары үшін Термо ЭҚК –ні табамыз. Термо ЭҚК-нің температураға байланысты графигін салу. 4.9 формуласы арқылы максимал температуралар айырмасындағы К коэффициентінің шамасын анықтау.

4.6 Бақылау сұрақтары

4.6.1 Кедергінің физикалық табиғаты қандай?

4.6.2 Меншікті кедергінің ТК-і дегеніміз не? Оның кедергісінің ТК-нен қандай айырмашылығы бар?

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

4.6.4 ТК ρ 0-ден үлкен, 0-ден кіші, 0-ге тең болған кездерде меншікті кедергінің температураға байланыстылық графигі қандай болады?

4.6.5 Екі металл қоспасындағы ρ мен ТК_p қалай өзгереді?

4.6.6 Термо ЭҚК-нің физикалық табиғаты қандай?

4.6.7 Мыс пен алюминидің қасиеттері қандай?

4.6.8 Жоғарғы өткізгіштік және криоөткізгіштік құбылыстар дегеніміз не?

5 зертханалық жұмыс

Материалдардың магниттік қасиеттері

5.1 Жұмыс бағыты

Ферромагниттік заттардың магниттік қасиетін анықтау және анықтау жолын табу.

5.2 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 /Тл/ бірлігімен өлшенеді.

$1 \text{ Тл} = 1 \text{ В с/м}^2 = 1 \text{ Вб/м}^2$ (СГСМ жүйесінде Гаусспен өлшенеді)
 $1 \text{ Гс} = 10^{-8} \text{ Вб/см}^2$.

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

$$\Phi = \int B dS \quad (5.1)$$

Бір қалыпты өрісте

$$\Phi = B \cdot S, \quad (5.2)$$

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

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: $B = \mu H$. Бұлар экспериментпен ғана анықталады.

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

$$\mu = \frac{B}{H \cdot \mu_0}, \quad (5.3)$$

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

СИ: жүйесінде $\mu_0 = 4\pi * 10^{-7}$ Гн/м = $1,256 * 10^{-6}$ 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 0,35мм – 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.

5.3 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 сызығының ұзындығы l /м/ және ток көлемі - I /А/ бойынша есептеледі.

МКСА практикалық жүйе бірлігінде

$$H = \frac{W_1 \cdot I_1}{l} \text{ [A/cm]}. \quad (5.4)$$

Өрістің кернеулігінің әр берілген көрсеткішіне өзіне сәйкес тоқты /5.3/ формуламен есептейді. Содан кейін орам W_1 тізбегіне токтың бірінші көрсеткішін қосады және осы кезде миллиамперметрдің (I_2) көрсеткішін белгілейді.

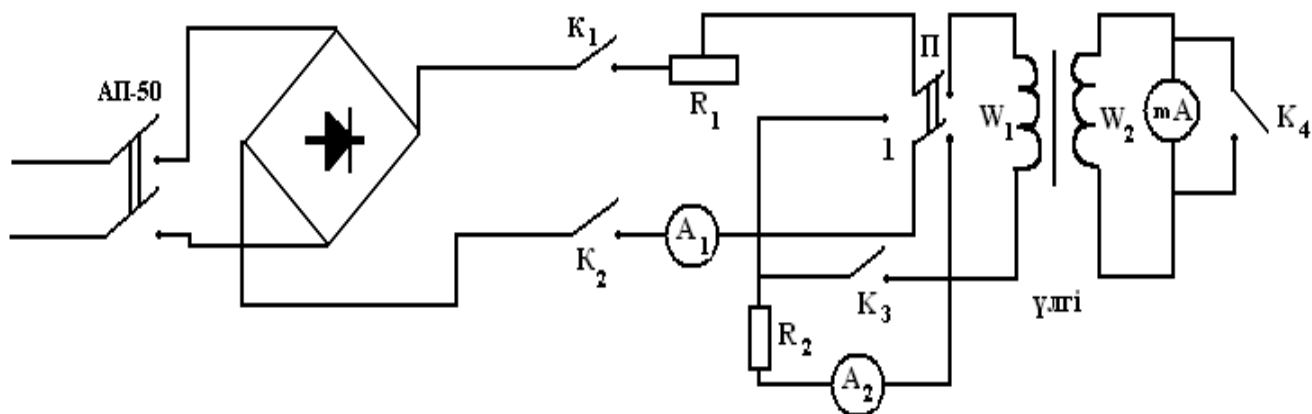
Өрістің берілген кернеулігінің мағынасына сәйкес индукцияның мөлшерін, мына формуламен анықтайды.

$$B = \frac{I_2}{W_2 S} [T_2] \quad , \quad (5.5)$$

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.

5.4 Құрылғының принципіалды сұлбасы және өлшеу реті



R_1 – үлгінің магниттегіш орамындағы токты реттейтін реостат;

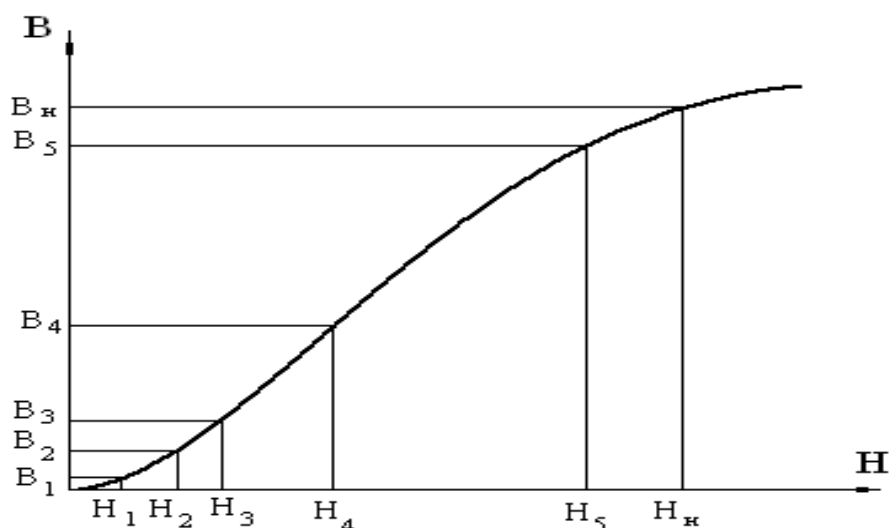
A_1 – үлгінің магниттегіш орамындағы ток өлшеу амперметрі;

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.



5.2 – 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 өзгертін 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 магнитілігін азайтып, магнит өрісі кернеулігінің кіші мәндерінен бастаймыз олай болмаса әр нүктенің соңынан магнитті кері магниттеуіміз керек болады.

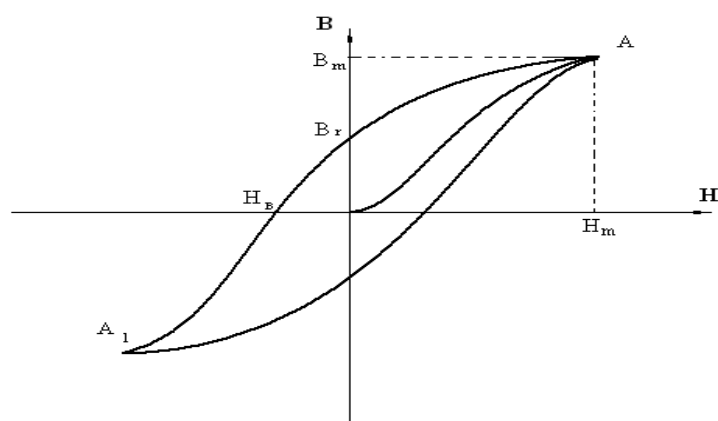
Негізгі индукция қисығы нүктесінде келесі түрде қарастырамыз:

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 тоқты

нөлдән 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 миллиамперметрді 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 $[T^{\wedge}]$ (5.5) 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. (5.4) формула арқылы B_2 индукцияны есептейді. Солай операцияны барлық нүктелерге қайталап отырып, нәтижесін кестеге енгізеді;

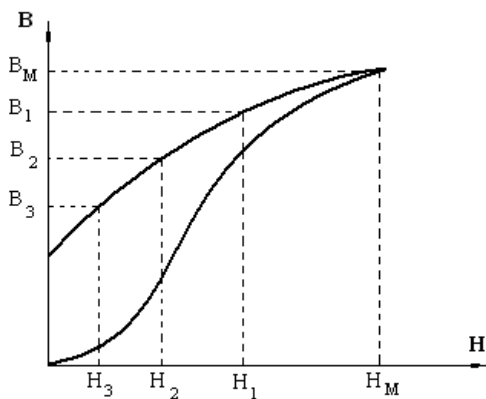
б) гистерезис тұзағының нүктелерін табу үшін тұзақтың тек бір бөлігін өлшейді. Олар төмендегі 5.3 - суреттегі $OAB_2 CA_1$ нүктелері.



5.3 – сурет

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

AB₂ бөлігі үшін өлшеу кезінде әр түрлі әдістер қолданылады, мұнда кернеу өрісі оң және B₂CA₁ бөлігі, бұнда теріс болады. AB₂ бөлігін өлшеуді А нүктесінен бастайды. Ол үшін айырғыштың 1-де, кілт К₁ тұйықталу кезінде R₁ реостатпенен магниттейтін өрістің максималды кернеулігіне сәйкес магниттеуші ток тұрғызады. К₂ кілтімен ток көзін айырады. R₂ реостатымен А₂ амперметр бойынша ток көрсеткішін анықтайды, бұл Н₁ нүктесіндегіден кішкене болады (5.4 - сурет).



5.4 – сурет. $B = f(H)$ -тың $(H \rightarrow 0)$ кезіндегі қатынасы

Қайтіп К₂ кілтін қосып тоқты коммутаттаймыз. Кернеу өрісімен келетін Н_м және айырғыш кілтін /1/ қалпына қоямыз.

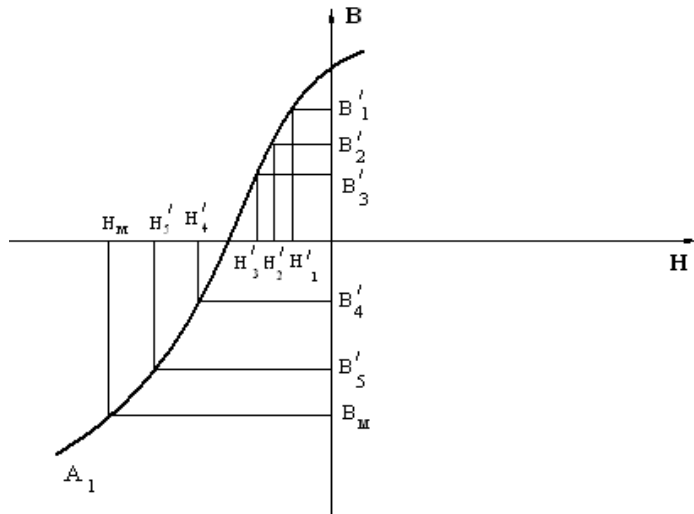
Микроамперметрді қосып шкаланың көрсеткішін, ауытқу К₂ кілтін қосқаннан кейін көреміз. $B_m - B_1$ келесі формуламен табамыз

$$B_m - B_1 = \frac{I_2}{W_1 \cdot S}$$

(5.6)

B₁ индукциясын оңай анықтаймыз, өйткені B_м индукция қисығынан табылады. Сондай ақ, магниттелетін өрістің кернеулігіне Н₂<Н₁ сәйкес В₂ нүктесін жоғарыдағы әдіспен табамыз. Үлгінің қалдық индукциясы В₂ нүктесін айырғыш П-ны 1 қалыптан 0-ге қосып табуға болады. 5.5 - суретке сәйкес, тұзақтың В₂ CA₁ бөлігін өлшеуді өрісті магнитсіздендіретін кернеуліктің Н₁ мөлшерін қойғаннан кейін бастайды. Ол үшін айырғыш П, 1-ші қалыпта болған жағдайда кілт R₂-ны ток көзінен айырады, реостат R₂-мен амперметр А₂ бойынша өрістің кернеулігі Н₁-ге сәйкес токты

қояды. Ол кернеулік үлгі заттың коллективтік күшінен H_0 әлде ғана аз. Содан кейін K_2 кілтін тұйықтап, 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 5.6 формуласы арқылы есептеледі.



5.5- сурет. $B = f(H)$ -тың $(H \rightarrow -H)$ кезіндегі қатынасы

Өрістің кернеулігі (5.4) 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.

5.4 Берілген жұмыс

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

5.4.2 $\mu = f(H)$ қатынасын салу.

5.4.3 Салынған суреттерді [1]-ші кітаптағы суреттермен салыстырып, зерттеген заттың қайда пайдалануын білу.

5.1 – кесте. магнит қасиетін есептеу кестесі

№	I_1, A	I_2, A	$H = \frac{W_1 I_1}{l}, A/m$	$B = \frac{I_2}{W_2 S}, T$	$\mu = \frac{B}{H \mu_0}$
---	----------	----------	------------------------------	----------------------------	---------------------------

5.5 Бақылау сұрақтары

5.5.1 Магнит материалдары қайда қолданылады?

5.5.2 Магнит материалдарының сипаттамасы қандай?

5.5.3 Магнит өрісінің негізгі мінездемесі, өлшем бірлігі?

5.5.4 $B = f(H)$ қисықты салу үшін қандай аппараттар мен аспаптар

қолданылады?

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

5.5.6 Қондырғы сұлбасы.

5.5.7 Жұмыс жасау қатары.