

№ 8 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС

АКТИВТІК КЕДЕРГІНІ АМПЕРМЕТР ЖӘНЕ ВОЛЬТМЕТР ӘДІСІМЕН ӨЛШЕУ

1. Жұмыстың мақсаты

Өлшеуіш приборлармен (амперметр және вольтметр), тұрақты токтың электр тізбектеріндегі кедергілерді өлшеу әдісімен, өлшеу қателіктерінің негізгі түрлері және оларды азайту әдістерімен танысу.

2. Қысқаша теориялық кіріспе

2.1. Электр тоғы деп электр зарядтарының реттелген (бағытталған) қозғалысы айтылатыны белгілі. Егер токтың күші және бағыты уақытқа байланысты өзгермейтін болса, онда мұндай ток тұрақты ток болады. Тұрақты ток бағынатын негізгі заң – Ом заңы. Осы заңға сәйкес, тосын күштер әсер етпейтін тізбек бөлігіндегі (тізбектің біртекті бөлігі) өткізгіш бойымен ағатын ток күші өткізгіштің шеттеріндегі потенциалдар айырмасына (кернеуге) тура, ал оның кедергісіне кері пропорционал болады, яғни

$$I = \frac{U}{R} . \quad (1)$$

Электр тізбегіндегі тұрақты токты қамтамасыз ету үшін электр қозғаушы күш үздіксіз әсер етуі қажет, өйткені заряд тасымалдаушылар реттелген қозғалыс жасаған кезде қайсыбір кедергіге кездеседі. Металл өткізгіштердің кедергісін кристалдық тордың түйіндерінде орналасқан атомдармен (иондармен) өріс әсерінен реттелген қозғалыс жасайтын еркін өткізгіштік электрондардың әсерлесуімен (шашырауымен) сапалы түрде түсіндіруге болады. Жылулық тербелмелі қозғалыс күйінде тұрған атомдар (иондар) электрондардың орын ауыстыруына кедергі жасайды, осыдан ток күші кемиді.

Өткізгіштің кедергісі деп токтың жүруіне өткізгіштің қиындық келтіретін қасиетін сипаттайтын физикалық шаманы айтады. Кедергі өткізгіштің материалына, оның геометриялық пішіні мен мөлшеріне, температураға және де токтың өткізгіш бойына қалай таралғандығына (конфигурациясына) тәуелді. Ұзындығы l , көлденең қимасы S біртекті цилиндр тәрізді өткізгіштің кедергісі былай анықталады:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (2)$$

мұндағы ρ – меншікті электр кедергі.

СИ системасында кедергі Оммен өлшенеді. 1 Ом деп өткізгіштің екі шетінде потенциалдар айырмасы 1 В болған жағдайда күші 1 А тұрақты ток жүретін өткізгіш кедергісін айтады. Үлкен кедергілерді өлшеу үшін мынадай өлшем бірліктері қолданылады: $1 \text{ кОм} = 10^3 \text{ Ом}$, $1 \text{ МОм} = 10^6 \text{ Ом}$.

2.2. Токты өлшеу. Ток күшін өлшеуге арналған прибор амперметр деп аталады. Ол тізбектің ток күші өлшенетін бөлігіне тізбектеп қосылады. Амперметрдің R_a ішкі (меншікті) кедергісі мүмкіндігінше аз болуға тиіс. Сонда амперметрді тізбекке қосқанда тізбектің осы бөлігінің кедергісі іс жүзінде өзгеріссіз қалады. Осы жағдайда прибор тұтынатын қуат елеусіз аз болады. Осылай қосылған амперметрлер токты тікелей бақалайтын приборлар ретінде қолданылады, бұлар өлшенетін токтың сандық мәндерін көрсетеді.

Жұмыс істеу негізіне қарай амперметрлер магнитоэлектрлік және электромагниттік болып бөлінеді. Магнитоэлектрлік жүйедегі амперметрдің жұмыс істеуі тұрақты магниттің магнит өрісімен өлшенетін ток өтетін қозғалмалы контурдың әсерлесуіне, ал электромагниттік жүйедегі амперметрдің жұмыс істеуі орамдары арқылы өлшенетін ток өтетін катушканың магнит өрісімен қозғалмалы ферромагниттік өзектің әсерлесуіне негізделген.

Тұрақты ток тізбектерінде негізінен магнитоэлектрлік (сирек, электромагниттік) жүйедегі амперметрлер қолданылады. Амперметр ток күшінің белгілі шектік мәніне арналады. Оның өлшеу диапазонын үлкейту үшін амперметрге параллель қосымша кедергі (шунт) қосылады. Сонда өлшеу диапазонын n есе үлкейту үшін кедергісі $R_{ш}=R_a/(n-1)$ шунт керек болады.

Гальванометрге параллель шунт жалғап, бақылау шкаласын өзгертіп, оны амперметрге айналдыруға болады.

2.3. Кернеуді өлшеу вольтметрмен жүргізіледі. Вольтметр өлшенетін тізбек бөлігіне параллель қосылады, оның көмегімен бірден кернеу анықталады. Ол да амперметр секілді магнитоэлектр немесе электромагнит жүйесінде болады. Вольтметр тізбекке параллель қосылатындықтан негізгі тізбек тогын көп өзгертіп алмас үшін оның кедергісін өте үлкен етіп алады, яғни вольтметрден өтетін ток өте аз болуы керек. Сондықтан вольтметрдің өлшеу шегін өзгерту үшін оған тізбектей R_k қосымша кедергі жалғайды: өлшеу шегін n есе өсіру үшін $R_k = R_B(n-1)$ қосымша кедергі керек.

2.4. Үлкен кедергілер амперметр және вольтметр әдісі бойынша өлшенеді (1 суреттегі схема). Бұл жағдайда өлшенетін кедергі

$$R = U / I ,$$

мұндағы I - өлшенетін кедергіден өтетін ток, U - кернеу.

1 - суреттегі схема өлшенетін R кедергі амперметрдің ішкі кедергісінен әдеқайда көп болғанда қолданылады. Бұл жағдайда амперметрге түскен кернеу ескерілмейді, берілген кернеу түгелімен өлшенетін кедергіге түседі деп есептелінеді.

Өлшенетін кедергіге түсетін кернеудің U_R шын мәні вольтметрдің көрсеткен U мәнінен, амперметрге түсетін δU_A кернеу мәніне, яғни $\delta U_A = R_A I$ шамасына кем болады:

$$U_R = U - \delta U_A , \quad (2)$$

мұнда R_A - амперметрдің ішкі кедергісі.

Амперметр енгізетін қателікті ескеретін болсақ, онда өлшенетін кедергінің дәл мәні мына формуламен анықталады:

$$R = \frac{U - \delta U_A}{I}, \quad (3)$$

яғни дәлірек анықталған кедергіге түскен кернеу

$$U = IR + \delta U_A$$

болады.

Егерде δU_A прибордың өлшеу дәлдігінен үлкен болса, оны ескеру қажет. Мұнда U – кернеудің дәл мәні деп санаймыз, бірақта оның өлшеу қателігін төмендегіше бағалаймыз.

1 - суреттегі схема бойынша салыстырмалы қателік немесе кернеу өсімшесі мына формуламен анықталады:

$$\frac{\delta U_A}{U} = \frac{IR_A}{I(R + R_A)} \approx \frac{R_A}{R}. \quad (4)$$

2.5. Егерде амперметрдің R_A ішкі кедергісі өлшенетін R кедергімен шамалас болса, яғни аз кедергі жағдайында, 2-ші суреттегі схема қолданылады. Бұл жағдайда вольтметр кедергіге тікелей қосылады да, тек қана ондағы кернеудің түсуін өлшейді. Бірақта, ескере кететін жай, вольтметр амперметр сияқты, 2 - суреттегі схемада дәл мәнді көрсетпейді екен. Себебі, вольтметр арқылы аз да болса, δI_v ток жүреді, сонда өлшенетін кедергі арқылы жүретін токтың мәні $(I - \delta I_v)$ болатындықтан, ондағы кернеу

$$U = (I - \delta I_v) \cdot R$$

формуласымен анықталады. Демек, вольтметр енгізетін қателікті ескергенде, кедергіні дәл анықтау үшін, оның мәні мына формуламен есептелінеді:

$$R = U / (I - \delta I_v) , \quad (5)$$

мұнда $\delta I_v = U / R_v$ – вольтметр арқылы өтетін ток, R_v – вольтметрдің ішкі кедергісі, U – кедергіге түсетін кернеудің дәл мәні деп қарастыруға болады.

2 - суреттегі схема бойынша салыстырмалы ток өсімшесі мына формуламен анықталынады:

$$\frac{\delta I_v}{I} = \frac{U / R_v}{U(R + R_v) / RR_v} = \frac{R}{R + R_v} \approx \frac{R}{R_v} . \quad (6)$$

Егер бұл шаманың мәні вольтметрдің дәлдік класымен анықталатын қателік шегінен асып кетсе, онда кедергінің мәнін (5) өрнекпен анықтау қажет.

Көрсетілген екі схеманың қайсысы дәлірек өлшейтіндігі (3) немесе (6) формула бойынша анықталады.

3. Тәжірибелік қондырғының сипаттамасы

3.1. ПРМ-01 (ПНР) аспабы хром-никель қортпа сымның (Cr-Ni) кедергісін ток пен кернеуді дәл өлшеу арқылы анықтауға арналған.

Қондырғының бұрандалы аяқтары оны түзетіп дұрыс орналастыруға мүмкіншілік береді. Қондырғы ұзындық табанына өлшем бірлігі бар баған бекітілген. Бағанға екі қозғалмайтын және бір қозғалмалы кронштейн орналастырылған; бұларды баған бойымен жылжытып, кезкелген орынға бекітуге болады. Жоғарғы және төменгі кронштейн арасына резистор сым бұрандалардың көмегімен кубиктерге бекітіліп тартылған. Қозғалмалы кронштейндегі қысатын контакт арқылы резистор сыммен берік жалғануы

қамтамасыз етіледі. Ұзындық шкаласында өлшенетін сым кесіндісін өлшеуді оңайлату үшін қозғалмалы кронштейнде сызықша жүргізілген. Резистор сымның жоғарғы, төменгі және орталық қозғалмалы контактылары кедергісі өте аз сымдар арқылы қондырғының өлшеуіш бөліктеріне орталық корпусқа орналастырылған және қондырғы табанына винттер жәрдемімен бекітіліп қосылған. Өлшеуіш блоктың беткі қақпақшасының түрі 3-суретте көрсетілген. W_3 клавишы ток көзін қосады. Сонда беткі қақпақшада неон лампы жанады. W_1 клавишы жұмыс түрін анықтайды. Ол үнемі басылып тұруы қажет. Токтың дәл өлшенуі W_2 басылмаған жағдайда жүргізіледі (1-сурет).

Кернеудің дәл өлшенуі W_2 басылған жағдайында іске асады (2-сурет).

3.2. Аспаптың техникалық параметрлері

Резистор сымның толық ұзындығы	$L=0.5$ м
Резистор сымның диаметрі	$d =0.35$ мм
Резистор сымның толық кедергісі	$R = (5.6 \pm 0.5)$ Ом
Резистор сымның ұзындығын анықтаудың дәлдігі	$\Delta L = 1$ мм
Резистор сымның меншікті кедергісі	$\rho=1.05$ Ом•мм ² /м
Резистор сымның меншікті кедергісін өлшеу қателігі	$\Delta\rho/\rho=8$ %-тен көп емес
Миллиамперметрдің ішкі кедергісі	$R_A = 0.15$ Ом
Вольтметрдің ішкі кедергісі	$R_V = 2.5$ кОм

4. Жұмыстың орындалу тәртібі

4.1 Жылжымалы кронштейнді сызықшаның 40 - 48 см аралығына жылжытып апарып орналастыру керек.

4.2. Аспапты токқа қосу керек. W_2 -ні (3-сурет) токты дәл өлшеу жағдайына қою керек (1-суреттегі схеманы қараңыздар); W_2 -нің басылмаған жағдайы. Токты реттейтін P_1 арқылы ток мәнін вольтметрдің стрелкасы соңғы ширекте болатындай етіп қою керек.

4.3. Қозғалмалы кронштейнді төмен түсіріп, алдымен 1 см-ден 5 см-ге дейін қадамы 1 см, одан әрі қадамын 2 см етіп алып соңына дейін жылжыту керек; амперметр мен вольтметрдің көрсетулерін 4.1 кестеге енгізіңіздер.

4.4. W_2 -ні кернеуді дәл өлшейтін жағдайына (2-суреттегі схеманы қараңыздар) қойып, 4.3 пунктіне сәйкес өлшеу жүргізіңіздер.

4.5.
$$\rho = \frac{\pi d^2 U}{4L I} \quad (7) \quad \text{формула арқылы 4.3 және 4.4}$$

пункттердегі алынған өлшеу нәтижелері бойынша, сымның барлық ұзындықтары үшін оның меншікті кедергісін анықтаңыздар.

$\rho=f(L)$ тәуелділігінің графигін тұрғызыңыз. Абсцисса осіне сымның L ұзындығын, ал ордината осіне оның меншікті ρ кедергісінің мәндерін салыңыздар.

Алынған нәтижелерді талдаңыздар.

Шындығында меншікті кедергі сымның ұзындығына тәуелсіз болу керек. Алынған нәтижелердің қайшылығы жалғаушы сымдардың кедергілерінің әсерінен, ал 1-суреттегі схема бойынша жұмыс істегенде амперметрдің ішкі кедергісінің болуы салдарынан келіп шығады (1-сурет).

4.6. Меншікті кедергінің алынған мәніне жалғау сымдары мен амперметр кедергілерінің еткен әсерін шығаратын түзетуді табу үшін вольтметрдің U көрсетуінің резисторлық сым ұзындығына тәуелділігінің $U=f(L)$ графигін тұрғызыңыз (ең кіші квадраттар әдісін қолданған жөн).

Графиктерден жалғау сымдарына түсетін кернеудің δU_1 және δU_2 түзетулерін анықтау керек (1-суреттегі схема бойынша жұмыс істегенде – амперметр үшін). Бұлар $U=f(L)$ түзулерінің $L=0$ болғандағы ордината осімен қиылысу нүктелеріне сәйкес келетін U мәндері ретінде анықталады.

4.7. Осыдан кейін 4.3 және 4.4 пункттерінде жүргізілген барлық өлшеулер үшін меншікті кедергілердің меншікті шын мәндерін төменгі формулалар арқылы анықтаңыз:

$$\rho = \frac{\pi d^2}{4L} \frac{U - \delta U_1}{I} \quad (1\text{-суреттегі схема бойынша жұмыс істегенде}), \quad (8)$$

$$\rho = \frac{\pi d^2}{4L} \frac{U - \delta U_2}{I - U/R_v} \quad (2\text{-суреттегі схема бойынша жұмыс істегенде}) \quad (9)$$

4.8. (8) және (9) формулалар арқылы есептелініп алынған нәтижелер бойынша $\rho=f(L)$ тәуелділік графиктерін тұрғызу керек. Өлшеудің нәтижелеріне талдау жасаңыз. Эксперименталдық нүктелердің шашырауы L мәнін кішірейткенде неліктен үлкейетіндігін түсіндіріңіз.

4.9. $L=(20 \div 50)$ см мәндерінің интервалы үшін меншікті кедергінің орташа мәнін және оның сенімді интервалын есептеңіз. Соңғы шаманы (7) формуладан анықталатын

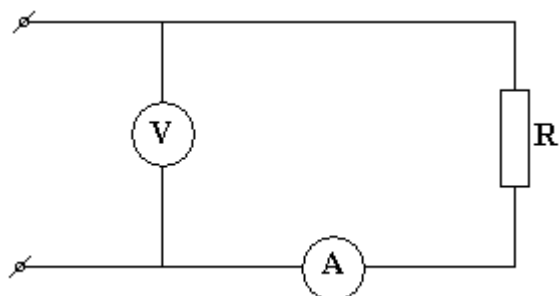
$$\frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{2\Delta d}{d} + \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} \quad (10)$$

$\Delta \rho$ орташа мәнімен салыстырыңыз.

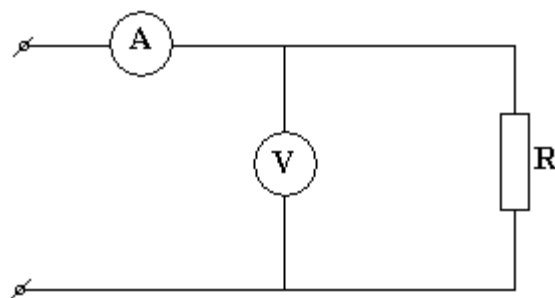
Мұндағы $\Delta d=0.005$ мм, $\Delta L=1$ мм, ΔU және ΔI –приборлардың дәлдік класынан анықталады (U -вольтметрдің $L=35$ см болғандағы көрсеткен мәні).

4.10. Резисторлық сымның табылған меншікті кедергісінің мәні бойынша оның толық кедергісін $L= 50$ см толық ұзындығы үшін анықтаңыз. δU_1 және δU_2 мәндері бойынша жалғаушы сымдардың δR_1 және δR_2

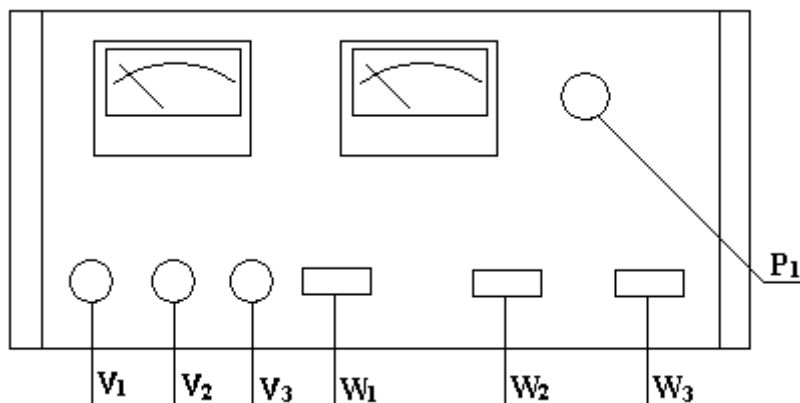
кедергілерін, ал 1-суреттегі схема бойынша жұмыс істегенде амперметрдің R_A кедергісін де қоса табу керек. Бұл мәндерді резисторлық сымның кедергісімен салыстырыңыз.



1 сурет. Амперметр және вольтметр әдісі бойынша үлкен электр кедергілерін өлшеу схемасы



2 сурет. Амперметр және вольтметр әдісі бойынша кіші кедергілерді өлшеу схемасы



3 сурет. Өлшейтін блоктың алдыңғы бетінен көрінісі.

4.11. Жасалынған жұмыстың нәтижелері бойынша жалпы қорытындылар жасаңыздар.

4.1– кесте

L, м	U, В	I, А	ρ , 10^{-6} Ом · м	$\rho_{\text{дәл}}$, 10^{-6} Ом · м
------	------	------	---------------------------	--

Жұмысты орындау үшін келесі мәліметтер белгілі болуы керек:

- резистивті сымның диаметрі және оны өлшеудің қателігі;
- сымның ұзындығын өлшеудегі қателік;
- амперметрдің дәлдік класы және оның өлшеу шегі;
- вольтметрдің дәлдік класы және оның өлшеу шегі;
- вольтметрдің ішкі кедергісі;
- Стьюдент коэффициенті.

Оқу құралының қосымшасында осы лабораториялық жұмыстың нәтижелерін ЭЕМ - ЭВМ (Lab 1) арқылы өндеудің бағдарламасы берілген. Барлық эксперимент мәліметтері СИ жүйесіне келтірілуі қажет.

Нәтижелерді шығарудағы белгілер:

$R_0 \text{ real ср.}$ – шын меншікті кедергінің орташа мәні;

$dr_0 - \rho_{\text{шын}}$ анықтаудағы сенімділік интервалы;

ϵ_{ps} – өлшеудің салыстырмалы қателігі;

r – ұзындығы $L = 0.5$ м тең резистивті сымның кедергісі;

r_p – 1-суреттегі схема бойынша жасалынған жұмыстағы амперметрдің ішкі кедергісін қосып есептегендегі жалғастыратын сымдардың кедергісі.

5. Бақылау сұрақтары

5.1. Тізбек бөлігі үшін Ом заңының мағынасы, ол қалай өрнектеледі?

5.2. Ток күші, кернеу, кедергі қандай бірліктерде өлшенеді?

5.3. Меншікті кедергінің физикалық мағынасы неде? Өлшем бірлігін көрсетіңіз. Меншікті кедергінің температураға тәуелділігі қандай?

5.4. Неліктен 1-ші суреттегі схема аз кедергілерді өлшеуге жарамайды?

5.5. Джоуль - Ленц заңын тұжырамдаңыз.

5.6. Неліктен вольтметрдің ішк кедергісін өте үлкен етіп жасайды?

5.7. Амперметр мен вольтметрдің жұмыс істеу принципін түсіндіріңіз.

Не үшін және қалай амперметрлерге шунт қосады, вольтметрлерге қосымша кедергі қосады?

5.8. Амперметр және вольтметр өлшеу тізбегіне қандай бөгеулер енгізеді? Бөгеулер нелерге тәуелді? Бұларды қалай жоюға болады?

5.9. Сізге жүйелі өлшеудің қателігін қалайша жоюға тура келді?

5.10. Стрелкалық өлшеу аспаптарының өлшеу дәлдігін арттыру үшін шкаланың қай аймағында өлшеуді жүргізу керек ?

6. Әдебиет

6.1. Методы физических измерений (лабораторный практикум по физике). / Под ред. Р.И.Солоухина. - Новосибирск: Наука, 1975.

6.2. Соловьев В.А., Яхонтова В.Е. Основы измерительной техники.- Л.: Изд.ЛГУ, 1980.

6.3. Кушнир Ф.В. Электрорадиоизмерения. - Л.: Энергоатомиздат, 1983.

