Коммерциялық емес акционерлік қоғам

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электроника кафедрасы

АҚПАРАТТЫҚ - ӨЛШЕУІШ ТЕХНИКАСЫ

5В071800 – Электр энергетикасы мамандығының студенттері үшін есептеу-сызба жұмыстарын орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

Алматы 2014

Құрастырғандар: Ш.А. Бахтаев, С.Б. Абдрешова, С.К. Оразалиева. Ақпараттық - өлшеуіш техникасы. 5В0718 00– Электр энергетикасы мамандығының студенттері үшін есептік-сызба жұмыстарын орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар – Алматы: АЭжБУ, 2013. – 26 бет.

Әдістемелік нұсқауда №1 және №2 есептік-сызба жұмыстарының тапсырмасы, оларды орындаудың жалпы жағдайлары, рәсімдеу және орындау реттері келтірілген.

Без. 13, кестелер 30, әдебиет тізімі – 5 атау

Пікір беруші: техн.ғыл.канд., доцент Байкенов Б.С.

«Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2013 жылғы жиынтық жоспары бойынша басылады

© «Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2014 ж.

Кіріспе

«Ақпараттық өлшеуіш техникасы» пәні Электр энергетикасы мамандығының бакалаврларын дайындаудағы қажетті пәннің бірі болып табылады.

Әдістемелік нұсқаулар №1 және №2 есептік- сызба жұмыстардан (ЕСЖ) тұрады, ал олардың әрқайсысы 10 есептен тұрады. Тапсырма нұсқасы кесте бойынша таңдалады. Топтар шығаратын есептер тапсырмасын келесі кесте бойынша таңдап алады.

1 кесте

Топтың нөмірі	№1 ЕСЖ	№2 ЕСЖ
жұп	1.1, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2	4.1, 4.2, 5.1, 6.1, 6.2
тақ	1.2, 2.3, 2.4, 2.5, 3.3	4.3, 4.4, 4.5, 5.2, 6.3

Есептік-сызба жұмысты орындау кезінде студент келесі ережелерге сүйенуі керек:

- әрбір есеп формуласымен көрсетілуі қажет және сандық берілгендер көрсетілуі керек;
- есепті шығарудың алдында сол есептің бөлімін, кітаптың тарауынан анықтап қарап оқу керек;
- барлық шамалар стандартты Халықаралық СИ бірлікте өрнектелу керек.

1 Есептік-сызба жұмысы №1. Өлшеу қателіктері

Есеп 1.1

Бір фазалы индукционды электр энергиясын санағышта жазылған: 220 В, I А, 50 Гц, 1 кВт·сағ = N_H дисктің айналуы. Жүктеме ретінде қосынды тогы I, А тең электр шамдары алынды. Диск 220 В кернеумен 100 с N_H айналым жасады. Санағыштың номиналды және нақты тұрақтыларын табу керек, сонымен қатар абсолютті және салыстырмалы қателіктерді табыңыз.

1.1.1 кесте

Берілгендер	Нұсқа, шифрдың соңғы алдындағы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I, А	6.0	6.6	7.3	7.5	8.0	8.2	8.8	9.0	9.5	10
N_H, диск.айын	600	650	690	700	710	745	780	800	850	900

Орындау реті.

Санағыштың номиналды тұрақтысы

$$C_н = \frac{W_н}{N_н} = \frac{1000}{N_н}, \quad (1.1.1)$$

Бақылау уақытының энергиясы (100 с)

$$W = U \cdot I \cdot t, \quad (1.1.2)$$

Санағыштың нақты тұрақтысы

$$C_д = \frac{W}{N_д}, \quad (1.1.3)$$

Абсолютті қателік

$$\Delta C = C_н \cdot C_д, \quad (1.1.4)$$

Салыстырмалы қателік

$$\delta\% = \frac{\Delta C}{C_д} \cdot 100,\%. \quad (1.1.5)$$

Есеп 1.2

Физикалық шама келесідей аспаппен өлшенген (1.2.1 кестені қараңыз). Аспаптың өлшеу шегі $A_н$, шкала N бөліндіден тұрады, нақтылық классы К. Өлшеу кезінде аспап жуықтап алғанда n бөлікті көрсетеді.

Өлшеудің және аспаптың метрологиялық сипаттамаларын табыңыз: бөлу құны С, сезімталдық S, өлшеу нәтижесі А, нақты өлшеудің аспаптық абсолютті және салыстырмалы қателіктерді анықтау керек.

1.2.1 кесте

Аспаптың параметр лері	Нұсқа, шифрдың соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ан	10 В	1 В	5 В	30 В	1 А	2 А	5 А	7,5 А	15 В	0,5 А
К, %	0,5	1,0	1,5	2,5	0,5	1,0	1,5	2,5	0,2	0,1

1.2.2 кесте

Аспаптың көрсеткіші және шкаланың бөлік саны	Нұсқа, шифрдың соңғы алдындағы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N, бөл	50	75	100	50	75	100	50	75	150	150
n, бөл	31	55	75	35	45	82	37	64	132	102

Есептеу реті.

Бөліктің саны аспаптың сипаттамасына байланысты. Сезімталдық аспап өлшеген кезде өлшенетін шаманың түрленуінің индикаторлық сілтеуіштен ауытқуына тәуелді. Нақтылық классы өлшеу амалының келтірілеген қателігімен анықталады. Салыстырмалы қателік нақтылық классымен және $A_н/A$ қатынасымен табылады.

2 Токты өлшеу

Есеп 2.1

Тізбектегі ток G1 жоғары жиіліктегі қорек көзімен қоректенген, ол ток термотүрлендіргішіті ТТ магнитэлектрлік жүйелі аспаппен өлшенеді (2.1 суретті қараңыз).

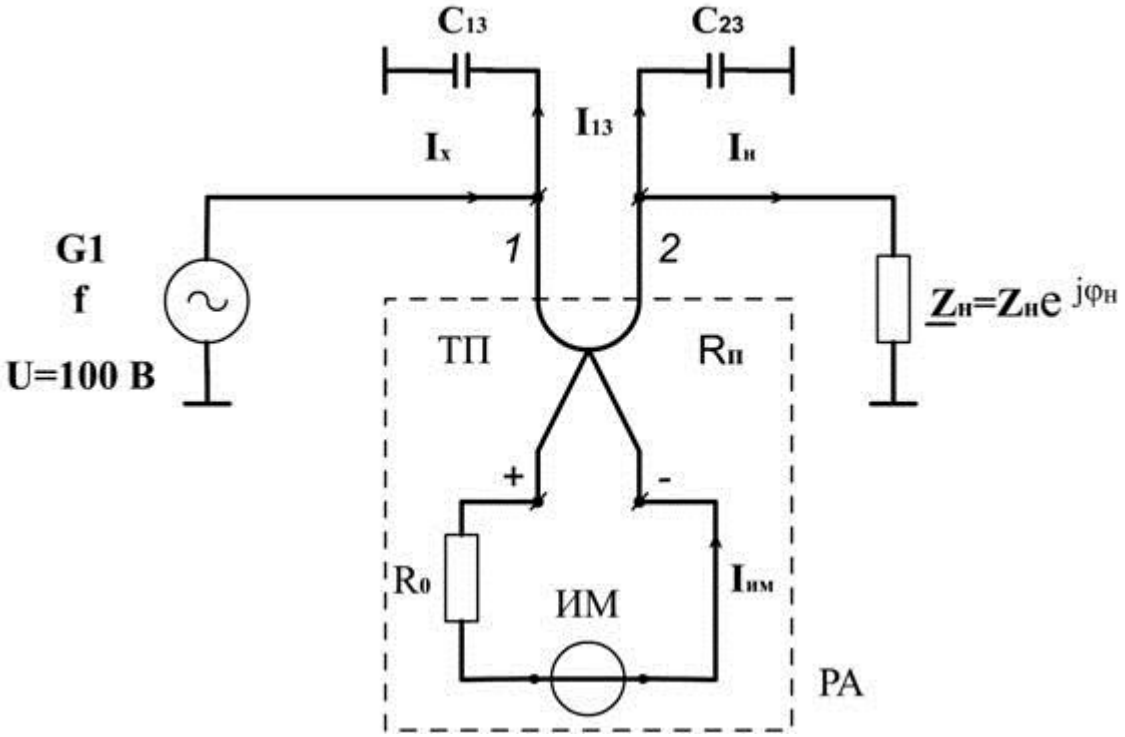
Анықтаңыздар:

а) тізбектегі токты;

б) токты өлшеу қателігін;

в) токтың ағымы бойынша қосымша кедергісін;

г) өлшеудің жалпы қателігін.



2.1 сурет – ЖЖ – тоқты өлшеу сұлбасы

Есептеу реті.

Аспаппен өлшенетін ток келесіге тең

$$I_X = \sqrt{I_c^{\,2} + I_н^{\,2}}\,, \qquad (2.1.1)$$

мұндағы Iс – параллель қосылған сыйымдылықтағы ағынды ток;

$$C_{13} = C_{23} = 2{,}5\ пФ;$$

$I_н$ – жүктеме тоғы.

Сұлба тізбегіндегі ағатын токтар, олардың кедергілеріне кері пропорционалды

$$\frac{X_c}{Z_н} = \left(\frac{1}{(\omega C_э)}\right) \div Z_н = K_c\,, \qquad (2.1.2)$$

мұндағы $C_э = C_{13} = C_{23} = C$.

Өйткені

$$I_н = \sqrt{I_н^{\,2} + (I_н \cdot K_c)^2} = I_н \cdot \sqrt{1 + K_c^2}\,. \qquad (2.1.3)$$

Ағынды токтардың қосымша қателігі

$$\delta_у = (\sqrt{1 + K_c^{\,2} - 1}) \cdot 100,\%. \qquad (2.1.4)$$

Негізгі қателік РА пайда болады

$$\delta_a = \left(\pm \frac{\Delta_a}{I_X}\right) \cdot 100\ ,\%. \qquad (2.1.5)$$

Мұндағы

$$\Delta_a = \pm \frac{\gamma a \cdot I_{ан}}{100},$$

γа = 2,5 % - РА нақтылық классы;

$I_{ан}$ = 5мА. - өлшеу шегі.

Өлшеудің жалпы қателігі

$$\delta = |\delta a| + \delta_{у,}\%. \qquad (2.1.6)$$

2.1.1 кесте

Жүктеме	Нұсқа, шифрдың соңғы алдындағы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Z_н$, кОм	20	25	30	22	27	35	32	37	18	33
$\varphi_н$, град	15	17	20	22	25	27	31	35	38	42

2.1.2 кесте

Жиілік	Нұсқа, шифрдың соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
f, МГц	1	2	4	6	8	10	0,8	0,9	0,7	7

Есеп 2.2

Жоғары жиіліктегі электр тізбегіндегі тоқ, нақтылық классы 0,5 тең жүктеме кедергісіндегі $R_ж$ тұтынылатын қуат арқылы P анықталды. Қуат нақтылық классы 1,5 тең және шкаласы 0…10 Вт тең калориметрикалық ваттметрмен өлшенді.

Анықтау керек:

а) тізбектегі токты;

б) қателіктерді өлшейтін абсолютті шегін;

в) өлшеу нәтижесін.

Есептеу реті.

Нақты өлшеу жанама болып табылады

$$\mathbf{I} = \sqrt{\mathbf{P}/\mathbf{R}_н}\ . \qquad (2.2.1)$$

Токтың абсолютті қателікті шегін келесідей табуға болады

$$\Delta_I = \pm\sqrt{(\partial I/\partial P)^2(\Delta_P)^2 + (\partial I/\partial R_н)^2(\Delta R_н)^2}\ , \qquad (2.2.2)$$

мұндағы Δ_P – ваттметрдің абсолютті қателігі,

$\Delta R_ж$ – жүктеме кедергісін дайындаудағы абсолютті қателік. Онда

$$\mathbf{I}_X = \mathbf{I} \pm \mathbf{\Delta}_I. \qquad (2.2.3)$$

2.2.1 кесте

Қуат	Шифрдың соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P, Вт	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50

2.2.2 кесте

Жүктеме	Шифрдың соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rж, Ом	50	75	125	150	200	250	300	350	400	450

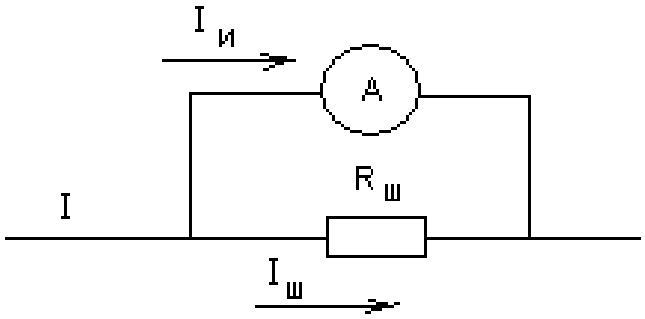
Есеп 2.3

Дәлдік класы 0,5-ке тең, жоғарғы өлшеу шегі 21 А, ішкі шунты бар магнитті электрлік амперметр берілген. Өлшеуіш механизм рамкасындағы кернеудің рұқсат етілген мәні $U_{рұқ}$, және өлшеуіш катушка арқылы өтетін тоқ мәні 20 мА.

Берілген амперметрмен күштік токты A_N шамасына дейін өлшеу үшін сыртқы шунт кедергісін есептеу керек және сәйкесінше дәлдік класын таңдау қажет.

Орындауға жетекшілік.

Магнитті электрлік механизм аз ғана 20-50 мА шамасынан аспайтын тұрақты токтарды өлшеуге мүмкіндік береді. Үлкен мәнді токтарды өлшеу үшін шунт қосылған өлшеуіш тізбектер қолданылады. Шунт кедергісі магнитті электрлік өлшеуіш механизмінің рамкасының $R_и$ кедергісінен бірнеше есе аз, манганиннен жасалған резистор болып табылады. Сондықтан шунтты құралға параллель қосу кезінде (2.3 суретті қараңыз) өлшенетін токтың $I_ш$ негізгі бөлігі шунт арқылы өтеді, ал I_A тоғы рұқсат етілген мәннен аспайды.



2.3 сурет – Амперметрді шунтпен қосу сұлбасы

Өлшенетін ток рұқсат етілген мәннен неше есе асатынын көрсететін n = I/I_A қатынасы шунттау коэффициенті деп аталады.

Шунт кедергісі:

$$R_ø = \frac{R_A}{n-1}. \qquad (2.3.1)$$

Аз ғана (бірнеше ондаған амперге дейін) токтарды өлшеуге арналған амперметрлерде құралдың өзіне енгізілген ішкі шунттары бар. Үлкен токтарды (бірнеше мыңдаған амперге дейін) өлшеу, кернеудің құлауының

белгілі бір номиналдық мәндері (45, 60, 75, 100 және 300 мВ), дәлдік кластары (0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5) бар сыртқы шунттардың көмегімен іске асырылады.

2.3.1 кесте

	Нұсқа, шифрдың соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{доп}$, В	45	75	100	300	60	75	100	300	45	60
A_N, А	10	100	200	500	50	120	300	800	25	75

Есеп 2.4

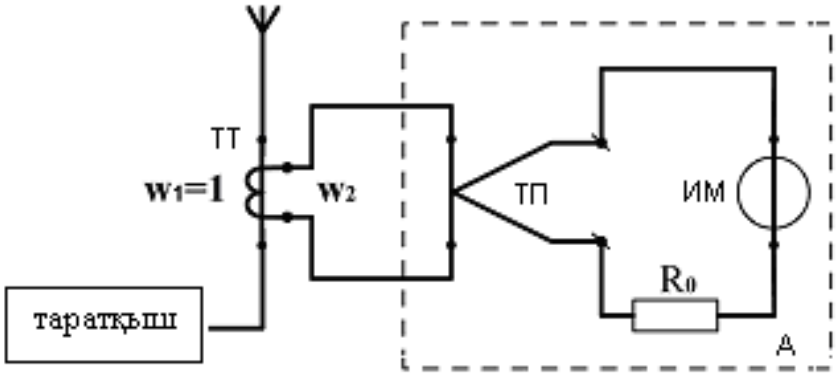
Таратқыш антеннасындағы токты жоғарғы жиілік ток трансформаторы (ТТ) және ток трансформаторының екінші реттік орамына қосылған А термотүрлендіргіші бар амперметр көмегімен анықтау керек.

Анықтау керек:

а) антеннадағы токты;

б) антеннадағы токты өлшеу қателігі.

Орындауға жетекшілік.



2.4 сурет – Антеннадағы токты өлшеу сұлбасы

Антеннадағы ток:

$$I = I_a \cdot K_T, \qquad (2.4.1)$$

мұндағы I_a – амперметр көрсеткен ток мәні; $K_T = w_2 / w_1$ – ток трансформаторының трансформациялау коэффициенті, $w_1 = 1$.

Қателіктерді ескере отырып (2.4.1) өрнегі келесі түрде болады

$$(I \pm \Delta a) = (I_a \pm \Delta a) \cdot K_T, \qquad (2.4.2)$$

мұндағы Δa – антеннадағы тоқтың абсолюттік қателігі;

$$\Delta a = \pm \gamma_a I_{ан} / 100,$$

мұндағы $I_{ан}$ = 10 мА – амперметрдің жоғарғы шегі; γ_a = 0,1 – амперметрдің дәлдік класы.

2.4.1 кесте

Орам саны	Шифрдың соңғысының алдындағы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ω_2, орамдар	50	75	100	125	150	60	70	80	100	130

2.4.2 кесте

Амперметрдің көрсетуі	Шифрдың соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Іа, мА	2	4	6	8	6	3	5	7	9	1

Есеп 2.5

Жоғарғы жиілік тізбегінде ваттметрмен кедергісі $R_н$ жүктеме тұтынатын Р қуат анықталған. Ваттметрдің дәлдік класы 1,0 шкаласы 10 Вт.

Анықтау керек:

а) тізбектегі токты;

б) токтың нақты мәнін.

Орындауға жетекшілік.

Жоғарғы жиілік тізбегіндегі ток:

$$I = \sqrt{P/R_н}\ , \qquad (2.5.1)$$

$$\Delta P = \pm\frac{\delta_B \cdot P_N}{100}\ ,$$

мұндағы ΔP – ваттметрдің абсолюттік қателігі, P_N – жоғарғы шегі; δ_B – дәлдік класы.

Сонымен, токтың нақты мәні

$$I_и = I \pm \Delta I. \qquad (2.5.2)$$

2.5.1 кесте

Қуат	Шифрдың соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Р, Вт	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50

2.5.2 кесте

Жүктеме	Шифрдың соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rн, Ом	50	75	125	150	200	250	300	350	400	450

3 Кернеуді өлшеу

Есеп 3.1

Электр желісіндегі тұрақты токты I және тұрақты кернеуді анықтау керек (3.1.1 кестені қараңыз). Бізде номиналды тогы $I_н$ тең және ішкі кедергісі R тең екі миллиамперметр бар (3.1.2 кестені қараңыз), оның нақтылық класы 0,5, шкаласы айналы 150 бөліктен тұрады. Өлшеуге қажетті шунттың және қосымша резистордың параметрлерін анықтаңыз. Сонымен қатар, егер шунттың және қосымша резистордың нақтылық кластары 0,1 тең болған кездегі қателіктерін анықтаңыз. Токты және кернеуді өлшейтін сұлбаны сызыңыз.

3.1.1 кесте

Желі параметрлері	Нұсқа, шифрдың соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кернеу U, В	100	50	220	500	150	660	300	30	200	250
Ток I, А	5	10	15	2,5	7,5	12,5	3	6	9	11

3.1.2 кесте

Аспаптың параметрлері	Нұсқа, шифрдың соңғы алдындағы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Шегі $I_н$, мА	1	5	10	15	20	30	50	7,5	12,5	25
Кедергі R, кОм	1	0,78	0,62	0,56	0,42	0,37	0,28	0,64	0,68	0,4

Орындау реті.

Миллиамперметрдің параметрлеріне және тұрақты ток желісінің параметрлеріне сүйене отырып, шунттың және қосымша резистордың кедергілерін есептеу керек. Өлшеудің қателіктері миллиамперметрдің, шунттың және қосымша резистордың салыстырмалы қателіктері арқылы қосылып шағарылады.

Есеп 3.2

Айнымалы токты бірфазалы желідегі кернеуді $U_ж$ өлшеу үшін, бірфазалы кернеу трасформаторы қолданды, кернеуді нақтылық класы $\gamma_В$=1 тең электромагнитті вольтметрмен өлшеді, трасформатордың нақтылық класы $\gamma_Н$ және трасформациялық коэффициенті $К_Н$ тең. Вольтметрдің өлшеу шегі

$U_{ВН}$, шкала бөлігі $\alpha_{вн}$ және нақтылық класы $\gamma_В$. Өлшеудің қателіктерін және вольтметр көрсеткіштерін анықтау керек. Өлшеу сұлбасын сызыңыз.

3.2.1 кесте

Желі параметрлері	Нұсқа, шифрдың соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кернеу; $U_с$, кВ	4	3	6	10	13.8	15.7	18	35	10	6
$К_Н$	75	6.6	15	30	60	100	180	30	60	15
$\gamma_{Н}$,%	0.2	0.5	1.0	0.2	0.5	1.0	0.2	0.5	1.0	0.2

3.2.2 кесте

Вольтметр параметрлері	Нұсқа, шифрдың соңғы алдындағы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{жв}$, В	50	250	300	150	250	220	300	75	100	250
$\alpha_{жв}$, бөл	100	35	45	80	17	65	10	22	70	90
$\gamma_{В}$,%	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5

Есептеу реті.

Желідегі кернеу:

$$U_с = U_ж K_ж, В, \qquad (3.2.1)$$

мұндағы $U_В$- вольтметр көрсеткіші, В;

$К_Н$ –кернеу трасформаторының трасформация коэффициенті.

Кернеуді өлшеу кезіндегі қателіктер

$$\delta_U = \gamma_В \frac{U_{ЖК}}{U_В} + \gamma_Н, \% \qquad (3.2.2)$$

Есеп 3.3

Жабық кірісті милливольтметр көмегімен цифрлық сигнал өлшенеді (амплитудасы U_m импульстік тізбек, импульс ұзақтығы $t_и$, тізілу периоды Т). Аспапта шыңдық мән түрлендіргіші (ШМТ) және орташа квадраттық шкала (ОКШ) бар. Аспаптың көрсетуі $А_п$ белгілі.

Анықтау керек:

- амплитудалық (U_m);
- орташа квадраттық {$U_{ск}$);
- орташа түзетілген ($U_{св}$).

Орындауға жетекшілік.

U(t) = $U_m$sinωt синусоидалық сигнал үшін мәндер арасындағы негізгі арақатынастар келесі түрде болады:

$$K_a = \frac{U_m}{U_{CK}}; \quad K_{\hat{o}} = \frac{U_{\tilde{N}\hat{E}}}{U_{\tilde{N}\hat{A}}}; \quad \hat{E}_{\acute{o}} = \hat{E}_{\grave{a}}\hat{E}_{\hat{o}} = \frac{U_m}{U_{CB}}. \qquad (3.3.1)$$

Сигналдың тұрақты құраушыларына жабық кірісті құралдар үшін градуировкалық сипаттама:

$$A_n = C \cdot \varphi[U(t) - U_{nc}]. \qquad (3.3.2)$$

(2.1) және (2.2) өрнектерін ескере отырып,

$$\grave{A}_i = \frac{1}{K_{a\sin}}(U_m - U_0) \qquad (3.3.3)$$

аламыз.

Q қуыстылығы – бұл импульстардың тізілу периодының импульс ұзақтығына қатынасы:

$$Q = \frac{T}{t_И}.$$

Тікбұрышты импульстар үшін $U_o = U_m/Q$.

Сонда (3.3.3) өрнегі:

$$A_n = \frac{1}{K_{a\sin}} U_m (1 - \frac{1}{Q}).$$

Осыдан

$$U_m = A_n K_{a\sin}\frac{Q}{Q-1}; \quad U_{CK} = \frac{U_m}{K_{ax}} = A_n K_{a\sin}\frac{\sqrt{Q}}{Q-1}; \quad U_{CB} = \frac{U_{CK}}{K_{\hat{o}\tilde{o}}} = A_n K_{a\sin}\frac{1}{Q-1}. \qquad (3.3.4)$$

(3.3.4) өрнегінде тікбұрышты импульстар үшін $K_{ax} = K_{\hat{o}\tilde{o}} = \sqrt{Q}$.

3.3.1 кесте

Сигнал параметрлері	Шифрдың соңғысының алдындағы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A = U_m, мВ	30	35	40	45	50	75	60	65	70	80
Q	2	5	4	8	9	10	6	3	6	4

4 Есептік-сызба жұмысы №2. Электр тізбегінің параметрлерін өлшеу

Есеп 4.1

Кедергіні амперметр – вольтметр амалымен өлшеу.

Белгісіз кедергіні өлшеу үшін келесі аспаптар қолданылады: нақтылық класы $\gamma_а$ = 1,5 тең амперметр, өлшеу шегі $I_{ан}$ = 2,5 А шкала бөлігі $\alpha_{ан}$=75 бөл; нақтылық класы $\gamma_в$=1,0 вольтметр, оның өлшеу шегі $U_{вн}$ = 15 В шкала бөлігі $\alpha_{вн}$ = 75. Амперметр $\alpha_а$ бөлік көрсетті, ал вольтметр $\alpha_в$ бөлік көрсетті (4.1.1, 4.1.2 кестелерді қараңыз).

Анықтау керек:

а) белгісіз кедергіні R_x;

б) абсолютті Δ және салыстырмалы δ қателіктерді;

в) өлшеу нәтижесін.

Өлшеудің дұрыс сұлбасын сызыңыз.

Есептеу реті.

Белгісіз кедергі жанама әдістің нәтижесі

$$R = \frac{U_в}{I_а}, \qquad (4.1.1)$$

мұндағы $U_в$, $I_а$ – вольтметрдің (В) және амперметрдің көрсеткіштері (А).

Өлшеудің абсолютті қателіктерінің шектері келесідей анықталады:

$$\Delta(R_X) = \pm\sqrt{(\partial R/\partial U_в)^2 \cdot (\Delta U_в)^2 + (\partial R/\partial U_а)^2 \cdot (\Delta U_а)^2} \qquad (4.1.2)$$

мұндағы $\Delta U_в$, $\Delta I_а$ – вольтметрдің және амперметрдің абсолютті қателіктері.

Кедергінің салыстырмалы қателігі келесідей анықталады:

$$\delta(R) = \pm\left(\frac{\Delta(R)}{R}\right)\cdot 100\%. \qquad (4.1.3)$$

Әдістемелік қателікті анықтау керек $\delta_п(R)$. Ол аспаптарды қосу сұлбасы арқылы анықталады: үлкен және аз кедергілерді өлшейтін сұлба. Бірінші сұлба келесі шарт болғанда орындалады

$$R_X < \sqrt{R_а R_в} = R_э, \qquad (4.1.4)$$

мұндағы $R_а$ = 0,015 Ом;

$R_в$ – вольтметрдің және амперметрдің ішкі кедергілері (вольтметр үшін толық ауытқу тогы $I_в$ = 3мА).

Өлшеудің жалпы салыстырмалы қателігі

$$\delta = |\delta(R)| + |\delta_м(R)|. \qquad (4.1.5)$$

Өйткені

$$\delta = \left(\frac{\Delta}{R}\right) \cdot 100 \ ,$$

онда

$$\Delta = \left(\frac{\delta \cdot \mathbf{R}}{\mathbf{100}}\right).$$

Өлшеу нәтижесі

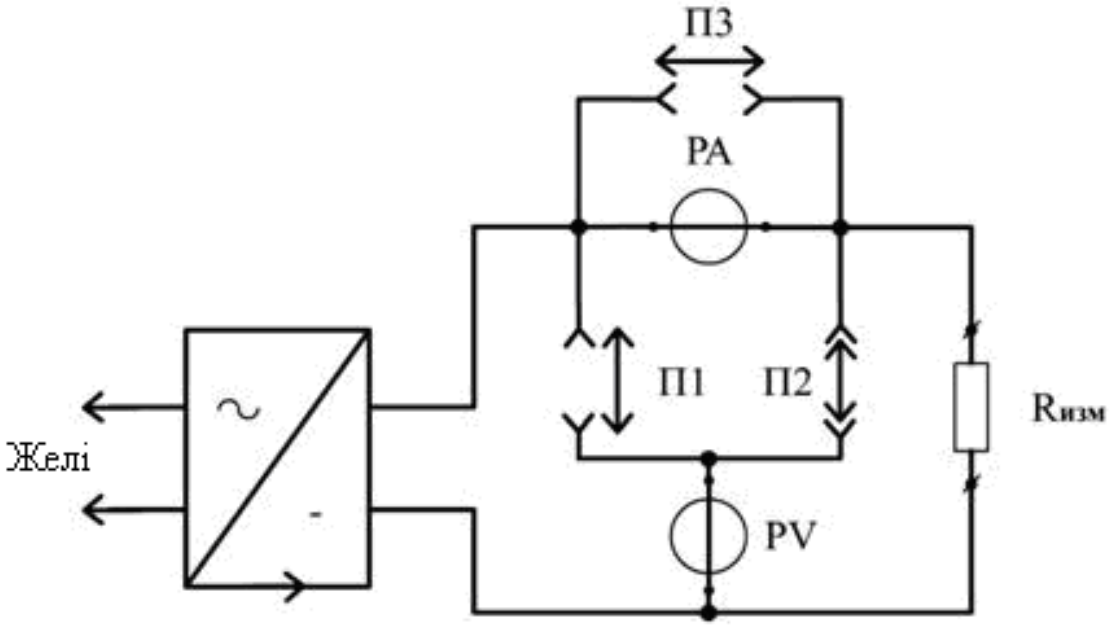
$$\mathbf{R}_x = (\mathbf{R} \pm \Delta) \ .$$

4.1.1 кесте

Амперметр көрсеткіші	Шифрдың соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α_a, бөл	35	37	40	45	50	55	60	65	70	58

4.1.2 кесте

Вольтметр көрсеткіші	Шифрдың соңғы алдындағы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\alpha_в$, бөл	73	70	67	65	62	60	58	55	52	50



4.1 сурет – Кедергіні амперметр-вольтметр сұлбасымен өлшеу

Егер 4.1 суреттегі П3 қосқыштарын қосып және П3 қосқыштарын өшіретін болсақ, сонымен қатар П1 және П2 қосқыштарын өшірсе, өлшеуіш аспаптар жоқ деп ойлайық. Егер П1 және П2 қосқыштарын кезекпен қосса, вольтметрді миллиамперметрге дейін және кейін қосуға болады.

Есеп 4.2

Сыйымдылықтың кедергісін өлшеу үшін, кернеу көзі U_n = 100 В жиілігі f = 400 Гц және тұрақтылығы 0,5 % бір амперлік сұлбамен өлшенеді.
Жиілікті орнату қателігі

$$\Delta f = \pm(0{,}01f + 2), \text{Гц}. \qquad (4.2.1)$$

Өлшеу үшін, нақтылық класы γ_a = 1,0, ал өлшеу шегі $I_{ан}$ = 30 мА тең миллиамперметр қолданылады. Аспап токты көрсетті I (4.2.1 кестені қараңыз).

Анықтау керек:

а) сыйымдылықытқ мәнін;

б) жалпы өлшеу қателігін.

Өлшеу сұлбасын сызыңыз.

Есептеу реті.

Сыйымдылықты кедергі келесіге тең

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{U}{I}. \qquad (4.2.2)$$

(4.2.2) өрнектен келесіні аламыз:

$$C = \frac{I}{2\pi fU} = 0{,}159 \cdot \left(\frac{I}{fU}\right). \qquad (4.2.3)$$

Белгілейік X_1 = I, X_2 = U, X_3 = f, қателіктер шегін табамыз

$$\Delta_c = \pm\sqrt{\sum_{i=1}^{3}\left(\partial C / \partial X_i\right)^2 \cdot \Delta^2{}_{x_i}}, \qquad (4.2.4)$$

мұндағы Δ_{xi}, Δ – кернеу көзінің және миллиамперметрдің параметрлерінің абсолютті қателіктері.

$$C_X = C \pm \Delta_c. \qquad (4.2.5)$$

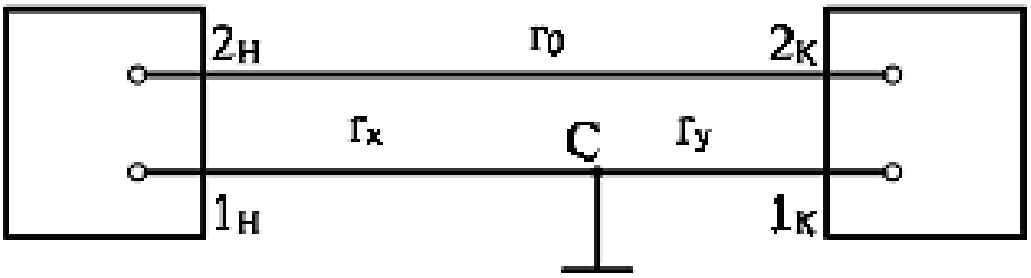
4.2.1 кесте

Амперметр көрсеткіші	Шифрдың соңғы алдындағы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I, Ма	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	24	23

Есеп 4.3

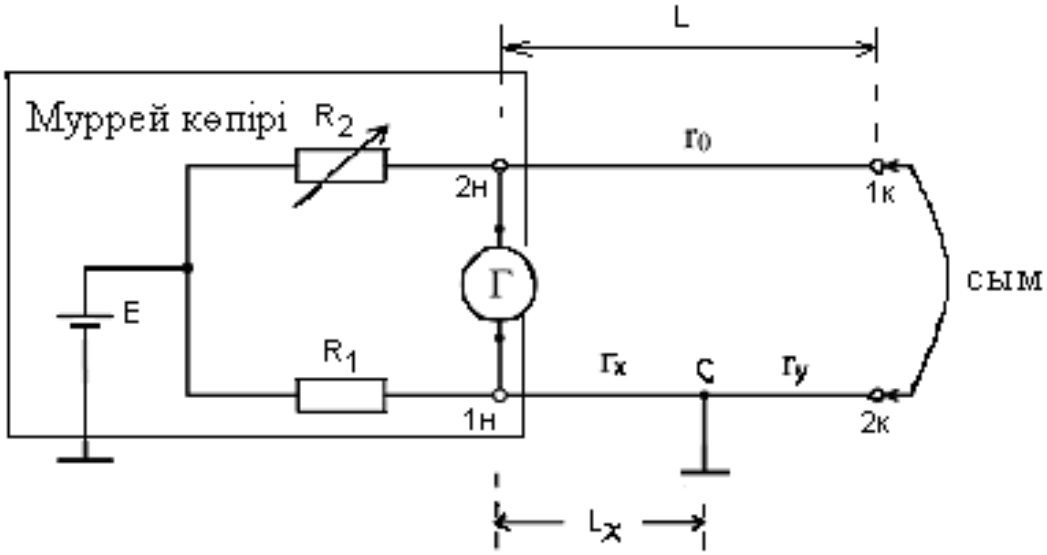
Көптармақты байланыс кәбілінің сымдар жұбында әйтеуір бір С нүктесінде (4.3.1 суретті қараңыз) оқшаулау істен шықты. Кәбілдің қимасы 1,5 мм^2 мыс сымнан жасалған.

Желінің үзілген орнын арнайы аспап – Муррей көпірі көмегімен анықтау қажет.



4.3.1 сурет – Көптармақты кәбілдің екісымды желісі

Муррей көпірін екісымды желінің бір басына қосып, ал екінші басын тұйықтағышпен қысқа тұйықтайды (4.3.2 суретті қараңыз). Қоректену Е көзінің теріс полюсін кәбілдің қорғаныс қабығына жалғайды (шартты түрде жер).



4.3.2 сурет – Муррей көпірін кәбілге жалғау сұлбасы

R_2 кедергісін өзгерте отырып көпірдің тепе-теңдігін орнатамыз:

$$R_1 \cdot (r_0 + r_Y) = R_2 \cdot r_X .$$

Егер де тепе-теңдік теңдеуінің екі жағына да $R_1 \cdot r_x$ мәнін қоссақ, онда

$$R_1 \cdot (r_0 + r_X + r_Y) = (R_1 + R_2) \cdot r_X .$$

болады.

Сонда кәбілдің үзілген орнына дейінгі сымның кедергісі:

$$r_X = \frac{R_1 \cdot (r_0 + r_X + r_Y)}{R_1 + R_2} = \frac{2r_0 \cdot R_1}{R_1 + R_2} , \qquad (4.3.1)$$

мұндағы $r_o = \rho L/S$ – оңды сымның кедергісі; $S = 1{,}5$ мм^2 $= 1{,}5 \cdot 10^{-6}$ м^2 – сымның қимасы; $\rho = 1{,}75 \cdot 10^{-8}$ Ом·м – мыстың меншікті кедергісі; L – кәбіл ұзындығы, м (4.3.1 кестені қараңыз).

(4.3.1) өрнегі бойынша сымның үзіліс орнына дейінгі кедергісін есептеп, үзіліс орнына дейінгі кәбілдің ұзындығы анықталады:

$$L_X = \frac{r_X \cdot S}{\rho}. \qquad (4.3.2)$$

4.3.1 кесте

Параметрлер	Шифрдың соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
L, км	10	12	4	9	8	2	7	6	3	5
R_1, Ом	60	70	80	100	90	85	75	90	70	80
R_2, Ом	990	950	980	990	970	995	1000	985	965	970

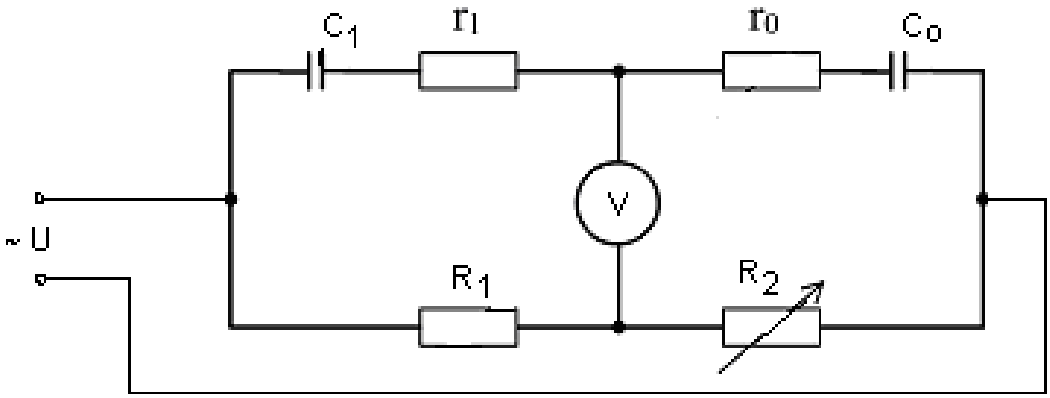
Есеп 4.4

Айнымалы ток теңестірілген көпірі берілген. Көпірдің қоректену көзінің айнымалы ток жиілігі және үш иықтарының параметрлері белгілі (4.4.1 кестені қараңыз).

Зерттелетін C_1 конденсатордың диэлектрлік жоғалтулар бұрышының тангенсін және сыйымдылығын табу қажет (4.4 суретті қараңыз).

Орындауға жетекшілік.

Көпірлік сұлба өлшенетін C_1 сыйымдылығын үлгілі C_0 конденсаторының сыйымдылығымен салыстыруға мүмкіндік береді. C_0 конденсаторы іргелес жатқан иыққа жалғанған.



4.4 сурет – Конденсатордың параметрлерін өлшеуге арналған көпір сұлбасы

Көпірдің тепе-теңдік шарты:

$$r_x + 1/j\omega c_1) \cdot R_2 = (r_0 + 1/j\omega c_0) \cdot R_1 . \qquad (4.4.1)$$

(4.4.1) өрнегінен

$$C_1 = C_0R_2/R_1; \qquad r_1 = r_0R_1/R_2; \qquad (4.4.2)$$

$$tg\delta_1 = r_1/x_{C1} = \omega r_1C_1 = \omega r_0C_0 \qquad (4.4.3)$$

аламыз.

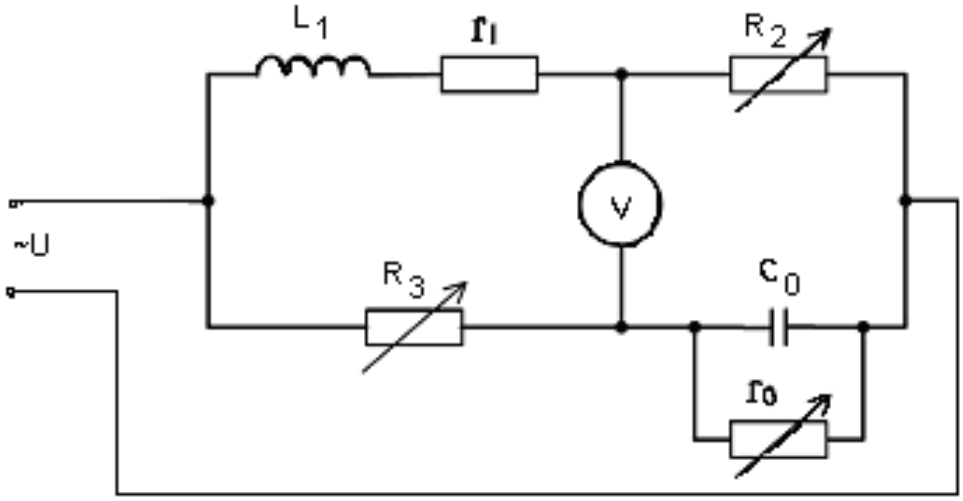
4.4.2 кесте

Көпірлік тізбек параметр-лері	Шифрдың соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R_2, Ом	2000	1800	2200	2100	1700	2300	1885	1975	2035	2172
R_1, Ом	100	90	105	95,8	97,2	107,3	88,8	94,2	103,8	104
C_0, мкФ	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0.05
r_0, Ом	100	80	120	90	60	75	95	110	117	85
f, Гц	100	400	500	1000	500	400	100	1000	400	600

Есеп 4.5

Айнымалы ток теңестірілген көпірі берілген (4.5 суретті қараңыз). Үш иықтың параметрлері 4.5.1-кестеде келтірілген, қоректену көзінің айнымалы ток жиілігі f = 100 Гц, үлгілі конденсатор сыйымдылығы C_0 = 0,1 мкФ.

Катушканың индуктивтілігін, активті кедергісін және де сенімділігін (добротность) анықтау қажет.



4.5 сурет – Индуктивтілікті өлшеуге арналған көпір сұлбасы

Орындауға жетекшілік.

Көпірдің теп-теңдік шарты:

$$Z_1Z_0 = R_2R_3 , \qquad (4.5.1)$$

мұндағы $Z_1 = r_1 + j\omega L_1$; $Z_0 = r_0/ (1 + j\omega C_0r_0)$.

Түрлендіруден кейін

$$r_1r_0 + j\omega L_1r_0 = R_2R_3 + j\omega C_0r_0R_2R_3 \qquad (4.5.2)$$

аламыз. Содан:

$$r_1 = R_2R_3/r_0; \qquad L_1 = C_0R_2R_3. \qquad (4.5.3)$$

Катушканың сенімділігі:

$$Q = \omega L_1/r_1 = \omega C_0 r_0 . \qquad (4.5.4)$$

4.5.1 кесте

Көпірдің параметрлері	Шифрдың соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R_2, Ом	100	120	98	115	88	97	99	105	103	102
R_3, Ом	100	105	103	108	101	104	98	101	102	100
r_0, кОм	1	0,8	1,2	1,3	0,8	1,4	1,1	0,6	0,7	0,9

5 Қуатты өлшеу

Есеп 5.1

Айнымалы ток тізбегіндегі активті қуатты өлшеу үшін келесілер берілген: номиналды трансформация коэффициенттері K_{IH} = 100, K_{UH} = 120 тең ток және кернеу трансформаторлары, сонымен қатар нормаланған ток I_H А, кернеу U_H және N бөлікті шкаласы бар электродинамикалық ваттметр берілген. Шкала N_H бөлікті көрсеткендегі өлшенген қуатты анықтау керек, сонымен қатар барлық аспаптар қосылғандағы сұлбасын сызыңыз.

5.1.1 кесте

Берілгендер	Шифрдың соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I_H,А	5	10	15	2.5	7.5	12.5	3	6	9	11
U_H, В	100	50	220	500	150	660	300	30	200	250

5.1.2 кесте

Берілгендер	Шифрдың соңғы алдындағы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N, бөл	100	150	200	250	262	260	225	255	352	350
N_H, бөл	50	55	75	45	82	64	31	45	80	75

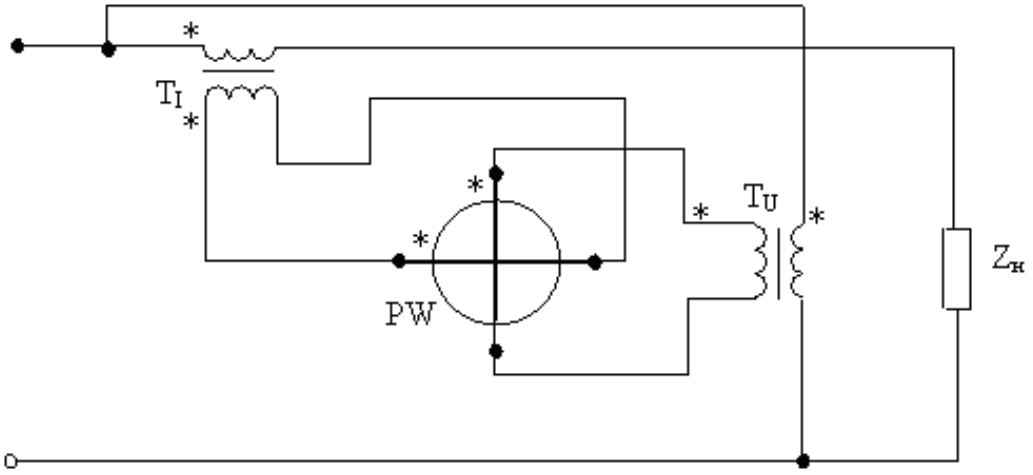
Есептеу реті.

Ток және кернеу трасформаторлары арқылы, ваттметрдің қуатты өлшеу шегін анықтаймыз:

$$P_н = K_{IH} \cdot K_{UH} \cdot I_H \cdot U_H, Вт . \qquad (5.1.1)$$

Ваттметрдің бөліктер санын анықтаймыз:

$$БС = \frac{P_H}{N}, Вт. \qquad (5.1.2)$$



5.1 сурет – Аспаптардың қосылу сұлбасы

Өлшенген қуатты өлшейік:

$$P = БС \cdot N_H, Вт. \qquad (5.1.3)$$

Есеп 5.2

Активті жүктемеге берілетін электрлік қуатты өлшеу үшін, келесі параметрлер өлшенген: нақтылық класы $KT_И = 0.5$ тең вольметрмен өлшенген кернеу U_H В және салыстырмалы қателігі $\delta_{R\%} = 0.1$ % тең бір иықты көпірмен өлшенген жүктеме кедергісі R_H Ом. Жүктемедегі қуатты P_H, қуатты өлшеген кездегі абсолютті ΔP және салыстырмалы қателіктерді $\delta_{P\%}$ анықтау керек.

5.2.1 кесте

Берілгендер	Шифрдың соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U_H, В	100	50	150	220	200	120	250	230	500	30
R_H Ом	10	15	30	80	75	60	25	90	85	22

Есептеу реті.

Жүктемедегі қуат келесі формула арқылы:

$$P_H = \frac{U_H^2}{R_H}, Вт. \qquad (5.2.1)$$

Кернеуді өлшеген кездегі абсолютті қателік:

$$\Delta U = \frac{KT_И \cdot U_Н}{100}, В. \qquad (5.2.2)$$

Кернеуді өлшегендегі салыстырмалы қателік:

$$\delta_{U\%} = \frac{\Delta U}{U_Н} \cdot 100, \% \qquad (5.2.3)$$

Қуатты өлшеген кездегі салыстырмалы қателік келесі формуламен анықталады:

$$\delta_{P\%} = ((2 \cdot \delta_{U\%})^2 + \delta_{R\%}{}^2), \%. \qquad (5.2.4)$$

Қуатты өлшегендегі абсолютті қателік:

$$\Delta P = \frac{\delta_{P\%}}{100} \cdot P_Н, Вт. \qquad (5.5.5)$$

6 ЭО көмегімен жиілікті өлшеу

Есеп 6.1

ЭО-ның негізгі У кірісіне $U_y = U_{my} \cdot \sin\omega_y t$ синусоидалық кернеу берілген. Жайылым генераторы үзіліссіз жұмыс істейді және жиілігі f_p = 25 Гц U_p = at ара тісті сигнал өндіреді.

Кіріс сигналының ЭО экранындағы синусоидалар бейнелерінің санын анықтау қажет.

Орындауға жетекшілік.

ЭО экранындағы бейне тұрақты болады, егер

$$T_P = n \cdot T_Y = \frac{n}{f_Y} \qquad (6.1.1)$$

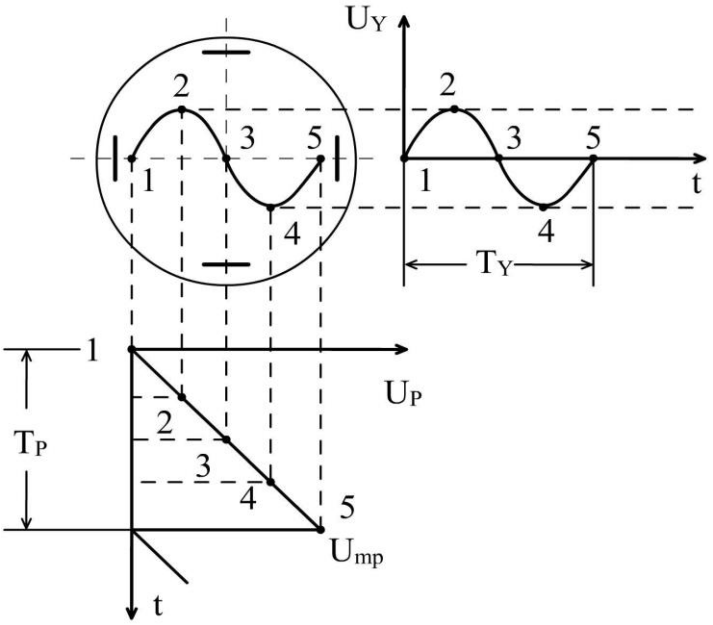
болса.

Мұндағы T_p, T_y – кіріс сигналы мен жайылым кернеуінің периодтары.

Жайылым кернеуі мен кіріс сигналының кернеуі арасындағы өзара байланыс 6.1 суретте көрсетілген.

6.1.1 кесте – Жайылым мен кіріс сигналының параметрлері

	Нұсқа, шифрдың соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
U_{my}, В	2	2	3	4	5	5	4	3	2	2
U_{mp}, В	5	5	5	5	10	10	5	5	5	5
f_y, Гц	25	50	100	150	200	250	300	350	400	450



6.1 сурет – Кіріс сигналының уақыттық диаграммасы

Есеп 6.2

ЭО кірісіне тікбұрышты импульстар келіп түседі, жайылым генераторы күту тәртібінде жұмыс істейді. Кідіріс уақыты $t_з$ және жайылым $T_р$ уақыты берілген (6.2 суретті қараңыз).

Жайылым генераторының берілген параметрлері кезінде кіріс импульсының $t_и$ ұзақтығын табу керек. ЭО экранындағы импульс бейнесі толық болады, егер импульс біткенен кейін горизонталдық сызықтың жайылым уақыты $0{,}1t_з$ мәнінен аз болмаса.

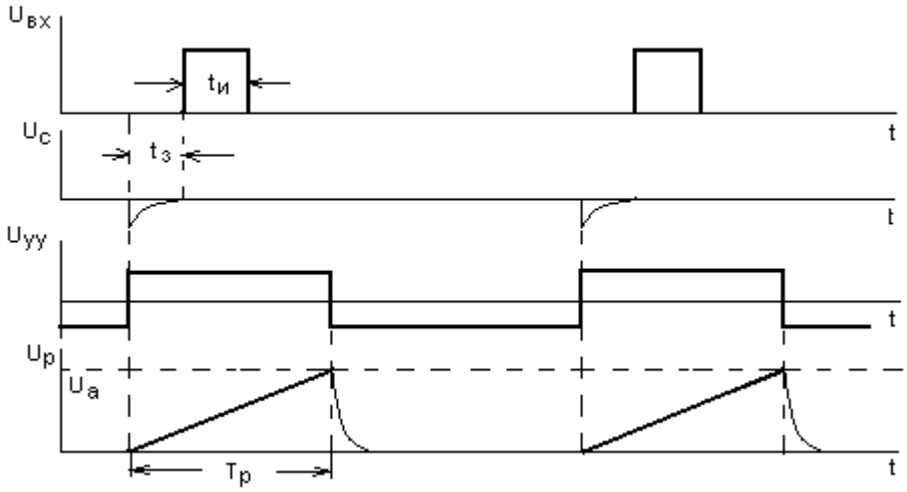
Орындауға жетекшілік.

Кіріс сигналының әсерінен синхронизация сұлбасының шығысынан басқарушы құрылғыға (УУ), оны бастапқы күйден жұмыс күйіне ауыстыратын $U_с$ жіберу импульстары түседі. Басқарушы құрылғы тікбұрышты импульс ($U_{уу}$) өндіреді, ал жайылым генераторында тура жүріс кернеуі өсе бастайды. Тікбұрышты $U_{уу}$ импульс ұзақтығы сәуленің тура жүріс уақытын ($T_р$) анықтайды. Кідіріс $t_З$ уақыты арқылы кіріс сигналы тік ауытқу пластиналарына келіп түседі. Кернеу максимал мәніне жеткеннен кейін жайылым генераторы ажыратылып келесі импульсты күту тәртібіне өтеді.

Ұзақтығы қысқа импульстарды зерттеу үшін қолданылатын күтуші жайылымға келесі талаптар қойылады:

- үздіксіз секілді күтуші жайылым да сызықты болу керек;
- күтуші жайылым уақыты зерттелетін импульс ұзақтығынан көп болуы қажет.

ЭО-да күтуші жайылымның келесі $T_р$ ұзақтықтары іске асырылған: 1; 2; 5; 10; 30; 50; 100; 200 және 300 мкс; 1; 2; 3 және 5 мс.



6.2 сурет – Күту тәртібінде жайылым генераторының жұмысы диаграммасы

6.2.1 кесте – Жайылым генераторының параметрі

	Нұсқа, шифрдың соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t_з$, мкс	1	3	5	10	20	30	100	200	300	400
$T_р$, мс	0,01	0,03	0,05	0,1	0,2	0,3	1	2	3	5

Есеп 6.3

Белгісіз f_x жиілікті синусоидалық сигнал ЭО-ның тік ауытқу (У кірісі) кірісіне берілген. Горизонталдық кіріске синусоидалық сигналдар үлгілі генераторынан (ГСС) f_o жиілікті сигнал берілген. Әйтеуір бір f_x/f_0 жиіліктердің қатынастары кезінде экранда тұрақты Лиссажу фигурасы алынады (6.3.1 кестені қараңыз).

Белгісіз f_x жиілікті және ГСС жиілігінің салыстырмалы қателігі $\delta_{отн}$ болғандағы өлшеу нәтижесін анықтау керек.

Орындауға жетекшілік.

Салыстырылатын сигналдардың жиіліктерінің қатынасы фигураның ойша жүргізілген тік және көлденең сызықтарды кесіп өту нүктелерін санау арқылы анықталады.

Фигураның тұрақты бейнесін алу үшін келесі қатынас орындалу керек

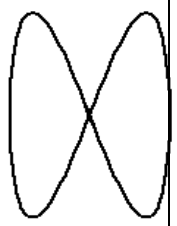
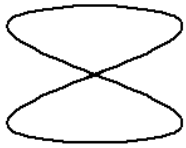
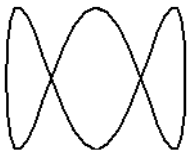
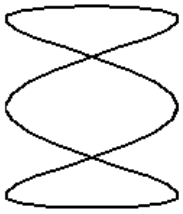
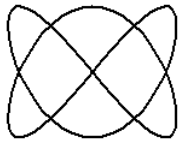
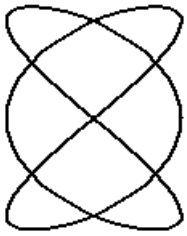
$$N_г f_o = N_в f_x. \qquad (6.3.1)$$

Осыдан

$$f_X = \left(\frac{N_{\tilde{A}}}{N_B}\right) \cdot f_0 \ , \qquad (6.3.2)$$

мұндағы $N_г$ және $N_в$ –фигураның сәйкесінше тік және көлденең сызықтармен қиылысу саны.

6.3.1 кесте – Лиссажу фигуралары

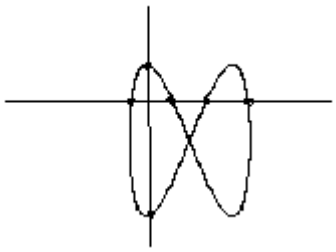
Нұсқа, шифрдың соңғы саны					
0,1	2	3,4	5,6	7,8	9
					

6.3.2 кесте – ГСС үлгілі жиілігі

	Нұсқа, шифрдың соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
f_o, Гц	300	600	800	200	400	100	500	900	1000	700
$\delta_{отн}$,%	1	2	2,5	0,5	0,1	2	4	5	6	0,2

Мысалы: Лиссажу фигурасы және үлгілі жиілік f_o = 100Гц берілген. Белгісіз жиілікті f_x анықтау керек.

Берілген фигурада, оның түйіндері арқылы өтпейтін тік және көлденең сызықтар жүргіземіз (6.3.1 кестені қараңыз).



6.3 сурет – Жиілікті анықтаудың сызбалық әдісі

6.3 суретінен $N_г = 4$, $N_в = 2$ екені белгілі.

ГСС-нің абсолюттік қателігі:

$$\Delta f = \frac{\delta_{отн} \cdot f_0}{100} = \frac{2{,}5 \cdot 100}{100} = \pm 2{,}5 Гц.$$

ГСС-нің өндіретін жиілігінің нақты мәні $f_{ои}$ = (100 ± 5)Гц.

Онда (6.3.2) өрнегі бойынша

$$f_X = \frac{4}{2} \cdot (100 \pm 2{,}5) = (200 \pm 5) Гц$$

болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Раннев Г.Г., Сурогина В.А., Калашников В.И.: учебник для студ. ВУЗ. М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 512 с.

2. Афонский А.А. Измерительные приборы и массовые электронные измерения. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2007. – 544 с.

3. Боридько С.И., Дементьев Н.В. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах. – М.: Горячая линия–Телеком, 2007. – 374 с.

4. Ш.Ә. Бахтаев, Э.А. Иванов, С.Б. Әбдрешова. Ақпаратты өлшеу техникасы. Оқу құралы. – Алматы: АЭжБИ, 2008. – 70б.

Мазмұны

Кіріспе 3
1 Есептік-сызба жұмысы №1. Өлшеу қателіктері 3
2 Токты өлшеу 5
3 Кернеуді өлшеу 10
4 Есептік-сызба жұмысы №2. Электр тізбегінің параметрлерін өлшеу 14
5 Қуатты өлшеу 20
6 ЭО көмегімен жиілікті өлшеу 21
Әдебиеттер тізімі 26

2013 жылғы жиынтық жоспар, реті 142.

Бахтаев Шабден Абуович
Абдрешова Самал Бексұлтанқызы
Оразалиева Сандуғаш Құдайбергенқызы

АҚПАРАТТЫҚ - ӨЛШЕУІШ ТЕХНИКАСЫ

5В071800 – Электр энергетикасы мамандығының студенттері үшін есептеу-сызба жұмыстарын орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

Редакторы: А.А. Кегенбаева

Стандарттау бойынша маман: Н.Қ. Молдабекова

Басуға кол қойылды._____ Пішіні 60х84 1/16
Таралымы 100 дана. № 1 типографиялық қағаз
Көлемі 2,0 оқу баспа. б. Тапсырыс___ Бағасы тенге

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