



**Коммерциялық емес
акционерлік
қоғам**

**АЛМАТЫ
ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ
БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ**

Электртехниканың
теориялық негіздері
кафедрасы

**СЫЗЫҚСЫЗ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ МЕН ЭЛЕКТР ӨРІСІНІҢ
ТЕОРИЯСЫ**

5B081200- Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету мамандығына арналған № 1,2, 3 есептеу-сызбалық жұмыстарға арналған әдістемелік нұсқаулар мен тапсырмалар

Алматы 2015

Құрастырушылар: Г.К.Смагулова, Л.П. Болдырева. Сызықсыз электр тізбектері мен электр өрісінің теориясы. 5B081200- Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету мамандығына арналған № 1,2, 3 есептеу-сызбалық жұмыстарға арналған әдістемелік нұсқаулар мен тапсырмалар. - Алматы: АЭЖБУ, 2015. -23 бет.

Сызықты емес тізбектер мен электр өрісінің теориясы курсына ұсынылған әдістемелік нұсқауда «Екінші ретті сызықты электр тізбектеріндегі өтпелі процестер», «Таратылған параметрлері бар тізбектер» «Электромагнитті өріс теориясы» тақырыптары бойынша есептеу-сызбалық жұмыстарға тапсырмалар мен әдістемелік нұсқаулар келтірілген.

Есептеу-сызбалық жұмыстар 5B081200 - «Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету» бағыты бойынша оқитын екінші курс студенттеріне арналған.

Бет. 24, кесте. 9, библиогр.- 10 атау.

Пікір жазған: аға оқытушы Курпенев Б.К.

«Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2015 жылғы жоспары бойынша басылады.

©«Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2015 ж

Мазмұны

1 Есептеу – графикалық жұмыстарды орындауға және рәсімдеуге арналған әдістемелік нұсқаулар.....	4
2 Тапсырма №1. Екінші ретті сызықты электр тізбектеріндегі өтпелі процестерді есептеу	5
3 Тапсырма №2. Таратылған параметрлері бар тізбектерді есептеу	9
4 Тапсырма №3. Электромагнитті өріс теориясы	11
Әдебиеттер тізімі.....	23

1 Есептеу –сызба жұмыстарды орындауға және рәсімдеуге арналған әдістемелік нұсқаулар

Есептеу- сызба жұмыстарды орындаған кезде келесі талаптарды орындау қажет:

а) есептеу – сызба жұмыстың тапсырмасын сынақ кітапшасының нөмірі және тегінің бірінші әріпі бойынша таңдап, тапсырманың мәтінін қысқартуларсыз анықтамалық қағазға көшіру;

б) есептеу - сызба жұмыстың әр кезеңі аталуы қажет. Жұмыс парақтың бір жағында ғана орындалады;

в) анықтамалық қағазда тек қана есептеу формулаларымен соңғы нәтижелер ғана емес, сонымен қатар аралық есептеулер жасалған әрекеттерді түсінуге арналған анықтаулар болуы қажет;

г) нұсқа нөмірі, топ, студенттің аты-жөні жұмыстың бірінші бетінде жазылуы тиіс;

д) әр көрсеткіштердің өзінің өлшем бірлігінің, үстіне нүкте қойылуы керек;

в) түйін атаулары, резисторлардың, индуктивтіліктердің, сыйымдылықтардың көрсеткіштерін, кернеу мен токтардың шартты бағыттарын өзгертпеу керек;

г) лездік мөлшердің қисықтары, векторлық, топографиялық және айналмалы диаграммалар миллиметрлі қағазда салынуы тиіс;

д) бейнеленген мөлшердің атауларын график арқылы көрсету. Графикте немесе диаграммаларда масштабтарды таңдап алу, анықтамалық қағаздағы сұлбаларды қалам, сызғыш және циркульді қолдану арқылы сызу керек;

е) сөздерді қысқартпау («теңдеу» сөзінің орнына «тең-у» деп жазбау);

ж) есептеу- графикалық жұмысты рәсімдеу «Оқу жұмыстары. Жалпы тұрғызылу міндеттері, безендіру мен мазмұнында», фирмалық стандартқа сәйкес орындалады.

2 № 1 – тапсырма. екінші ретгі сызықты электр тізбектеріндегі өтпелі процестерді есептеу

Мақсаты: екінші ретгі сызықты электр тізбегін классикалық және операторлық әдіспен есепетеу жолдарын анықтау.

Коммутация нәтижесінде электр тізбегінде (2.1-2.10 сурет) өтпелі процесс пайда болады. Тізбек элементтерінің параметрлері, сұлба нөмірі 2.1-2.3 – кестелері бойынша, сынақ кітапшасының нөмірі және тегінің бірінші әріпі бойынша алынады.

Келесіні орындауы қажет:

- белгілі бір тармақтағы өтпелі токтың уақыты бойынша өзгеру заңын немесе коммутациядан кейін белгілі бір тізбек элементінде өтпелі кернеуді анықтау. Есептеуді екі әдіспен: классикалық және операторлық тәсілмен шығару;

- алынған аналитикалық нәтиже негізінде уақыт функциясында ізделінген мөлшердің өзгеру графигін тұрғызу.

2.1 кесте

Түскен жылы	Студенттік билетінің соңғы саны									
Тақ	5	2	9	4	1	6	7	8	3	0
сұлба №	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10
Жүп	0	1	8	3	4	9	6	7	2	5
сұлба №	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.10	2.9	2.8	2.7	2.6

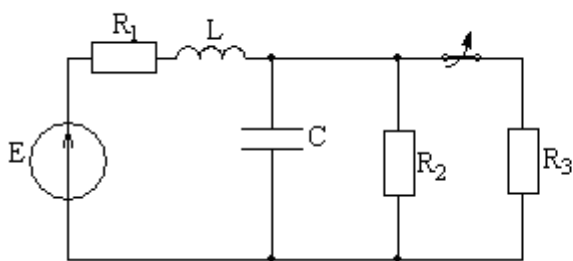
2.2 кесте

Түскен жылы	Студенттік билетінің соңғы санының алдындағы саны									
Жүп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Тақ	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
E, B	100	350	300	350	400	150	250	220	380	450
$R_1, Ом$	200	150	100	250	230	125	175	120	180	220
$L, мГн$	20	55	40	35	15	10	30	25	50	45
$R_2, Ом$	160	120	230	100	200	260	220	180	250	130

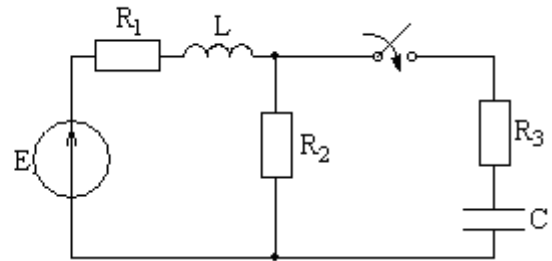
2.3 кесте

Түскен жылы	Тегінің бірінші әріпі									
Тақ	АВ М	БО Ю	НП Я	ГР Щ	ДИ С	ЖУ Ш	ЧХ Л	КЦ Э	ЕТ	ЗФ
Жүп	НП Я	ГР Щ	ДИ С	ЖУ Ш	ЧХ Л	АВ М	ЕТ	ЗФ	БО Ю	КЦ Э

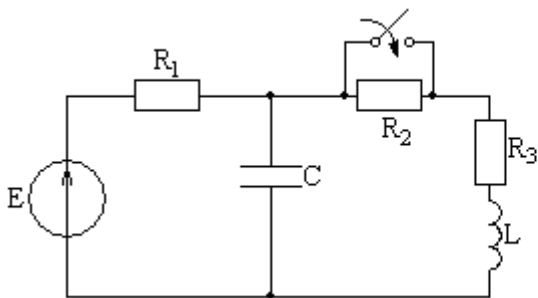
$R_3, \text{Ом}$	40	65	80	55	100	75	60	85	70	55
$C, \text{мкФ}$	6	4	5	2	3	9	12	7	10	8
Ізделініп отырған мөлшер	$u_c(t)$	$i_L(t)$	$u_L(t)$	$i_c(t)$	$u_c(t)$	$i_L(t)$	$u_L(t)$	$i_c(t)$	$u_c(t)$	$i_L(t)$



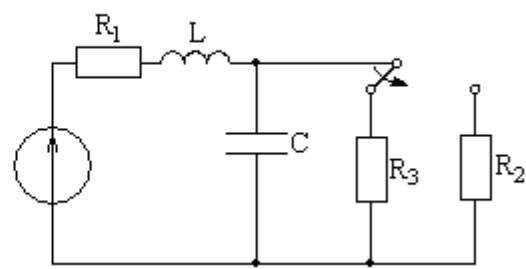
2.1 сурет



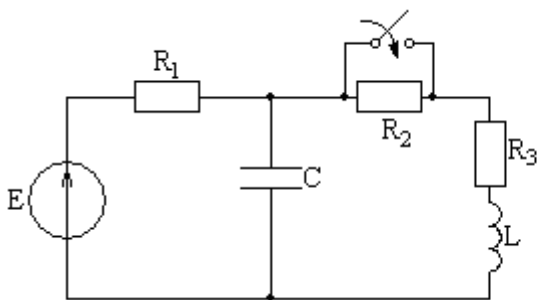
2.2 сурет



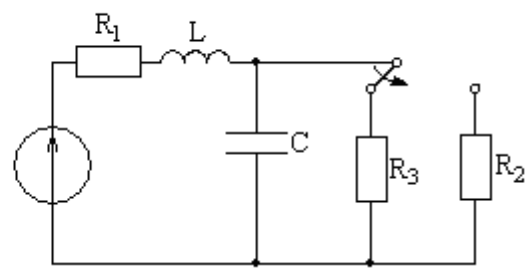
2.3 сурет



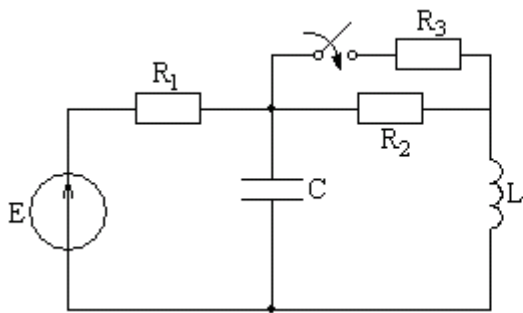
2.4 сурет



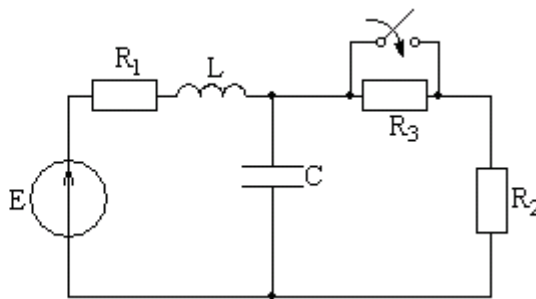
2.5 сурет



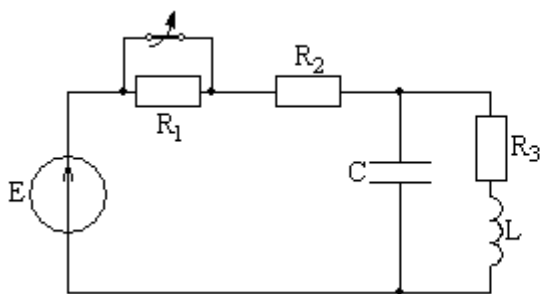
2.6 сурет



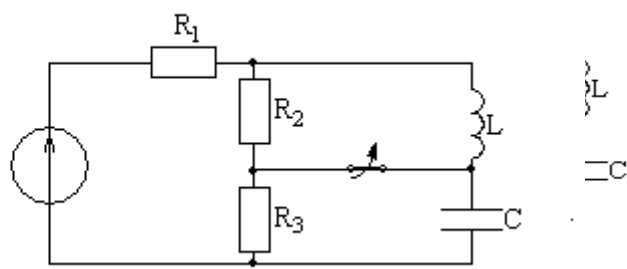
2.7 сурет



2.8 сурет



2.9 сурет



2.10 сурет

№1 есептік –сызба жұмысын орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар

Өтпелі кезенді классикалық әдіспен есептеу коммутациядан кейінгі сұлба бойынша Кирхгофтың заңдарымен құрылған дифференциалды теңдеулермен шешу негізделген.

Өтпелі кезенді классикалық әдіспен есептеу әдістемесі келесі кезендерден тұрады:

1) тәуелсіз бастапқы шарттарын анықтау: $i_L(0), u_C(0)$; тәуелсіз бастапқы шарттар коммутацияға дейінгі тізбекте және коммутация заңдарын қолдана анықтайды:

$$i_L(0_+) = i_L(0) = i_L(0_-); \quad u_C(0_+) = u_C(0) = u_C(0_-);$$

2) коммутациядан кейінгі тізбекке арналған Кирхгоф заңдары бойынша құрылған дифференциалдық теңдеулердің жазылуы;

3) анықталатын өтпелі ток немесе өтпелі кернеу өрнектерінің жазылу түрі:

$$i(t) = i_{\text{кал}} + i_{\text{ерк}}; \quad u(t) = u_{\text{кал}} + u_{\text{ерк}};$$

4) тізбектегі коммутациядан кейінгі қалыптасқан режимді есептеу жолымен, қалыптасқан токты $i_{\text{кал}}$ немесе қалыптасқан кернеуді $u_{\text{кал}}$ анықтау;

5) еркін токты $i_{\text{ерк}}$ немесе еркін кернеуді $u_{\text{ерк}}$ анықтау. Еркін токты $i_{\text{ерк}}$ немесе еркін кернеуді $u_{\text{ерк}}$ анықтау үшін, сипатамалық теңдеу құрастырылып

түбірлері анықталады. i_{epk} және u_{epk} теңдеуі сипаттамалық теңдеудің түбірлерінің түріне байланысты жазылады:

сипаттамалық теңдеудің түбірлері нақты және әртүрлі $p_1 < 0, p_2 < 0$:

$$i_{epk}(t) = A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t}; \quad U_{epk}(t) = A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t};$$

сипаттамалық теңдеудің түбірлері кешенді түйіндес $p_{1,2} = -\alpha \pm j\omega_{epk}$ (α - өшу коэффициенті, ω_{epk} - еркін тербелістің жиілігі):

$$i_{epk}(t) = A e^{-\alpha t} \sin(\omega t + \psi); \quad U_{epk}(t) = A e^{-\alpha t} \sin(\omega t + \psi);$$

б) белгісіз шаманың бастапқы мәндері бойынша және оның бірінші реттік туындысы бойынша (екінші реттік тізбек үшін) интегралдау тұрақтыларын анықтау A_1, A_2 немесе A .

Өтпелі кезенді операторлық әдіспен есептеу әдістемесі келесі кезендерден тұрады:

1) тәуелсіз бастапқы шарттарын анықтау: $i_L(0), u_C(0)$; тәуелсіз бастапқы шарттар коммутацияға дейінгі тізбекте және коммутация заңдарын анықтайды:

$$i_L(0_+) = i_L(0) = i_L(0_-); \quad u_C(0_+) = u_C(0) = u_C(0_-).$$

2) эквивалентті операторлық сұлбаны тұрғызу (сұлба коммутациядан кейінгі тізбек үшін құрылады);

3) ізделініп отырған мәннің бейнесін табу үшін теңдеулер құру, есептеу әдістерінің қайсысы болса да: операторлық формадағы Кирхгоф заңдары, контурлық токтар әдісі, түйіндік потенциалдар әдісі, эквиваленттік генератор әдісі, және т.б. (теңдеулер коммутацияға дейінгі тізбек үшін алынады) және де ізделініп отырған мәннің бейнесін табу;

4) жіктеу теоремасын қолдану арқылы ізделініп отырған мәнді анықтау:

а) егер сипаттамалық теңдеу түбірлері $F_2(p)=0, p_1, p_2$ - нақты және әртүрлі болса, онда түп нұсқа:

$$\frac{F_1(p)}{F_2(p)} \doteq f(t) = \frac{F_1(p_1)}{F_2'(p_1)} e^{p_1 t} + \frac{F_1(p_2)}{F_2'(p_2)} e^{p_2 t},$$

мұндағы $F_2'(p) = dF(p)/dp$;

б) егер, бөлімі бір нөлдік түбірге тең болса, сипаттамалық теңдеу түбірлері $pF_2(p)=0, p_1, p_2$ - нақты және әртүрлі болады, онда түп нұсқа:

$$\frac{F_1(p)}{pF_2(p)} \doteq f(t) = \frac{F_1(0)}{F_2(0)} + \frac{F_1(p_1)}{p_1 F_2'(p_1)} e^{p_1 t} + \frac{F_1(p_2)}{p_2 F_2'(p_2)} e^{p_2 t};$$

в) егер, бөлімі бір нөлдік түбірге тең болса, сипаттамалық теңдеудің түбірлері $F_2(p)=0$ кешенді – түйіндес болады $p_{1,2} = -\alpha \pm j\omega_{cb}$, онда түп нұсқа

$$\frac{F_1(p)}{pF_2(p)} \stackrel{\equiv}{=} f(t) = \frac{F_1(0)}{F_2(0)} + 2\operatorname{Re} \left[\frac{F_1(p_1)}{p_1 F_2'(p_1)} e^{p_1 t} \right].$$

3 № 2 – тапсырма. Таратылған көрсеткіштері бар тізбектерді есептеу

Мақсаты: әртүрлі режимдегі ұзын желінің есептелуін анықтау.

Біріншілік көрсеткіштері R_0, L_0, C_0 , және G_0 бар ұзындығы ℓ , үшфазалы желі U_H , номиналды кернеуіне және жиілігі $f = 50 \text{ Гц}$. кезде жұмыс істейді. Желінің бастапқы көрсеткіштері, номиналды кернеу, желі ұзындығы, жүктеме параметрлері 3.1-3.3 – кестелеріндегі нұсқаларға сәйкес таңдалынады.

Желі істеуінің келесі ережелеріне есептеу жүргізу:

- желі P_2 тең фазаның активті қуаты бар үшфазалық жүктемені қоректендіреді, жүктемедегі U_2 кернеу номиналды кернеумен тең, жүктеменің қуат коэффициенті $\cos \varphi_2$. Желінің басындағы U_1 кернеуін, I_1 тоғын және желі аяғындағы I_2 тоқты, желінің ПӘК есептеу;

- желі басындағы кернеу номиналға тең болғанда және желі аяғындағы жүктемені түсіргенде (бос жүріс режимінде) желі басындағы I_1 тоғын және желі аяғындағы U_2 кернеуін анықтау;

- келісілген жүктеме кезінде (жүктеменің кедергісі толқындық кедергіге тең болғанда) жүктемеге берілетін табиғи қуатты, желі басындағы U_1 кернеуімен I_1 тоғын, желі аяғындағы I_2 тоғын, желі ПӘК-ін, жүктемедегі U_2 кернеу, номиналды кернеуге тең анықтау.

3.1 кесте

Түскен жылы	Студенттік билетінің соңғы саны									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тақ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Жұп	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
$U_H, \text{кВ}$	350	650	400	230	250	600	110	500	220	330
$R_0, \text{Ом/км}$	0,03	0,05	0,06	0,07	0,09	0,1	0,04	0,06	0,08	0,1
$G_0 \cdot 10^{-6}, \text{См/км}$	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,015	0,07	0,05	0,04	0,03
$P_2, \text{МВт}$	350	300	200	150	100	50	450	250	170	120

3.2 кесте

Түскен жылы	Студенттік билетінің соңғы санының алдындағы саны									
Тақ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Жүп	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$L_0 \cdot 10^{-3}, Гн / км$	2,1	2,3	2,5	2,4	2,0	2,25	2,15	2,45	2,5	2,35
$\cos \varphi_2$	0,95	0,97	0,98	0,96	0,99	0,96 5	0,975	0,985	0,955	0,95

3.3 кесте

Түскен жылы	Тегінің бірінші әріпі									
Тақ	АН М	БС Ю	ВП Я	ГР Щ	ДО И	ЕТ Ш	ЖУ	ЗФ	ЧХ Л	КЦ Э
Жүп	КЦ Э	ЧХ Л	ЗФ	ЖУ	ЕТ Ш	ДО И	ГР Щ	ВП Я	БС Ю	АН М
$C_0 \cdot 10^{-9}, Ф / км$	14,3	14,0	13,0	13,5	12,0	12,5	12,3	12,7	13,7	14,5
$\ell, км$	900	730	680	850	800	650	820	750	870	700

№2 есептік –сызба жұмысын орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар

Біртекгі желінің көрсеткіштері. Біртекті желінің ұзындығының бірлігіне бастапқы көрсеткіштері ретінде: R_0 – кедергі, Ом; L_0 – индуктивтілік, Гн; C_0 – сыйымдылық, Ф; G_0 – сымдар арасындағы оқшаулау өтімділігі (азаю), См/м.

$$Z_0 = R_0 + j\omega L_0,$$

$$Y_0 = G_0 + j\omega C_0.$$

Біртекгі желінің екінші параметрлері: Z_T – толқындық (сипаттамалық) кедергі

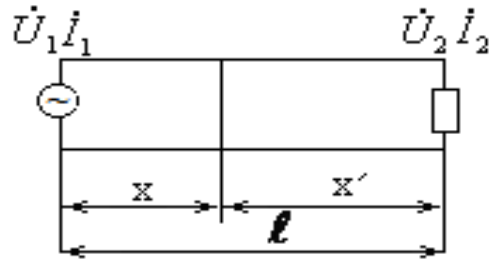
$$\underline{Z}_B = \sqrt{\frac{Z_0}{Y_0}}.$$

γ – таралу коэффициенті

$$\underline{\gamma} = \sqrt{Z_0} \cdot \gamma_0 = \alpha + j\beta,$$

мұндағы α – өшу коэффициенті; β – фаза коэффициенті.

Біртекгі желіні гиперболалық функциямен теңдеулері



3.1 сурет

Бұл теңдеулер ток пен кернеудің кешенді мәндерін желінің кез келген нүктесінде есептеуге мүмкіндік береді. Ол нүктелер ток пен кернеудің оның басынан x ара қашықтықта орналасқан, яғни U_1, I_1

$$\dot{U} = \dot{U}_1 \text{ch} \underline{\gamma} x - \dot{I}_1 \underline{Z}_B \cdot \text{sh} \underline{\gamma} x,$$

$$\dot{I} = -\frac{\dot{U}_1}{\underline{Z}_B} \cdot \text{sh} \underline{\gamma} x + \dot{I}_1 \text{ch} \underline{\gamma} x.$$

Бұл теңдеулер ток пен кернеудің кешенді мәндерін желінің кез келген нүктесінде есептеуге мүмкіндік береді, яғни берілген желінің соңындағы ток пен кернеу мен $U_2; I_2$ x' ара қашықтығындағы кез келген нүкте

$$\dot{U} = \dot{U}_2 \text{ch} \underline{\gamma} x + \dot{I}_2 \underline{Z}_B \cdot \text{sh} \underline{\gamma} x,$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}_2}{\underline{Z}_B} \cdot \text{sh} \underline{\gamma} x + \dot{I}_2 \text{ch} \underline{\gamma} x.$$

Кіріс кедергісі ретінде $\underline{Z}_{\text{кпр}}$ қосполюстік кедергіні аламыз, бұл желінің басындағы режимді есептеу кезінде желіні оның аяғындағы режимді есептегендегі қабылдағышымен бірге алмастыруға болады.

Егер, $x=l$ болса, онда $\underline{Z}_{\text{кпр}} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} = \frac{\dot{U}_2 \text{ch} \underline{\gamma} l + \dot{I}_2 \underline{Z}_B \text{sh} \underline{\gamma} l}{\frac{\dot{U}_2}{\underline{Z}_B} \text{sh} \underline{\gamma} l + \dot{I}_2 \text{ch} \underline{\gamma} l}$ болады.

4 № 3 – тапсырма. Электромагнитті өріс теориясы

Тапсырма мына тақырыптардағы екі есепті қамтиды:

- электр өрістерін есептеу;
- тұрақты токтың магнит өрістерін есептеу.

Студент есептейтін есептің нөмірі және есептеудің мәліметтері 4.1, 4.2, 4.3 – кестелерінде көрсетілген.

4.1 – есеп. Диэлектрик өтімділіктері ε_1 және ε_2 екі ортаның бөлігінің жазықтыққа параллель шекарасында шекаралық жазықтықтан h_1 және h_2 ара қашықтығында, бір-бірінен d ара қашықтығында R радиусы бар кесінділері бірдей екі ұзын параллель сым тартылған. Сымдарда τ_1 және

τ_2 зарядтары бар. Екі ортаның сымдар жазықтықтарының орналасуы 4.1 – суреттерінде көрсетілген.

Есептеу керек:

- а нұсқасы үшін: сымдар арасындағы кернеуді анықтау;
- б нұсқасы үшін: шекаралық жазықтықтағы $K(X_K, Y_K = 0)$

нүктесіндегі байланысқан зарядтың тығыздығын анықтау.

4.2 – есеп. Екі жіңішке, шексіз ұзын параллельді радиусы R сымдар ауада, жер бетіне параллель h_1 және биіктігінде орналасқан. Сымдар арасындағы қашықтық d. Жерге тұйықталмаған қоректендіру көзінен сымдарға U кернеуі салынған.

Есептеу керек:

- потенциалды және сыйымдылық коэффициенттерін есептеу;
- әр сымның зарядтарының сызықтық тығыздықтарын анықтау ;
- екісымды желінің жұмыс сыйымдылығын есептеу.

4.3 – есеп. Жартысфералық жерлестіргіш меншікті өткізгіштігі γ_1 топыраққа пайызбен бірдей көмілген. Жерлестіргіш радиусы R_3 . Жерлестіргішке I тұрақты тоғы әкелінген (4.3 сурет).

Есептеу керек:

- $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$ қадамдық кернеуді анықтау. А және В нүктелері жерлестіргіш ортасынан R_A и $R_B = R_A + 0,8$ м қашықтықта орналасқан;
- жайылу кедергісін анықтау;
- жерлестіргіш ортасынан R_C қашықтығында топырақта орналасқан С нүктесіндегі электр өрісінің кернеулілігін анықтау.

4.4 – есеп. R_3 радиусты сфералық жерлестіргіш меншікті өткізгіштігі γ_1 , екі ортаның γ_1 және γ_2 меншікті өткізгіштігі бар бөліну шекарасынан d қашықтығында терең топыраққа көмілген. Жерлестіргіш I тоғы әкелінген (4.4 сурет). Топырақтың әсер етуіне көңіл бөлмеуге болады.

Есептеу керек:

- U_p жайылу кернеуін анықтау;
- А және D нүктелеріндегі электр өрісінің кернеуліктің векторын анықтау.

4.5 – есеп. Оңаша шексіз ұзын дөңгелек кесіндісі бар радиусы R сымнан тұрақты I тоғы ағып жатыр. Сымның магнит өтімділігі - μ , қоршаған орта – ауа. Сым кесіндісі бойынша тоқ тығыздығы біркелкі (4.5 сурет).

Есептеу керек:

- а) нұсқасы үшін: сым ішіндегі және сыртындағы магнит индукциясын \vec{B} және магнит өрісінің \vec{H} кернеулілігін есептеу, H (r) және B (r) графиктерін тұрғызу (мұндағы r- сым білігінің арақашықтықтығы);

- б) нұсқасы үшін: $\ell = 1$ м ұзындықты сым бөлігінің ішкі индуктивтілігін анықтау;

в) нұсқасы үшін: сым осінен: $r_{\text{ішкі}} = 0.5R$ және $r_{\text{сыртқы}} = 2R_r$ қашықтықта, сым ішіндегі және сыртындағы векторлық \vec{A} векторлық потенциалды анықтау.

4.6 – есеп. Екісымды желі ұзын цилиндрлі дөңгелек кесіндісі бар сымнан тұрады. Сымдардың радиустары R бірдей. Сымдар бір-біріне параллель d қашықтығында орналасқан. Желі ішіндегі ток – I , қоршаған орта-ауа (4.6 сурет).

Есептеу керек:

а) нұсқасы үшін: $N(X_N, Y_N)$ нүктесіндегі \vec{H} магнит өрісінің кернеулілік векторын анықтау;

б) нұсқасы үшін: $N(X_N, Y_N)$ нүктесі үшін \vec{A} векторлық потенциалын анықтау.

в) нұсқасы үшін: желі ұзындығының бірлігіне сыртқы индуктивтілікті анықтау.

4.7 – есеп. d қашықтығында тұрақты I тоғы бар ұзын жіңішке сымнан төртбұрышты a және b қабырғалары, w орам саны бар оқшауланған жіңішке сымдардан құралған рамка орналасқан (4.7 сурет).

Есептеу керек:

- рамкадан өтіп кететін магнит ағынын есептеу;
- рамка мен сым арасындағы өзара индуктивтілікті анықтау;
- рамкаға әсер ететін \vec{F} күшін анықтау.

4.1 кесте

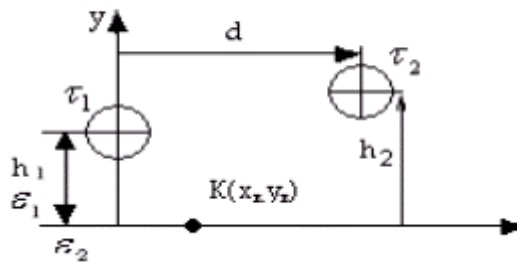
Түскен жылы	Тегінің бірінші әріпі									
	АВВ	ЕТД	ИЗЖ	ЦХ	ЩШ Ч	ЯЮЭ	ЛК	ОНМ	СРП	ФУТ
Тақ	ЮТ	ЭИУ	СЗ	ПРЖ	ОЩЕ	НЩД	МЧГ	ЛЦВ	КХБ	АЯФ
Есеп №	4.1а 4.6а	4.2 4.5в	4.3 4.6а	4.1б 4.7	4.4 4.5б	4.1а 4.5а	4.2 4.6б	4.3 4.5а	4.1б 4.5б	4.4 4.6в
ε_1	3	-	-	4	-	6	-	-	9	-
ε_2	5	-	-	2	-	8	-	-	7	
$\tau_1, Кл/м$	$2 \cdot 10^{-9}$	-	-	$5 \cdot 10^{-9}$	-	$-6 \cdot 10^{-9}$	-	-	$-5 \cdot 10^{-9}$	-
$\tau_2, Кл/м$	$-4 \cdot 10^{-9}$	-	-	$-3 \cdot 10^{-9}$	-	$4 \cdot 10^{-9}$	-	-	$7 \cdot 10^{-9}$	-
$X_K, м$	0,3	-	-	0,4	-	0,5	-	-	0,2	-

4.2 кесте

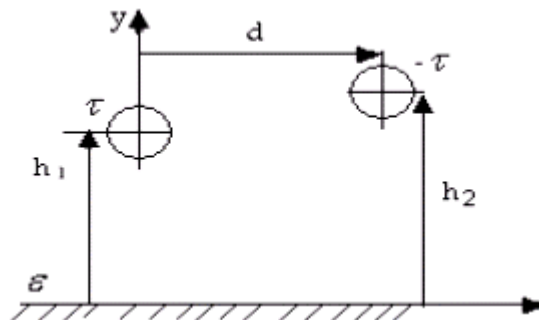
Түскен жылы	Студенттік билетінің соңғы саны									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Жұп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Тақ	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$d, м$	0,60	0,80	0,66	0,70	0,74	0,90	0,68	0,86	0,76	0,64
$R, м$	0,009	0,007	0,008	0,006	0,004	0,005	0,008	0,007	0,006	0,004
$h_1, м$	0,40	0,60	0,58	0,46	0,30	0,38	0,56	0,44	0,34	0,48
$\gamma_1, См \cdot м^{-1}$	$7,5 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$9 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-2}$	$8,5 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-2}$	$6,5 \cdot 10^{-2}$
$I_1, А$	20	10	30	20	28	18	16	25	15	35
$R_D, м$	0,80	0,96	0,90	0,86	0,90	1,20	0,88	1,15	1,00	0,95
$\gamma_2, См \cdot м^{-1}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$9 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$8,5 \cdot 10^{-2}$	$7,5 \cdot 10^{-2}$
μ	100	150	200	300	250	50	350	90	280	180
$X_N, м$	0,40	0,60	0,30	0,25	0,35	0,45	0,48	0,50	0,40	0,20
$v, м$	0,50	0,60	0,55	0,70	0,64	0,76	0,80	0,58	0,68	0,85

4.3 кесте

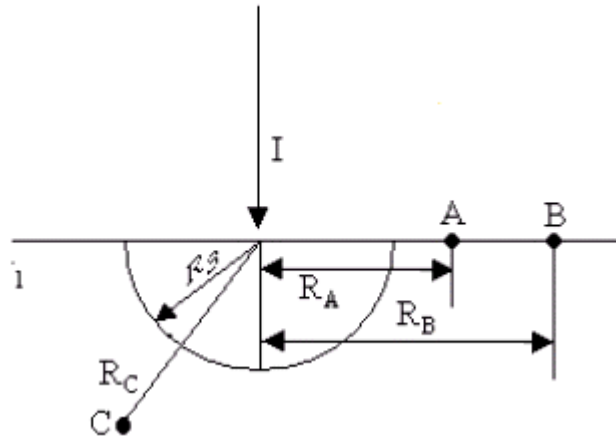
Түскен жылы	Студенттік билетінің соңғы санының алдындағы саны									
	0	9	1	8	7	2	6	3	4	5
Жұп	0	9	1	8	7	2	6	3	4	5
Тақ	5	4	3	6	2	7	8	1	9	0
$h_2, м$	0,68	0,74	0,88	0,90	0,98	0,76	0,84	0,70	0,96	0,86
$U, В$	300	500	600	700	400	800	220	380	900	750
$R_3, м$	0,12	0,20	0,25	0,15	0,10	0,18	0,26	0,16	0,24	0,14
$R_A, м$	0,30	0,40	0,45	0,25	0,20	0,40	0,36	0,28	0,40	0,22
$R_c, м$	0,40	0,50	0,45	0,35	0,30	0,36	0,55	0,60	0,50	0,38
$I, А$	40	80	60	50	100	90	70	95	75	85
$Y_N, м$	0,80	0,64	0,70	0,60	0,90	0,86	0,78	0,96	0,66	0,75
W	250	300	450	500	600	550	350	200	700	650
$a, м$	0,42	0,36	0,28	0,40	0,30	0,20	0,40	0,38	0,24	0,34



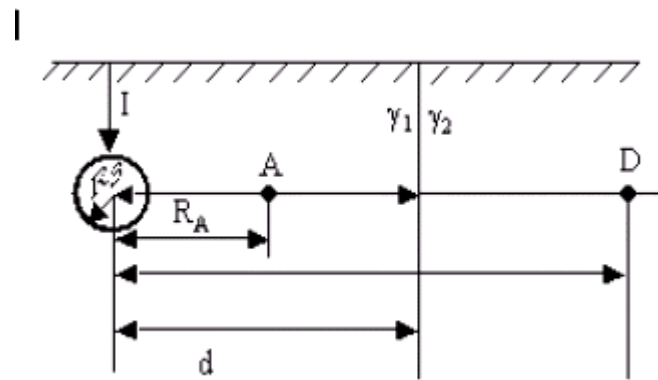
4.1 сурет



4.2 сурет

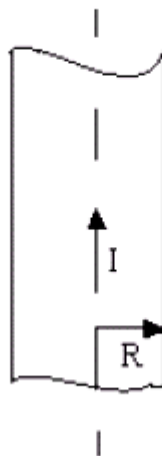


4.3 cyper

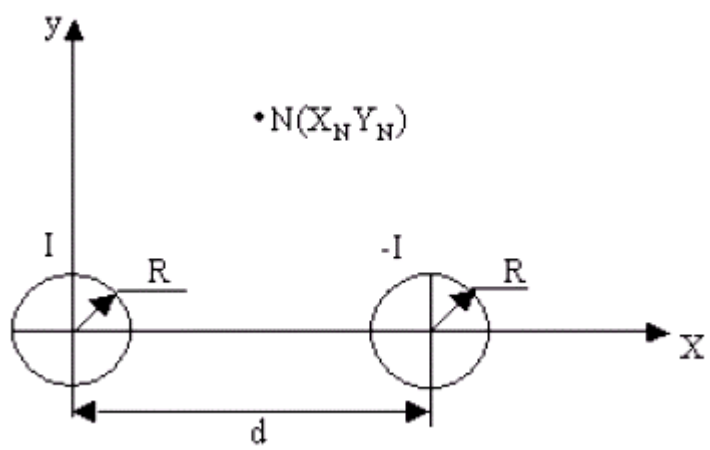


4.4 cyper

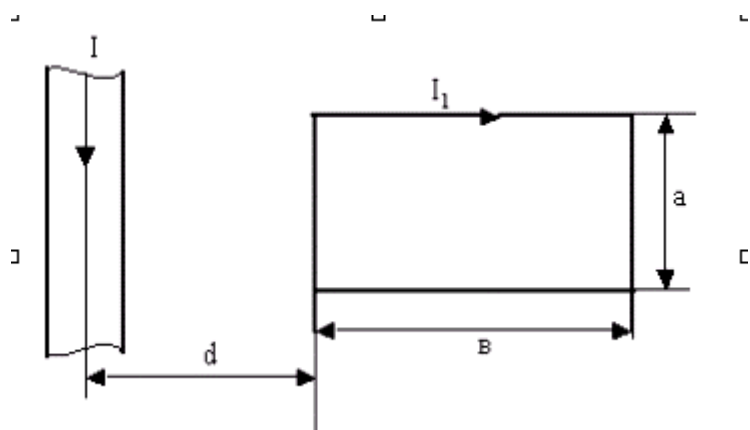
□



4.5 cyper



4.6 cyper



4.7 cyper

№3 есептік –сызба жұмысын орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар

Екі сымды сызықтың жазық параллельді электростатикалық өрісін есептеу

Екі сымды сызықтың геометриялық параметрлері a , S_1 , S_2 келесідей есептеледі (4.8 сурет)

$$S_1 = \frac{d^2 + R_1^2 - R_2^2}{2d}; \quad S_2 = \frac{d^2 + R_2^2 - R_1^2}{2d}; \quad a = \sqrt{S_1^2 - R_1^2} = \sqrt{S_2^2 - R_2^2},$$

мұндағы

$d = S_1 + S_2$ – сымның геометриялық осьтерінің арасындағы қашықтық;

S_1 мен S_2 – сымның геометриялық осінің нольдік потенциал жазықтығына дейінгі ара-қашықтығы;

R_1, R_2 – сымдардың радиусы;

a – электрлік осьтердің нольдік потенциал жазықтығынан ара қашықтығы.

Екі сымды өткізгіш сыйымдылығы C келесі формуламен анықталады

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{(S_1 + a)(S_2 + a)}{R_1 R_2}},$$

$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электр тұрақтысы;

$\epsilon = 1$ – ауаның салыстырмалы диэлектрлік өтімділігі.

ϕ_1, ϕ_2 сымның бетіндегі потенциалдар айырымы келесідей анықталады

$$\phi_1 = \frac{CU}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{S_1 + a}{R_1}, \quad \phi_2 = \frac{CU}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{R_2}{S_2 + a}.$$

Сымның бетіндегі өріс кернеуліктері келесідей формуламен анықталады

$$E_M = \frac{CU}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_M} - \frac{1}{R_M + 2a} \right), \quad E_N = \frac{CU}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_N} + \frac{1}{2a - R_N} \right),$$

$$E_L = \frac{CU}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{2a - R_L} + \frac{1}{R_L} \right), \quad E_K = \frac{CU}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_K} - \frac{1}{R_K + 2a} \right),$$

мұндағы

$R_M = S_1 - a + R_1$ - оң электрлік осьтің M нүктесіне дейінгі ара қашықтығы;

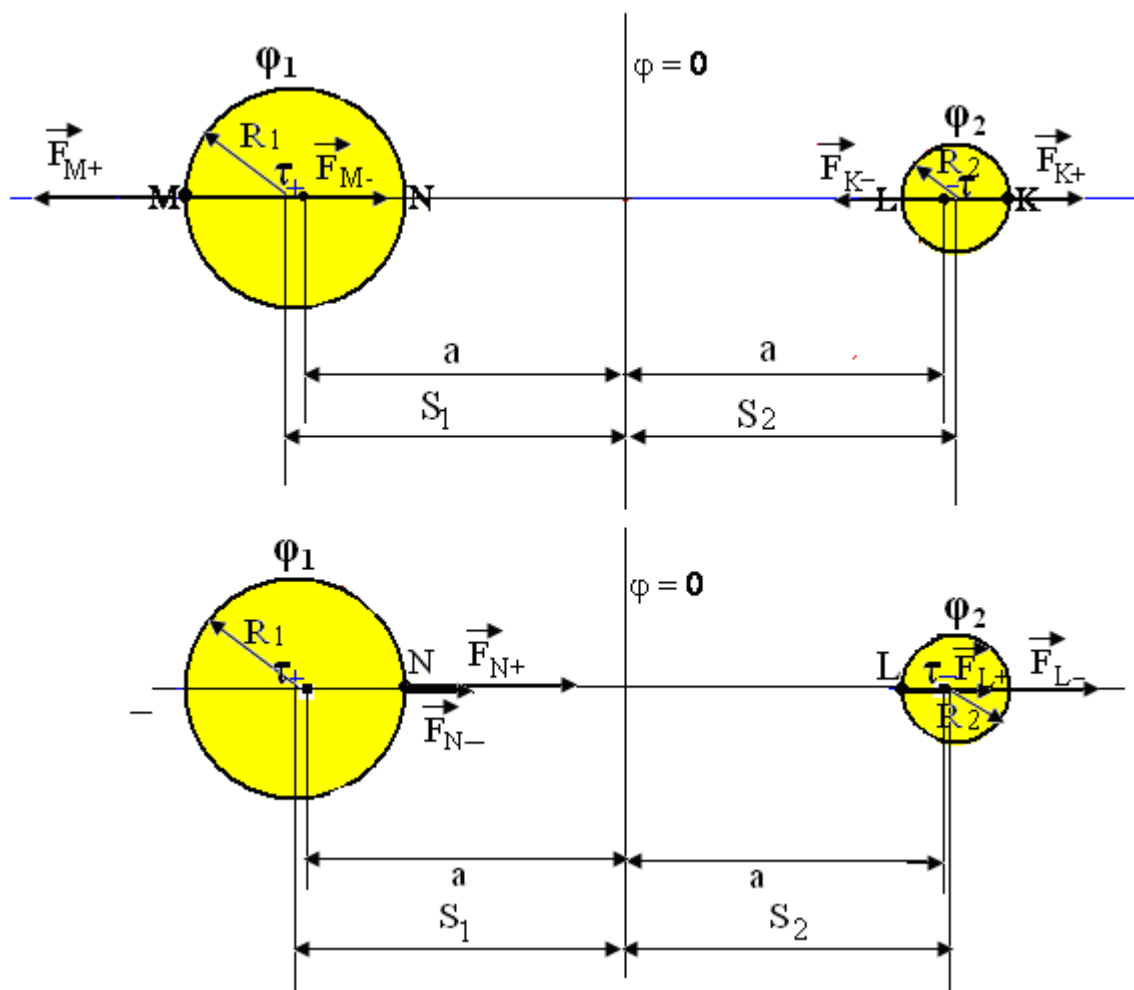
$R_N = R_1 - (S_1 - a)$ - оң электрлік осьтің N нүктесіне дейінгі ара қашықтығы;

$R_L = R_2 - (S_2 - a)$ - оң электрлік осьтің L нүктесіне дейінгі ара қашықтығы;

$R_K = S_2 - a + R_2$ - оң электрлік осьтің K нүктесіне дейінгі ара қашықтығы.

Сыртқы электр зарядының тығыздығы келесі формуламен анықталады

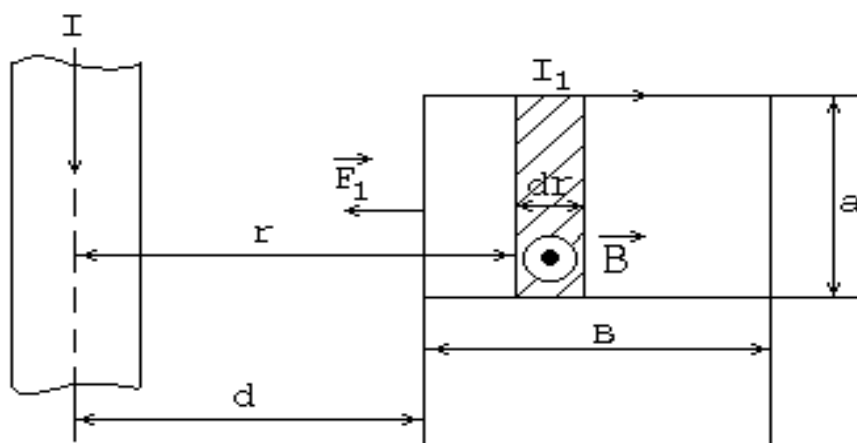
$$\sigma_M = \epsilon_0 E_M, \quad \sigma_N = \epsilon_0 E_N, \quad \sigma_L = \epsilon_0 E_L, \quad \sigma_K = \epsilon_0 E_K.$$



4.8 сурет

Тікбұрышты рамканың жанында орналасқан ұзын тік сымның магнит өрісін есептеу

I тұрақты тогы бар ұзын жіңішке сымнан d қашықтықта орам саны ω жіңішке оқшауланған сымда тікбұрышты рамка орналасқан. Рамка бойымен I_1 тогы ағып өтеді. Рамканың екі жағы (a мен b) сым осіне параллельді (4.9 сурет).



4.9 сурет

Өздік индукцияның магнит ағынын анықтау.

Магнит өрісіндегі рамканы тесіп өтетін I тоғының өздік индукциясының магнит ағынын Φ_M есептейік.

Магнит өрісіндегі I тоғының B магнит индукциясы келесідей есептеледі

$$B = \frac{\mu_a I}{2\pi r},$$

мұндағы

$\mu_a = \mu_0 \mu$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн / м}$ – магнит тұрақтысы;

$\mu = 1$ - ортаның салыстырмалы магнит тұрақтысы;

I тогы бар сым осінің элементарлы $ds = adr$ ауданға дейінгі ара қашықтығы r .

B магнит индукциясы рамканың көлденең қимасына «бізге» перпендикуляр бағытталған.

Магнит өрісінің I тоғындағы өздік индукциясының Φ_M магнит ағыны келес формуламен есептеледі:

$$\Phi_M = \int_d^{d+B} B ds = \int_d^{d+B} \frac{\mu_a I}{2\pi r} \cdot adr = \frac{\mu_a I a}{2\pi} \int_d^{d+B} \frac{dr}{r} = \frac{\mu_a I a}{2\pi} \ln \frac{d+B}{d}.$$

M рамка мен сым арасындағы өздік индуктивтілікті есептейміз.

Өздік индукция келесі формуламен есептеледі.

$$M = \frac{\omega \Phi_M}{I} = \frac{\omega \mu_a a}{2\pi} \ln \frac{d+B}{d}.$$

Рамкаға әсер ететін \vec{F}_1 күшін есептейміз:

$$F_1 = \frac{\partial W}{\partial d},$$

мұндағы W – I және I_1 ток өрістерінің энергиясы.

Әдебиеттер тізімі

Негізгі

- 1 Атабеков Г.И. ТОЭ линейные и электрические цепи (7-е изд.). – М.: Лань, 2009. – 592 с.
- 2 Денисенко В.И., Светашев Г.М. ТОЭЭ.: Конспект лекций. – Алматы: АИЭС, 2007. – 90 с.
- 3 Денисенко В.И., Зуслина Е.Х. ТОЭ.: Учебное пособие.- Алматы: АИЭС, 2000.-83 с.
- 4 Аршидинов М.М., Амиров Ж.Қ. Электротехниканың теориялық негіздері 4 (Дәріс жинағы). – Алматы: АЭЖБИ, 2010.
- 5 Аршидинов М.М., Амиров Ж.Қ. Электротехниканың теориялық негіздері 3 (Оқу құралы). – Алматы: АЭЖБИ, 2008.

Қосымша

- 1 Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники.-М.: Гардарики, 2007. – 638 с.
- 2 Прянишников В.А. ТОЭ: Курс лекций: Учебное пособие – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб., 2000. – 368 с.
- 3 Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В., Страхов С.В. Основы теории цепей.- М.: Энергоатомиздат, 1989. -528 с.
- 4 Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники, т.2. - СПб.: Питер, 2003.-576 с.
- 5 Сборник задач по теоретическим основам электротехники/ Л.Д.Бессонов, И.Г.Демидова, М.Е.Заруди и др.-М.: Высшая школа, 2003.-528 с.

Смагулова Гулдана Кашкинбаевна
Болдырева Любовь Павловна

СЫЗЫҚСЫЗ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ МЕН ЭЛЕКТР ӨРІСІНІҢ
ТЕОРИЯСЫ

5B081200- Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету мамандығына
арналған № 1,2, 3 есептеу-сызбалық жұмыстарға арналған әдістемелік
нұсқаулар мен тапсырмалар

Редакторы Ж.А.Байбураева
Стандарттау бойынша маман Молдабекова Н.Қ.

Басуға ___ қол қойылды
Таралымы 50 дана
Көлемі 1,4 есеп.- баспа таб.

Пішімі 60x84 1/16
Баспаханалық қағаз №1
Тапсырыс____.Бағасы 700 теңге.

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