

Б.А. Мукушев¹, Б.А. Прмантаева², Г.К. Муратова¹,
С.Б.Мукушев¹, Л.С. Каинбаева³

¹С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан,

²Л.Н. Гумилева атындағы Евразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

³Қорқыт ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университеті, Қызылорда, Қазақстан,
(E-mail: mba-55@mail.ru)

Орта мектеп физикасын оқытуда оқушыларды айнымалы токтың негізгі сипаттамаларымен таныстыру

Аңдатпа. Мақалада өнеркәсіпте, жарықтандыру желісінде, электротехника мен радиотехникада және компьютерлік желілерде қолданылатын айнымалы токтың түрлеріне теориялық талдау жасалды. Айнымалы токтың келесі сипаттамалары зерттелді: ток пен кернеудің лездік, амплитудалық, орташа және әсерлік мәндері. Синусоидтық немесе гармониялық, периодты, түзетілген, үш фазалы және пульсациялық токтың орташа және әсерлік мәндерінің физикалық қасиеттерін сипаттайтын параметрлер арасындағы байланыс ашылды.

Мысал ретінде айнымалы ток түзеткіштерінің түрлері, фазаимпульстік реттегіш және үш фазалы түзеткіш қарастырылды. Осы приборлар мен жабдықтардың көмегімен өндірілген айнымалы токтар мен кернеулердің орташа және әсерлік мәндерін табу бойынша есептеулер жүргізілді. Осы есептеулердің нәтижелері көмегімен магнитоэлектрлік, электродинамикалық және жылулық тұрғыдан электр тогын өлшейтін құралдардың (амперметрлер және вольтметрлердің) жұмыс істеу принциптері талданды.

Түйін сөздер: айнымалы ток пен кернеудің лездік, амплитудалық, орташа және әсерлік мәндері, фазаимпульстік реттегіш, үш фазалы түзеткіш, өлшеу приборлары.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6895-2023-143-2-240-250>

Кіріспе

Орта мектеп физикасында айнымалы ток ретінде гармониялық, яғни синусоидтық (немесе косинусоидтық) заңға сәйкес уақыт өте келе өзгеретін ток қарастырылатыны белгілі. Бұл фактор келесі себептерге байланысты:

біріншіден, барлық айнымалы ток генераторлары синусоидалы (немесе косинусоидты) заңға сәйкес өзгеретін электр қозғаушы күш шығарады;

екіншіден, пәтерлерде, зауыттарда қолданылатын жарықтандыру тізбегіндегі айнымалы ток гармониялық еріксіз электрлік тербелістер болып табылады;

үшіншіден, кез-келген күрделі тербелісті әрқашан синусоидтық (немесе косинусоидтық) гармониялық тербелістердің қосындысы ретінде қарастыруға болады [1-5].

Ал ақпараттық жүйелерде, компьютерлік техникада, электротехникалық және радиотехникалық желілерінде периодты электр сигналдары, пульсациялық токтар мен кернеулер кеңінен қолданылады. Мұндай токтар мен кернеулердің параметрлерінің

өзгеру заңдылықтары әдетте гармониялық тәуелділік түрінде болмаса да айнымалы ток класына жатады. Айнымалы ток пен кернеудің лездік, амплитудалық, орташа және әсерлік мәндері олардың сипаттамалары (характеристики) деп аталады [6].

Мақаланың негізгі мақсаты – оқушыларды параметрлері уақытқа тәуелді периодты өзгертін токтың негізгі сипаттамаларымен (лездік, амплитудалық, орташа және әсерлік) таныстыра отырып, айнымалы ток туралы толық түсінік қалыптастыру.

Аталған мақсатты іске асыру үшін төмендегі міндеттерді шешу жоспарланды:

1. Айнымалы ток пен кернеудің сипаттамаларын (лездік, амплитудалық, орташа және әсерлік) жеке-жеке қарастырып, олардың өзара байланысын сипаттайтын теңдеулердің физикалық мағынасын ашу;

2. Синусоидалдық, периодты, түзетілген, үш фазалы және пульсацияланған токтың орташа және әсерлік мәндерінің физикалық қасиеттерін сипаттайтын параметрлерді зерттеу;

3. Айнымалы токпен жұмыс істеу үшін қажетті аспаптар мен жабдықтардың түрлері қарастыру (түзеткіш, фазаимпульстік реттегіш және үш фазалы генератор) және осы аспаптар көмегімен өндірілген айнымалы ток пен кернеудің орташа және әсерлік мәндері есептеу;

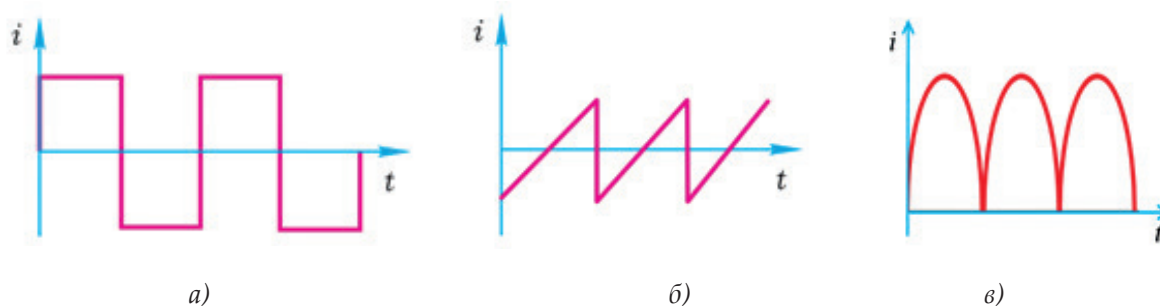
4. Магнитоэлектрлік, электродинамикалық және жылулық тұрғыдан айнымалы токтың кернеуі мен ток күшін өлшеу құралдарының жұмыс істеу принциптерімен танысу.

Зерттеу әдістері

Зерттеуде келесі әдістер қолданылды: теориялық және графикалық талдау, айнымалы токпен кернеудің теңдеулерін интеграл көмегімен есептеу және айнымалы токпен кернеудің әсерлік мәнін энергетикалық тәсіл көмегімен есептеу. Айнымалы токтың сипаттамалары арасындағы байланысты ашуда мынандай педагогикалық әдістер қолданылды: жалпылау, салыстыру, аналогия және ой қорту.

Ғылыми нәтижелері

Айнымалы токтың сипаттамалары. Жалпы жағдайда токтың күші немесе бағыты (немесе екеуі де бірдей) уақыт бойынша гармониялық заңға сәйкес өзгерсе немесе ток күшінің уақытқа байланысты графигі 1-суреттегідей болса, онда мұндай токты айнымалы ток деп атайды.



Сурет 1. Айнымалы ток түрлері

Өнеркәсіптік айнымалы ток – бұл 50 Гц жиіліктегі еріксіз электрлік тербелістер, олардың параметрлері – кернеу мен ток күші – гармониялық заңдарға сәйкес өзгереді:

$$u(t) = U_m \sin \omega t \quad \text{и} \quad i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi).$$

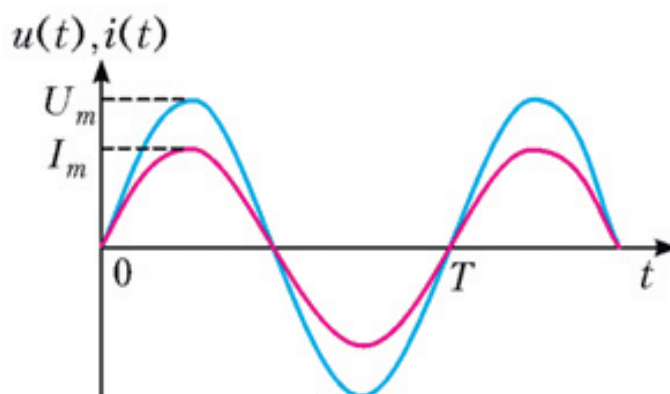
Мұнда $u(t)$ және $i(t)$ - t уақыт моментіндегі кернеу мен токтың лездік мәні, ал U_m және I_m тізбектегі кернеу мен ток күшінің амплитудалық мәні, $\omega=2\pi\nu$ - циклдік жиілік, φ – тізбектегі кедергі сипатына байланысты ток пен кернеудің тербелістері арасындағы фазалық айырмашылық (ығысу).

Айнымалы токтың бірінші сипаттамасы - лездік мән. Ол нөл мен максималды мән арасында өзгеріп отырады. Егер синусоидтық айнымалы ток тізбегіне тек актив кедергі қосылған болса, онда кернеу мен ток теңдеулерін келесі түрде аламыз:

$$u(t)=U_m \sin \omega t$$

$$i(t)=I_m \sin \omega t.$$

2-суретте осы теңдеулердің графиктері көрсетілген, мұндағы T - тербеліс периоды.



Сурет 2. Гармониялық айнымалы ток пен кернеудің уақытқа тәуелділік графигі

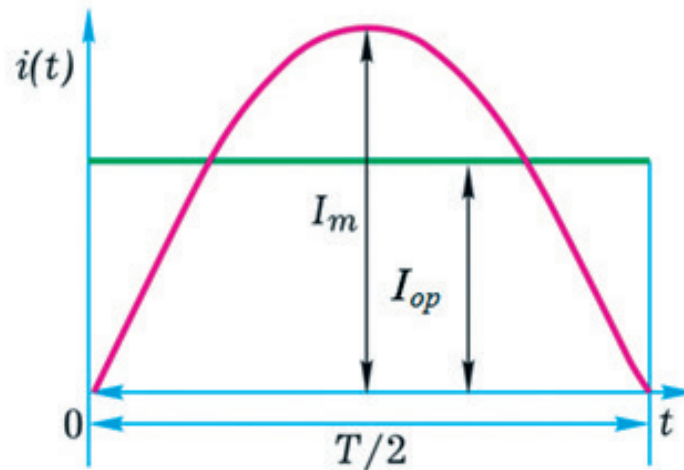
Айнымалы токты сипаттайтын екінші шама - оның амплитудалық мәні. Электр тогының гармониялық өзгеру кезеңіндегі токтың максимал лездік мәні амплитуда деп аталады. Айнымалы токты сипаттайтын лездік және амплитудалық кернеу мен токтың мәндерін оқушылар терең меңгеру үшін жалпылау, салыстыру, аналогия және ой қорту сияқты дидактикалық әдіс-тәсілдерді қолдана біліуі керек [7].

Айнымалы токтың орташа мәні - айнымалы токпен тең уақыт аралығында бірдей электр зарядын тасымалдайтын тұрақты токтың мәні. Формасы уақыт осіне қатысты симметриялы болатын айнымалы ток үшін, мысалы, синусоидтық сигнал үшін токтың орташа мәні нөлге тең. Соңдықтан, айнымалы токтың орташа мәні ретінде осы ток түзетілгеннен кейінгі токтың орташа мәні алынады. Мұндай орташа ток түзетілген токпен аккумуляторды зарядтауда, немесе электролиз құбылысын сипаттауда қолданылады.

Белгілі бір уақыт аралығында айнымалы ток актив кедергіде қанша энергия бөліп шығаратын болса, сол уақытта сонша жылу мөлшерін бөліп шығаратын тұрақты ток мәнін айнымалы токтың әсерлік мәні ретінде аламыз.

Айнымалы токтың орташа мәні және оны түзету. Айнымалы ток бір период ішінде әртүрлі лездік мәндерге ие болады. Айнымалы ток тізбегіне қосылған амперметр (немесе вольтметр) токтың (немесе кернеудің) қандай мәнін көрсетеді? Тұрақты токты өлшеуге арналаған магнитоэлектрлік амперметр немесе вольтметрді айнымалы ток тізбегіне қоссақ, онда бұл приборлар нөлді көрсетеді. Шынында да, ток әр периодтың бірінші жартысында ток бір бағытта, ал екінші жартысында кері бағытта жүреді. Мұндай ток тізбегінде электролиз болмайды және мұндай ток аккумулятор батареясын зарядтай алмайды.

Гармониялық заңдылықпен өзгертін айнымалы токтың орташа мәні деп жарты периодтың ішіндегі токтың орташа мәнін айтады. 3-суретте синусоидтық айнымалы токтың жарты период ішіндегі уақытқа тәуелділік графигі көрсетілген.



Сурет 3. Жарты период ішіндегі синусоидтық токтың уақытқа тәуелділік графигі және оның орташа мәні

Біз $T/2$ табаны бар тіктөртбұрыш саламыз. Оның ауданы график қисығы мен көлденең ось арасында орналасқан ауданға тең. Тіктөртбұрыштың биіктігі жарты период уақыттағы токтың орташа мәніне тең. Синусоиданың немесе тіктөртбұрыштың астындағы аудан сан бойынша өткізгіштен өткен зарядқа тең екендігі белгілі:

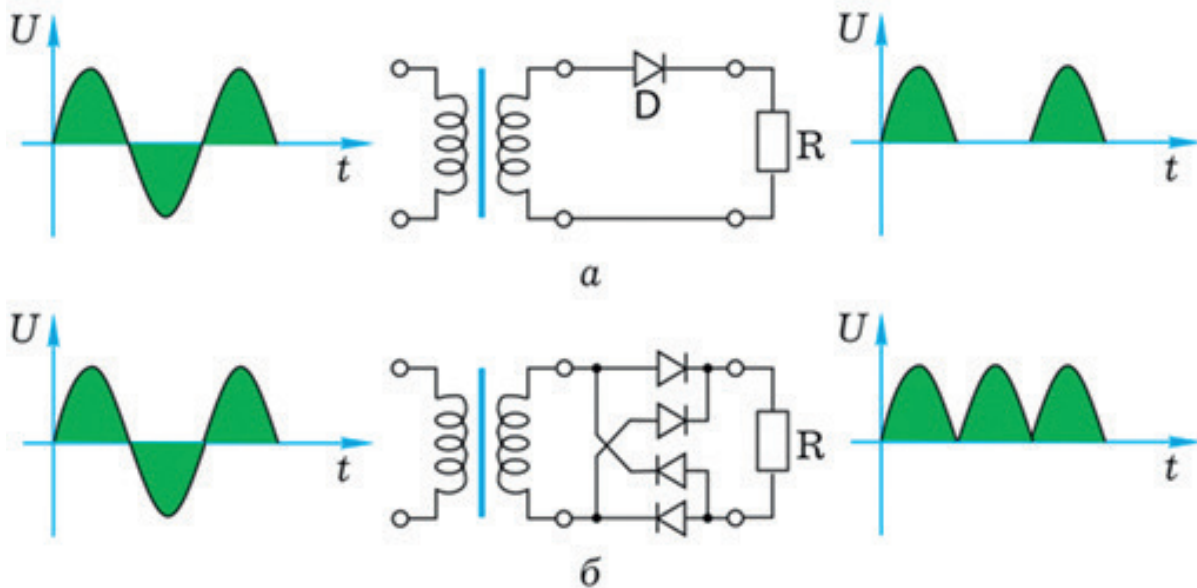
$$q = \int_0^{T/2} i(t) dt = \int_0^{T/2} \sin \omega t dt = \frac{2}{\pi} I_m (T/2) = I_{cp} \cdot (T/2)$$

Осыдан біз айнымалы синусоидтық токтың орташа және амплитудалық шамалары арасындағы байланысты табамыз:

$$I_{cp} = \frac{2}{\pi} I_m = 0,637 I_m$$

Айнымалы синусоидтық кернеудің орташа және амплитудалық шамалары арасындағы байланыс мынандай түрде болады: $U_{cp} = 0,637 U_m$

Батарейаны зарядтау немесе электролизді іске асыру үшін синусоидтық ток түзетіледі. Түзетуден кейін ток бір бағытта жүреді, бірақ оны тұрақты ток деп санауға болмайды. Тек шамасы өзгертін біржаққа бағытталған токтар пульсациялық токтар деп аталады. Тұрақты ток алу үшін пульсациялық токты фильтр жүйесімен тегістейді. Төменде 4а суретте айнымалы синусоидтық бір жартыпериодтық түзеткішінің схемасы және түзеткіштің шығысындағы кернеу графигі, ал 4б суретте екі жартыпериодтық түзеткіш (көпір) және шығысынан алынған кернеуі көрсетілген.



Сурет 4. Синусоидтық токты түзету және пульсациялық токтың уақытқа тәуелділік графигі

Мұндай ток немесе кернеудің орташа мәндерін магнитоэлектрлік құрылғы арқылы өлшеуге болады, оның жұмыс принципі өткізгіштегі ток және тұрақты магнит өрісі арасындағы әрекеттесуіне негізделген. Осы құбылыстарды сандық әдіс және компьютерлік тәжірибелер көмегімен жан-жақты қарастыруға болады [8-11].

Мысал 1. Екі түзеткіш берілсін: екі жартыпериодтық және бір жартыпериодтық. Олардың әрқайсысына алдымен аккумулятор, содан кейін қыздырғыш қосылады. Түзеткішті ауыстырған кезде аккумулятордың зарядтау тогы мен қыздырғыштағы ток қалай өзгереді?

Зарядтау тогы – бұл тізбектегі орташа ток. Сондықтан, екі жартыпериодтық түзетуден бір жартыпериодтық түзетуге ауысу кезінде аккумуляторды зарядтау тогы екі есе азаяды. Егер түзеткіштің жүктемесі қыздырғыш болса, онда бұл жағдайда ток емес, айнымалы ток қуаты екі есе азаяды. Қуат токтың квадратына пропорционал ($P=I^2R$) екені белгілі, демек жарты периодтық түзеткішті қолданғанда ток $\sqrt{2}$ есе азаяды.

Мысал 2. 4a суретте көрсетілген бір жартыпериодтық түзеткіштің шығысындағы кернеудің орташа мәні қандай? Кернеудің амплитудалық мәні U_m .

Жарты периодтық кезеңдегі айнымалы синусоидтық токтың орташа және амплитудалық шамалары арасындағы байланысты қолдана отырып, біз төмендегідей есептеулер жасаймыз:

$$U_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} U(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} U_m \cos \omega t dt = -\frac{U_m}{\omega T} \cos \omega t \Big|_0^{T/2} = \frac{1}{\pi} U_m = 0,318 U_m$$

Айнымалы токтың әсерлік мәні. Айнымалы токты зерттеу үшін токтың бағытына тәуелсіз болатын қандай да бір қасиетін пайдалану ыңғайлы. Мұндай қасиет ретінде токтың өткізгішті қыздыру құбылысын алуға болады.

Өнеркәсіптік синусоидтық айнымалы токтың жиілігі $\omega = 314 \text{ рад/с}$ ($\nu=50 \text{ Гц}$). екендігі белгілі. Сонымен, тізбектегі кернеу мен токтың лездік мәні тез өзгереді. Айнымалы ток актив кедергіден өткен кезде (мысалы, шам арқылы) бөлінген жылу энергиясының мөлшері уақытқа сәйкес өзгеріп отырады. Бірақ бұл құбылыс айнымалы ток жиілігінің үлкен шама болуына байланысты және шамның жылудық инерттілігіне байланысты байқалмайды. Осылайша, шамның лездік қуат мәні бізге тұрақты болып көрінеді. Осы шам арқылы

тұрақты ток өткізіп, одан айнымалы ток өткен кездегі бөлінген жылу мөлшеріндей жылу атуға болады..

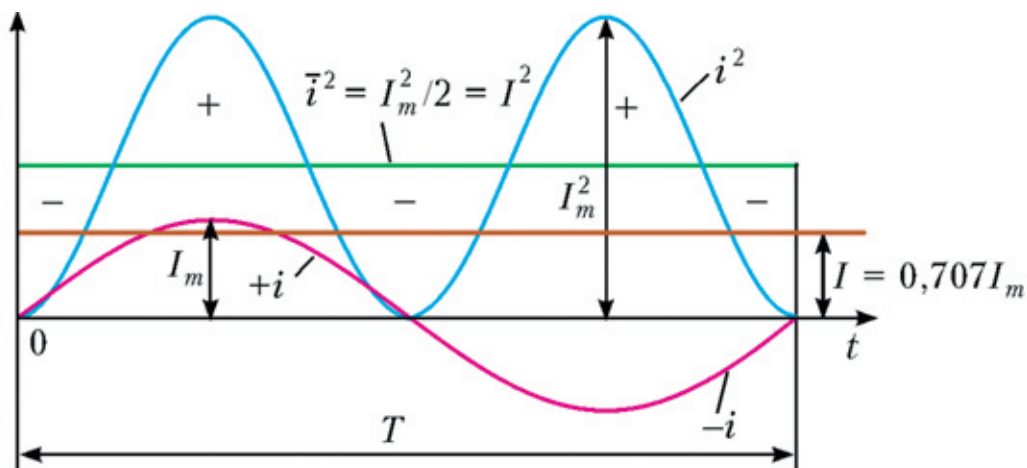
Кедергісі R арқылы өтетін I тұрақты токтың қуаты

$$P = I^2 R.$$

Синусоидтық айнымалы токтың лездік қуаты мынандай болады:

$$p = i^2 R, \text{ мұндағы } i^2 = I_m^2 \sin^2 \omega t = I_m^2 \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} = \frac{I_m^2 R}{2} - \frac{I_m^2 R}{2} \cos 2\omega t$$

Ал $\cos 2\omega t$ орташа мәні толық период ішінде нөлге тең (Сурет 5).



Сурет 5. Синусоидтық токтың және айнымалы токтың квадратының уақытқа тәуелділік графигі

Демек синусоидтық толық период ішінде айнымалы ток күшінің квадратының периодтың орташа мәні

$$\bar{i^2} = \frac{I_m^2}{2}$$

ал токтың әсерлік мәні

$$I = \sqrt{\bar{i^2}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0,707 I_m$$

Сол сияқты, айнымалы синусоидтық кернеудің әсерлік мәні

$$I_{\text{ор.түз.}} = \frac{1}{T} \int_0^T |i(t)| dt \quad U_{\text{ор.түз.}} = \frac{1}{T} \int_0^T |U(t)| dt$$

Екі тізбектелген токтардың (электродинамикалық жүйенің құрылғылары) магниттік өзара әрекеттесу принципі бойынша жасалған электр өлшеу құралдары, сондай-ақ айнымалы ток тізбегіне қосылған жылулық амперметрлер мен вольтметрлер токтың немесе кернеудің әсерлік мәндерін көрсетеді. Бұл құрылғылар универсалды, олар тұрақты және айнымалы токтар, сонымен қатар әр түрлі электр сигналдарының параметрлерін өлшеу үшін қолданылады.

Айнымалы ток категориясына тек синусоидтық ток қана емес, сонымен қатар кез келген периодты электр сигналдары да кіретіндіктен, айнымалы токтың орташа және әсерлік мәндерінің шамаларын есептеу үшін жалпыланған формулаларды пайдаланамыз.

Айнымалы токтың немесе кернеудің орташа мәні бір период ішіндегі лездік мәндердің арифметикалық орташа мәніне тең:

$$I_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt \quad U_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T U(t) dt$$

Сол сияқты, ток пен кернеудің орташа түзетілген мәндері төмендегі теңдеумен есептеледі:

$$I_{ор.түз.} = \frac{1}{T} \int_0^T |i(t)| dt \quad U_{ор.түз.} = \frac{1}{T} \int_0^T |U(t)| dt$$

Электр сигналының лездік қуаты - кернеудің лездік шамасы (u) мен токтың лездік шамасының (i) көбейтіндісіне тең: $p = u \cdot i$.

Бір период ішіндегі орташа қуатты табу үшін шексіз аз уақыт аралығында жасалған жұмыстардың қосындысын табу керек, содан кейін бұл шаманы T периодқа бөлу керек. dt уақытаралығындағы жасалған жұмыс $u \cdot idt$ өрнегімен анықталады. T периоды ішіндегі қуат төмендегі формуламен есептейді.

$$\bar{p} = \frac{A}{T} = \frac{1}{T} \int_0^T u \cdot idt = R \cdot \frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt$$

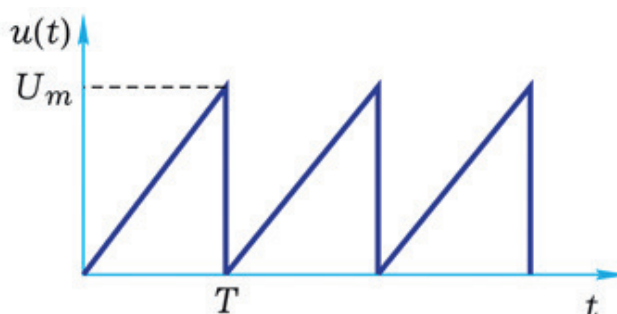
R кедергісі арқылы өтетін I тұрақты токтың қуаты $P = I^2 R$ болатыны белгілі. Егер $P = \bar{p}$ болса,

$$I^2 R = R \cdot \frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt$$

онда айнымалы ток (кернеу) шамасының әсерлік мәні келесі формула бойынша анықталады:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} \quad \text{и} \quad U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) dt}$$

Мысал 3. Электродинамикалық (немесе жылу) амперметрмен тізбектей қосылған резисторға 6 суреттегідей электр сигналы берілсе амперметр қандай шаманы көрсетеді. Резистордың кедергісі R -ге тең.



Сурет 6. Ара тісі тәрізді электрлік сигнал (кернеу)

Электродинамикалық амперметрдің стрелкасының ауытқу бұрышы айнымалы токтың лездік шамасының квадратына тура пропорционал. Осылайша, амперметр резистордағы токтың әсерлік мәнін көрсетеді:

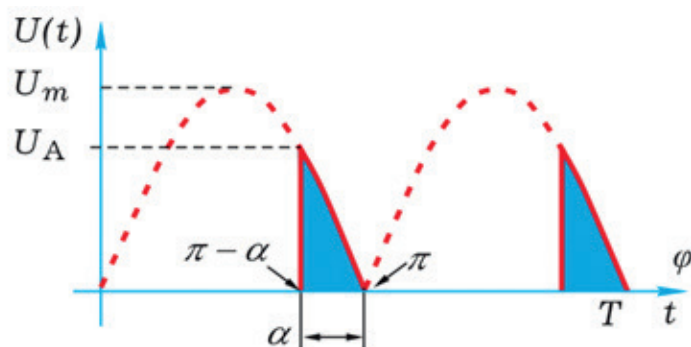
$$I = \frac{U}{R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U^2(t) dt} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \frac{U_m^2 T}{3}} = \frac{U_m}{R\sqrt{3}}$$

Мысал 4. Аккумулятор батареясын I_0 тұрақты токпен зарядтау үшін t_0 сағат қажет. Мұндай аккумуляторды желіден толық периодтық түзеткіш арқылы зарядтауға қанша уақыт кетеді. Желіден келеті токтың әсерлік мәні де I_0 шамаға тең.

Тұрақты ток жағдайында t_0 уақыт ішінде батарея алатын заряд мөлшері $I_0 t_0$. Егер батарея желіден толық периодтық түзеткіш арқылы зарядталса, алған заряд мөлшері $I_{cp} t$ болады.

$I_{cp} t = I_0 t_0$ белгілі. 2-мысалда қарастырылған мәселелерден $I_{cp} = \frac{1}{\pi} I_M$ $\frac{1}{\pi} I_M t = I_0 t_0$ $I_M = I_0 \sqrt{2}$ деп жаза аламыз. Демек, $t = \frac{\pi t_0}{\sqrt{2}}$.

Мысал 5.7 - суретте фазаимпульстік реттегіштің шығысындағы кернеу түрі көрсетілген. U_m реттегішінің кірісіндегі желінің екі жартыпериодтық түзетілген синусоидтық кернеуінен кейінгі амплитудасы. $\alpha = \pi/4$ - өткізгіштік бұрышы, 0-ден π -ге дейін өзгереді.



Сурет 7. Фазаимпульстік реттегіштің шығысындағы кернеуді уақытқа тәуелділік графигі

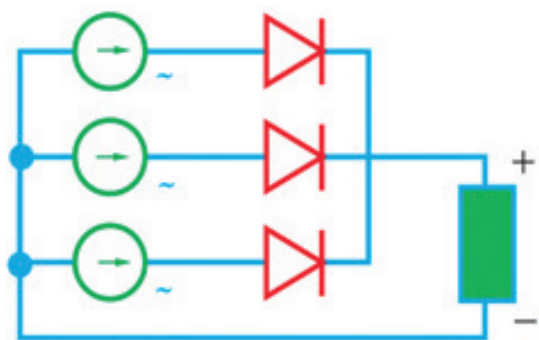
Фазалық реттегіштің шығысындағы кернеудің максималды, орташа және әсерлік мәндерін табу керек.

$$U_A = U_m \sin(\pi - \alpha) = U_m \sin \alpha = U_m \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0,707 U_m$$

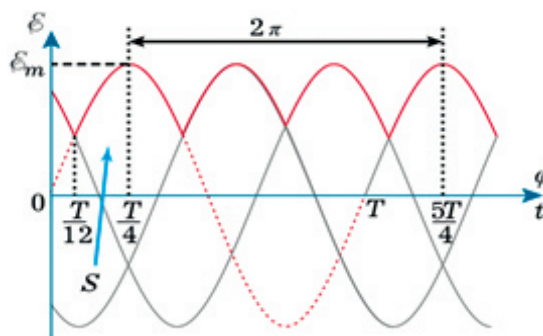
$$U_{cp} = \frac{1}{T/2} \int_{\pi/2}^{3T/8} U_m \sin \omega t dt = U_m (1 - \cos \alpha) / \pi \approx 0,093 U_m$$

$$U = \sqrt{\frac{1}{T/2} \int_{\pi/2}^{3T/8} U_m^2 \sin^2 \omega t dt} = U_m \sqrt{(\alpha - \frac{\sin 2\alpha}{2}) / (2\pi)} = U_m \sqrt{\frac{1}{8} - \frac{\sin 2\alpha}{4\pi}} \approx 0,213 U_m$$

Мысал 6. 8- суретте үш фазалы түзеткіш және түзеткіштің шығысындағы (сурет-9) ЭҚК-нің уақытқа тәуелділік графигі көрсетілген. ЭҚК-нің максималды мәні ε_m . Орташа ЭҚК неге тең? ЭҚК-нің әсерлік мәнін табу керек.



Сурет 8. Үш фазалы түзеткіштің электрлік схемасы



Сурет 9. Үш фазалы токтың Э.Қ.К.-нің түзеткіштің шығысындағы уақытқа тәуелділік графигі

Бір фазалы айнымалы токтың ЭҚК-і орташа мәні $\varepsilon_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T \varepsilon(t) dt$ екендігі белгілі. Үш фазаның ЭҚК-терінің кірістегі қабаттасуы жағдайында ЭҚК-нің орташа шамасы $\varepsilon_{cp} = 6S/T$ формуласы бойынша есептеледі, мұндағы S $t \in (\frac{T}{12}, \frac{T}{4})$ кезіндегі синусоида графигінің астындағы аудан.

$$\varepsilon_{\text{ср}} = 6 \cdot \frac{1}{T} \int_{T/12}^{T/4} \varepsilon_m \sin \omega t dt. \text{ Бұдан, } \varepsilon_{\text{ср}} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} \varepsilon_m$$

Бір фазалы айнымалы токтың ЭҚК-нің әсерлік мәні

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \varepsilon(t)^2 dt}. \text{ Біздің жағдай үшін, } \varepsilon = 6 \cdot \sqrt{\frac{1}{T} \int_{T/12}^{T/4} \varepsilon(t)^2 dt} = 6 \cdot \sqrt{\frac{1}{T} \int_{T/12}^{T/4} \varepsilon_m^2 \sin^2 \omega t dt} = 3\varepsilon_m \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{\sqrt{3}}{4\pi}}$$

Қорытынды

Айнымалы ток пен кернеудің әртүрлі жағдайларын талдау негізінде келесі нәтижелер алынды:

– айнымалы токты пайдалану салалары анықталды (өнеркәсіп, жарықтандыру желісі, электротехника, радиотехника, компьютерлік желілер);

– айнымалы ток пен кернеудің лездік, амплитудалық, орташа және әсерлік мәндері зерттелді;

– зерттеу барысында синусоидалдық, периодты, түзетілген, үш фазалы және пульсацияланған токтың орташа және әсерлік мәнінің физикалық қасиеттерін сипаттайтын параметрлер қарастырылды;

– айнымалы токпен жұмыс істеу үшін қажетті аспаптар мен жабдықтардың түрлері қарастырылды (түзеткіш, фазаимпульстік реттегіш және үш фазалы генератор). Осы аспаптар арқылы өндірілген айнымалы ток пен кернеудің орташа және әсерлік мәндері есептелді;

– магнитоэлектрлік, электродинамикалық және жылулық тұрғыдан айнымалы токтың кернеуі мен ток күшін өлшеу құралдарының жұмыс істеу принциптері талданды.

Әдебиеттер тізімі

1. Галушко В.А. Электротехника и основы электроники: Учебное пособие. – Гомель: БелГУТ, 2012. – 186 с.
2. Айтимов А., Катаев Е. Электротехника: Учебное пособие. – Астана: Фолиант, 2010. – 240 с.
3. Парселл Э. Электричество и магнетизм (Берклеевский курс физики). Учебное руководство. – Москва: Наука. Физматлит, 1983. – 416 с.
4. Яворский Б.М., Пинский А.А. Колебания и волны. Квантовая физика. Том 2. – Москва: Наука. Физматлит, 1981. – 448 с.
5. Feynman R., Leighton R., Sands M. The Feynman lectures on physics. Volume 2. – London: Addison-wesley publishing company, 1977. – 350 p.
6. Мукушев Б.А. Изучение основных характеристик переменного тока // Физика в школе. – 2021. – № 7. – Р. 16-21. DOI: 10.47639/0130-5522.
7. Прмантаева Б., Мукушев Б.А. Орта мектепте физиканы оқытуда аналогия әдісін қолдану // Вестник ЕНУ серия Педагогика. – 2021. – №4, – Б. 37-43.
8. Мукушев Б.А., Нурбакова Г.С. Электрлік сигналдарды Mathcad пакеті көмегімен спектрлік талдау // Вестник ЕНУ им. Гумилева. – 2016. – №6. – Б. 46-54.
9. Мукушев Б.А., Нурбакова Г.С. Ван дер Поль теңдеуімен сипатталатын электрлік автотербелістерді MATHCAD пакеті көмегімен талдау // Вестник КазНПУ им. Абая. – 2017. – №1. – Б. 49-58.
10. Мукушев Б.А., Нурбакова Г.С. Периодты синусоидалды емес электрлік сигналдарды сандық әдістер көмегімен гармоникалық талдау // Вестник ЕНУ им. Гумилева. – 2016. – №4. – Б. 28-34.
11. Мукушев Б.А., Нурбакова Г.С. Электрлік тербелістерді зерттеуге арналған компьютерлік эксперименттер // Вестник КазНПУ им. Абая. – 2016. – №3. – Б. 39-48.

Б.А. Мукушев¹, Б.А. Прмантаева², Г.К. Муратова¹, С.Б. Мукушев¹, Л.С. Каинбаева³

¹Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

²Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

³Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан

Ознакомление школьников с основными характеристиками переменного тока при обучении физике в средней школе

Аннотация. В статье проведен теоретический анализ различных видов переменного тока, которые используются в промышленности, осветительной сети, электротехнике и радиотехнике, а также в компьютерных сетях. Исследованы следующие характеристики переменного тока: мгновенное, амплитудное, среднее и действующее (эффективное) значения тока и напряжения. Изучены параметры, характеризующие физические свойства среднего и действующего (эффективного) значения синусоидального, периодического, выпрямленного, трехфазного и пульсирующего тока.

В качестве примеров были рассмотрены различные виды выпрямителей переменного тока, фазоимпульсный регулятор и трехфазный выпрямитель. Проведены расчеты по нахождению среднего и действующего (эффективного) значений переменных токов и напряжений, выработанных с помощью этих приборов и оборудования. Проанализированы принципы работы магнитоэлектрических, электродинамических и тепловых измерительных приборов на основе изучения параметров различных видов переменного тока.

Ключевые слова: мгновенное, амплитудное, среднее и действующее значения переменного тока и напряжения, фазоимпульсный регулятор, трехфазный выпрямитель, измерительные приборы.

B.A. Mukushev¹, B.A. Prmantayeva², G. K. Muratova¹, S.B. Mukushev¹, L.S. Kainbayeva³

¹S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University, Astana, Kazakhstan

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

³Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

Familiarization of schoolchildren with the main characteristics of alternating current when teaching physics in secondary school

Abstract. The article provides a theoretical analysis of various types of alternating current. These types of alternating current are used in industry, lighting networks, electrical and radio engineering, and also in computer networks. The following characteristics of alternating current are investigated: instantaneous, amplitude, average and effective (effective) values of current and voltage. The parameters of the average and effective (effective) values of sinusoidal, periodic, rectified, three-phase and pulsating current are studied.

Various types of AC rectifiers, a phase-pulse regulator and a three-phase rectifier were considered as examples. Calculations were carried out to find the average and effective (effective) values of alternating currents and voltages generated using these devices and equipment. The principles of operation of magnetolectric, electrodynamic and thermal measuring devices are analyzed.

Keywords: instantaneous, amplitude, average and effective values of alternating current and voltage, phase-pulse regulator, three-phase rectifier, measuring instruments.

References

1. Galushko V.A. Elektrotehnika i osnovy elektroniki: Uchebnoe posobie [Electrical Engineering and Fundamentals of Electronics: Textbook] (Gomel': BelGUT, 2012, 186 s.). [in Russian]
2. Ajtimov A., Kataev E. Elektrotehnika: Uchebnoe posobie [Electrical Engineering: Textbook] (Astana: Foliant, 2010, 240 s.). [in Russian]
3. Parsell E. Elektrichestvo i magnetizm (Berkleevskij kurs fiziki). Uchebnoe rukovodstvo [Electricity and Magnetism (Berkeley Physics Course). Study guide] (Moskva: Nauka. Fizmatlit, 1983, 416 s.) [Moscow: Science. Fizmatlit, 1983, 416 p.]. [in Russian]

4. YAvorskij B.M., Pinskij A.A. Kolebaniya i volny. Kvantovaya fizika. Tom 2 [Vibrations and waves. The quantum physics. Volume 2] (Moskva: Nauka. Fizmatlit, 1981, 448 s.) [Moscow: Science. Fizmatlit, 1981, 448 p.]. [in Russian]
5. Feynman R., Leighton R., Sands M. The Feynman lectures on physics. Volume 2 (London: Addison-wesley publishing company, 1977, 350 p.).
6. Mukushev B.A. Izuchenie osnovnyh harakteristik peremennogo toka, Fizika v shkole [The study of the main characteristics of alternating current, Physics at school], 7, 16-21 (2021). DOI: 10.47639/0130-5522. [in Russian]
7. Prmantaeva B., Mukushev B.A. Orta mektepte fizikany oqytuda analogiya adisin qoldanu, Vestnik ENU seriya Pedagogika [Application of analogy method in teaching physics in high school, Bulletin of ENU, series Pedagogogy], 4, 37-43 (2021). [in Kazakh]
8. Mukushev B.A., Nurbakova G.S. Elektrik signaldardy Mathcad paketi komegimen spektrlik taldaу, Vestnik ENU im. Gumilyov [Spectral analysis of electrical signals using the Mathcad package, Bulletin of ENU], 6, 46-54 (2016). [in Kazakh]
9. Mukushev B.A., Nurbakova G.S. Van der Pol' tendeuimen sipattalatyn elektrlik avtoterbelisterdi MATHCAD paketi komegimen taldaу, Vestnik KazNPU im. Abaya [Analysis of electric self-oscillations described by the van der Pol equation using the MATHCAD package, Bulletin of KazNPU im. Abaya], 1, 49-58 (2017). [in Kazakh]
10. Mukushev B.A., Nurbakova G.S. Periodty sinusoidalды emes elektrlik signaldardy sandyq adister komegimen harmonikalыq taldaу, Vestnik ENU im. Gumilyov [Harmonic analysis of periodic non-sinusoidal electrical signals using numerical methods, Vestnik ENU im. Gumilyov], 4, 28-34 (2016). [in Kazakh]
11. Mukushev B.A., Nurbakova G.S. Elektrlik terbelisterdi zertteuge arналган komp'yuterlik eksperimentter, Vestnik KazNPU im. Abaya [Computer experiments for the study of electric vibrations, Bulletin of KazNPU], 3, 39-48 (2016). [in Kazakh]

Авторлар туралы мәлімет:

Мукүшев Б.А. – педагогика ғылымдарының докторы, профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан.

Прмантаева Б.А. – физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан.

Муратова Г.К. – физика-математика ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан.

Мукүшев С.Б. – педагогика ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан.

Кайнбаева Л.С. – педагогика ғылымдарының кандидаты, доцент, Қорқыт ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университеті, Қызылорда, Қазақстан.

Mukushev B.A. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Saken Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, 62 Pobedy Ave., Astana, Kazakhstan.

Prmantayeva B.A. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

Muratova G.K. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Lecturer, Saken Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan.

Mukushev S.B. – Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Lecturer, Saken Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Kazakhstan.

Kainbayeva L.S. – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Korkyt Ata Kyzylorda State University, Kyzylorda, Kazakhstan.