



ИНЖЕНЕРИЯ ЖӘНЕ ИНЖЕНЕРЛІК ІС  
ИНЖЕНЕРИЯ И ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО  
ENGINEERING AND ENGINEERING

ЭНЕРГЕТИКА  
ЭНЕРГЕТИКА  
ENERGY

DOI 10.51885/1561-4212\_2024\_4\_47  
MFTAA 45.03.07

А.А. Кунапьянова<sup>1</sup>, Н.В. Прохоренкова<sup>2</sup>, А.А. Сарсенова<sup>3</sup>, Г.А. Ахмадиева<sup>4</sup>

Д. Серікбаев атындағы атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті,  
Өскемен қ., Қазақстан

<sup>1</sup>E-mail: 18aray85@gmail.com\*

<sup>2</sup>E-mail: nadin\_kaz@mail.ru

<sup>3</sup>E-mail: ASarsenova75@mail.ru

<sup>4</sup>E-mail: ahmadievaga-0402@mail.ru

## MS EXCEL ЖӘНЕ MULTISIM БАҒДАРЛАМАЛАРЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП КҮРДЕЛІ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

### ИССЛЕДОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНЫХ ОБЕСПЕЧЕНИЙ MS EXCEL И MULTISIM

#### RESEARCH OF COMPLEX ELECTRICAL CIRCUITS USING MS EXCEL AND MULTISIM SOFTWARE

**Аңдатпа.** Қазіргі таңда компьютерлік технологиялардың дамуы білім беру саласында да маңызды орын алады. Техникалық мамандық даярлайтын жоғары оқу орындарында әдетте тәжірибелік сабақтарда есептеулер қолмен жүргізіліп, оқытушымен тексеріледі. Бұны дәстүрлі оқыту үрдісіне жатқызамыз. Бұл үрдісте адами фактор үлкен роль атқарады. Мәселен, күрделі электр тізбегіне есептеу жүргізу барысында қателер кету ықтималдығы жоғары. Ол қателерді тексеріп, сараптауға да уақыт талап етіледі. Келтірілген мақалада танымал MS EXCEL және MULTISIM бағдарламалық жасақтамасын кешенді түрде оңтайлы қолдана отырып, бұл мәселені «өзін өзі тексеру» бейімінде шешуге мүмкіндік бар екендігі көрсетіледі. Мақалада электр техникасында жиі кездесетін айнымалы ток тізбектері мен өтпелі үрдістерді есептеу қарастырылады. Электр тізбектерін талдау барысында аталмыш бағдарламалардың артықшылығына аса назар аударылады. Нәтижесінде, студент есептің шешімін бір бағдарлама көмегімен есептеп, екінші бағдарлама көмегімен тексеру арқылы өз қатесін анықтай алады. Мұндай оқыту әдісінде оқытушы есептеу үрдісіне толығымен араласпайды, тек бақылаушы ролін атқара отырып, студентті «өзін өзі тексеру» әдісіне бейімдейді.

**Түйін сөздер:** электртехникасы; электр тізбегі; MS EXCEL; MULTISIM; сызықтық теңдеулер жүйесі.

**Аннотация.** В настоящее время развитие компьютерных технологий занимает важное место и в сфере образования. В технических высших учебных заведениях обычно на практических занятиях расчеты производятся вручную и проверяются преподавателем. Это относится к традиционному процессу обучения. Большую роль в этом процессе играет человеческий фактор. Например, при проведении расчетов сложных электрических цепей вероятность допущены ошибок очень высока. Так же требуется определенное время на проверку ошибок. В приведенной статье доказывается, что при оптимальном комплексном использовании популярных программных обеспечений таких как MS EXCEL и MULTISIM есть возможность решить эту проблему, получая навык «самопроверки». В статье в качестве примера рассматривается расчет цепей переменного тока и переходных процессов, которые часто рассматриваются в

электротехнике. При анализе электрических цепей особое внимание уделяется преимуществам данных программ. В результате студент может рассчитать задачу с помощью одной программы и проверить результаты расчета другой программой. При таком методе обучения преподаватель не полностью вмешивается в процесс расчета, а лишь адаптирует студента к методу «самопроверки», выполняя роль наблюдателя.

**Ключевые слова:** электротехника; электрическая цепь; MS excel; MULTISIM; система линейных уравнений.

**Annotation.** Currently, the development of computer technology occupies an important place in the field of education. In technical higher educational institutions, calculations are usually performed manually in practical classes and checked by a teacher. This applies to the traditional learning process. The human factor plays an important role in this process. For example, when calculating complex electrical circuits, the probability of errors is very high. It also takes some time to check for errors. The article proves that with optimal integrated use of popular software such as MS EXCEL and MULTISIM, it is possible to solve this problem by gaining the skill of "self-checking". The article considers as an example the calculation of alternating current circuits and transients, which are often considered in electrical engineering. When analyzing electrical circuits, special attention is paid to the advantages of these programs. As a result, the student can calculate the task using one program and check the calculation results with another program. With this method of teaching, the teacher does not fully interfere in the calculation process, but only adapts the student to the method of "self-checking", acting as an observer.

**Keywords:** electrical engineering; electrical circuit; MS excel; MULTISIM; system of linear equations.

*Қысқашы.* Жасанды интеллекттің дамуы барысында кез келген ғылыми практикалық есептеулер жүргізу үшін зерделенетін объектінің түп нұсқасы да қажет емес болып қалады. Себебі, инженерлік саланы танудың көптеген нұсқалары белгілі. Оның бірі – модельдеу. Модель дегеніміз нақты объекті алмастыратын жасанды объект, мысалы виртуалды зертханалар және математикалық моделдеу. Электр техникасында кең қолданыс тапқан модельдеуге Mathcad, Electronics Workbench және Multisim сияқты бағдарламалар жатқызылады (Букреев, 2019). Техникада модельдеу ретінде зерттелетін техникалық қондырғыны немесе үрдісті сәйкесінше виртуалды модельдеумен алмастыруды айтады (Semenov, 2016).

Қазіргі таңда электронды кестелер ғылыми, инженерлік және оқу саласында маңызды білім құралы болып саналады. Мысалы, MS EXCEL электронды кестелері қолданыста қарапайым әрі функционалды, өте кең көлемдегі есептеу мүмкіндігіне ие бағдарлама ретінде танылған (Орлов, 2018). Көптеген заманауи зертханалар да виртуалды нұсқаларына көшірілген. Мысалы, Берклидегі Калифорниялық университетте SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) электронды симуляторы жобаланған, ал MULTISIM электр тізбектерін модельдеу көпке қол жетімді симулятор болып табылады. MULTISIM – National Instruments Inc. компаниясында өндірілетін SPICE негізіндегі симулятор (Баэс-Лопес & Герреро-Кастро, 2022).

*Материалдар және зерттеу әдістері.* Мақаланың зерттеу объектісі ретінде «Электр энергетикасы» мамандығы бойынша оқитын студенттерге арналған «Электртехникасының теориялық негіздері» пәнінде қарастырылатын есептік графикалық жұмыстан мысал алынады. Яғни, айнымалы үш фазалы электр тізбегі мен күрделі тұрақты ток тізбегінің өтпелі үрдісін қарастырамыз. Электр тізбектерін MS Excel және Multisim көмегімен кешенді зерттеулер жүргізіледі. Нәтижелері есептеу қателіктерін сараптау мақсатында салыстырылады.

Кез келген электр жүйесін немесе электр тізбегін есептеу барысында берілген мәліметтерді өңдеу және сараптау құралы ретінде MS Excel бағдарламасын қолдану тиімді болып табылады. Мысалы, құрамында бірнеше қорек көзі бар және бірнеше контурдан тұратын күрделі тізбектердің негізгі параметрлерін Кирхгоф заңдарын қолдана отырып анықтау үшін көп уақытты талап ететін сызықтық деңдеулер жүйесін есептеу қажет болады, дегенмен, қолмен есептеу барысында адами факторларға байланысты көптеген

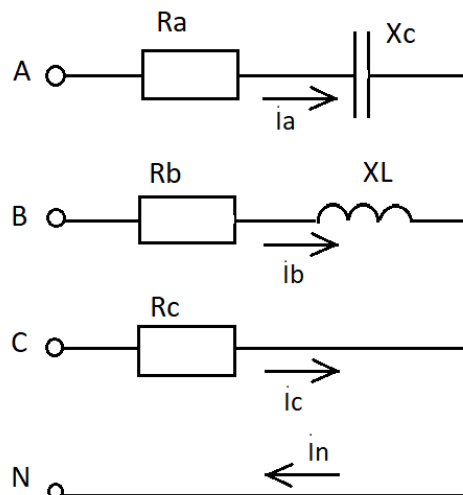
математикалық қателіктер жіберіледі. Айнымалы ток тізбектерін есептеу барысында да параметрлердің активті реактивті құраушыларын қатар алып жүру мақсатында комплекстік сандармен жұмыстар жүргізіледі. Осындай күрделі есептеу мәселелерін MS EXCEL мағдарламасы көмегімен шешуге болады. Яғни теңдеулер жүйесі матрица көмегімен шешіледі. Бұл әдіс есептеу сипатындағы қателіктерді толығымен жояды және уақыт үнемдейді (Калайдо, 2019). Графиктік тұрғыда MS EXCEL көмегімен жиілік және вольт амперлік сипаттамаларды тұрғызып, магниттеу қисықтарын және басқа да тәуелділіктерді көрсете аламыз (Мамыров, 2021).

Күрделі электр тізбегін есептеу барысында Кирхгоф заңдары бойынша теңдеулер жүйесі құрылып, әдетте Крамер немесе кері матрица әдістерімен анықталады. Құрылған сызықты алгебралық теңдеулер жүйесі дегеніміз жүйедегі әр теңдеуі бірінші дәрежелі сызықты алгебралық теңдеу болып табылатын жүйе (Баянов, 2021).

Танымал MULTISIM бағдарламасына келетін болсақ, ол мүмкіндіктері өте жоғары әрі қолданыста қарапайым симулятор. Кез келген электр тізбегін модельдеу барысында тізбектің қажетті параметрлерін балама-бақылау өлшеу құралдары көмегімен өлшеуге болады. Айнымалы ток тізбегі үшін бір жазықтықта бір немесе бірнеше тәуелділік графиктерін тұрғызуға мүмкіндіктер бар (Хернитер, 2022; Zia & Rashid, 2021).

MULTISIM бағдарламасының кітапханалық қоры, индикатор, вольтметр, амперметр, ваттметр және мультиметр, осциллографтар, сигнал генераторлары, логикалық түрлендіргіштер сияқты әртүрлі сынақ құралдары бар интерфейс (Li et al., 2020). Сондықтан, бұл бағдарлама электртехникасында ғана емес, басқа да күрделі жүйелерге анализ жасау үшін қолайлы болып табылады. MULTISIM бағдарламасынан алынған нәтижелерді ары қарай сараптау мақсатында MS EXCEL бағдарламасына автоматты түрде көшіруге болатындығы тәуелділік графиктерін тұрғызуға мүмкіндік береді.

*Нәтижелері және оларды талқылау.* Айнымалы ток тізбегіндегі үш фазалы жүйеге сараптама жүргізілді. Айнымалы ток тізбегінде қарастырылатын параметрлердің актив және реактив құраушылары болғандықтан, есептеу барысында осы екі құраушыны қатар алып жүру мақсатында комплексті сандарды қолдану тиімді болып саналады. Мысалы, комплексті санның нақты бөлігін актив құраушымен, ал жорамал бөлігін реактив құраушымен алмастыра аламыз (Жунусакунова, 2020; Hacker, 2020).



**1-сурет.** Үш фазалы электр тізбегі

*Ескерту – автормен құрастырылған*

1-суретте келтірілген үш фазалы электр тізбегі үшін қорек көзінің кернеуі немесе ЭҚК және әртүрлі сипаттағы жүктеме кедергілері беріледі. Бейтарап сым тогы мен жүктеменің фазалық токтарын комплекстік сандар көмегімен анықтау қажет. Есептеу барысы MS EXCEL бағдарламасында өтеді. Шыққан нәтижені MULTISIM электр тізбегін модельдеу симуляторы көмегімен тексеру жүргіземіз.

Берілген есептеуге келетін болсақ, әр фазаның ЭҚК-і 220 В-қа тең. Сәйкесінше, әр фазаның өзара ығысу бұрышы  $120^\circ$ С құрайтынын ескере отырып, ЭҚК мәндерін комплекстік түрде жазып шығамыз:

$$\begin{aligned}\dot{E}_A &= 220e^{j0^\circ} = 220, \text{ В} \\ \dot{E}_B &= 220e^{-j120^\circ} = -110 - 190,53j, \text{ В} \\ \dot{E}_C &= 220e^{j120^\circ} = -110 + 190,53j, \text{ В}\end{aligned}$$

Фаза жүктемелерінің кедергілері комплекстік түрде берілген:

$$\begin{aligned}\underline{Z}_A &= 75 - 50j \text{ Ом} \\ \underline{Z}_B &= 100 + 50j \text{ Ом} \\ \underline{Z}_C &= 100 \text{ Ом}\end{aligned}$$

Бейтарап сым мен фаза токтарын анықтау:

$$\dot{I}_\Phi = \frac{\dot{U}_\Phi}{\underline{Z}_\Phi} \quad (1)$$

$$\dot{U}_\Phi = \dot{E}_\Phi \quad (2)$$

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C \quad (3)$$

MS EXCEL көмегімен барлық параметрлердің комплекстік және әсерлік мәндерін; фазалар арасындағы ығысу бұрыштарын градус немесе радиан өлшем бірліктерінде көрсетуге болады.

Мұндай тізбектің есебі MS Excel бағдарламасының КОМПЛЕКСН, МНИМ.ДЕЛ, МНИМ.СУММ, МНИМ.ABS, МНИМ.АРГУМЕНТ, МНИМ.ПРОИЗВЕД функцияларымен жүргізіледі.

2-суретте берілген үш фазалы сұлбаның негізгі параметрлерін есептеу бойынша MS EXCEL жұмыс парақшасы келтіріледі. Егер есептеу комплекстік түрде жүргізілсе, белгіленген ұшықтарға бастапқы мәліметтер КОМПЛЕКС функциясының көмегімен комплекстік сандардың нақты және жорамал бөліктерін ескере отырып енгізілуі тиіс. Есептеу барысында қолданылған формулалардың барлығы 3-суретте көрсетілген.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	<b>Комплекстік сандар көмегімен электр тізбектерін есептеу</b>														
2															
3	<b>ЭҚК</b>			<b>Жүктеме кедерісі</b>								<b>Нейтраль өткізгіштегі ток</b>			
4															
5	Еа	220	В	Za	75-50j	Ом	Ia	2,03076923076923+1,35384615384615j			A	IN	-0,711230j	A	
6	Ев	-110-190,5j	В	Zb	100+50j	Ом	Ib	-1,642-1,084j			A				
7	Ес	-110+190,5j	В	Zc	100	Ом	Ic	-1,1+1,905j			A				
8															
9	<b>Шамалардың нақты мәндері</b>														
10	Еа	220	В	Za	90,13878	Ом	Ia	2,4406809			A	IN	2,288188	A	
11	Ев	219,9778398	В	Zb	111,8034	Ом	Ib	1,9675416			A				
12	Ес	219,9778398	В	Zc	100	Ом	Ic	2,1997784			A				
13															
14	<b>Фазалардың ығысуы</b>														
15	<b>генераторлар</b>				<b>жүктемелер</b>			<b>фаза тогы мен кернеуі арасындағы ығысу бұрышы</b>							
16	фа	0	рад		-0,588	рад		0,5880026	рад					1,886859	рад
17	фв	-2,09445326	рад		0,463648	рад		-2,5581009	рад						
18	фс	2,094453265	рад		0	рад		2,0944533	рад						
19															
20															
21	фа	0	°		-33,6901	°		33,690068	°					108,1091	°
22	фв	-120,003332	°		26,56505	°		-146,56838	°						
23	фс	120,0033325	°		0	°		120,00333	°						
24															

## 2-сурет. Үш фазалы жүйенің параметрлерін есептеу кезіндегі MS EXCEL парақшасы

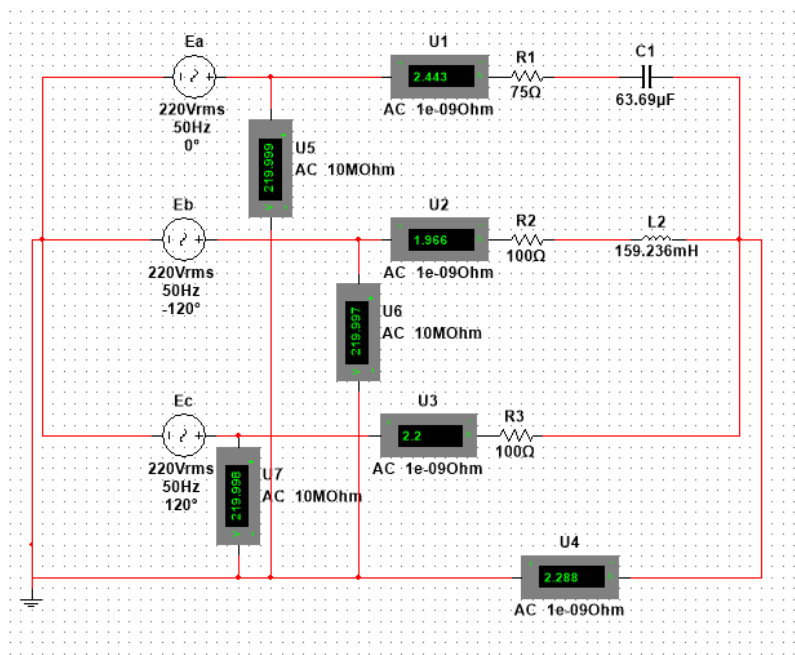
Ескерту – автормен құрастырылған

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Комплекстік сандар</b>								
2									
3	<b>ЭҚК</b>			<b>Жүктеме кедерісі</b>					
4									
5	Еа	=КОМПЛЕКСН(220;0;"j")	В	Za	=КОМПЛЕКСН(75;-50;0)	Ом	Ia	=МНИМ_ДЕЛ(B5;E5)	
6	Ев	=КОМПЛЕКСН(-110;-190,5;"j")	В	Zb	=КОМПЛЕКСН(100;50;0)	Ом	Ib	=МНИМ_ДЕЛ(B6;E6)	
7	Ес	=КОМПЛЕКСН(-110;190,5;"j")	В	Zc	=КОМПЛЕКСН(100;0;0)	Ом	Ic	=МНИМ_ДЕЛ(B7;E7)	
8									
9	<b>Шамалардың нақты мәндері</b>								
10	Еа	=МНИМ.АБS(B5)	В	Za	=МНИМ.АБS(E5)	Ом	Ia	=МНИМ.АБS(H5)	A
11	Ев	=МНИМ.АБS(B6)	В	Zb	=МНИМ.АБS(E6)	Ом	Ib	=МНИМ.АБS(H6)	A
12	Ес	=МНИМ.АБS(B7)	В	Zc	=МНИМ.АБS(E7)	Ом	Ic	=МНИМ.АБS(H7)	A
13									
14	<b>Фазалардың ығысуы</b>								
15	<b>генераторлар</b>				<b>жүктемелер</b>			<b>фаза тогы мен кернеуі арасындағы ығысу бұрышы</b>	
16	фа	=МНИМ.АРГУМЕНТ(B5)	рад					=МНИМ.АРГУМЕНТ(H5)	рад
17	фв	=МНИМ.АРГУМЕНТ(B6)	рад					=МНИМ.АРГУМЕНТ(H6)	рад
18	фс	=МНИМ.АРГУМЕНТ(B7)	рад					=МНИМ.АРГУМЕНТ(H7)	рад
19									

## 3-сурет. Формула көрсету режиміндегі MS EXCEL парақшасы

Ескерту – автормен құрастырылған

Шыққан нәтижені MULTISIM электр тізбегін модельдеу симуляторы көмегімен тексереміз. Аталмыш симуляторда электр сұлбаларын құруда бірнеше нұсқасын қолдануға болады. Мысалы, үш фазалы жүйені үш қорек көзінің көмегімен құруға болады немесе үш шығысы бар фазалары өзара үшбұрыштап немесе жұлдызшалап жалғанған бір қорек көзімен тұрғызуға мүмкіндік бар.



**4-сурет.** Үш фазалы жүйенің MULTISIM бағдарламасындағы кескіні  
*Ескерту – автормен құрастырылған*

Алынған нәтижелер салыстыру мақсатында төмендегі кестеге енгізіледі.

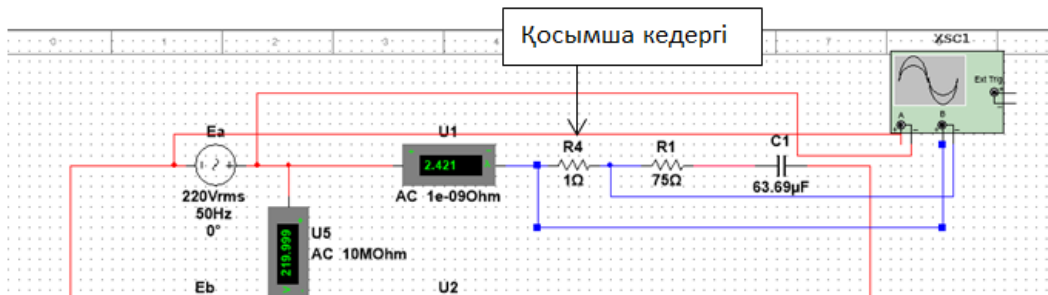
**1-кесте.** Нәтижелерді салыстыру

	$I_a, A$	$I_b, A$	$I_c, A$	$I_N, A$
MS EXCEL	2,440680863	1,967541613	2,199778398	2,288188148
MULTISIM	2,443	1,966	2,2	2,228

*Ескерту – автормен құрастырылған*

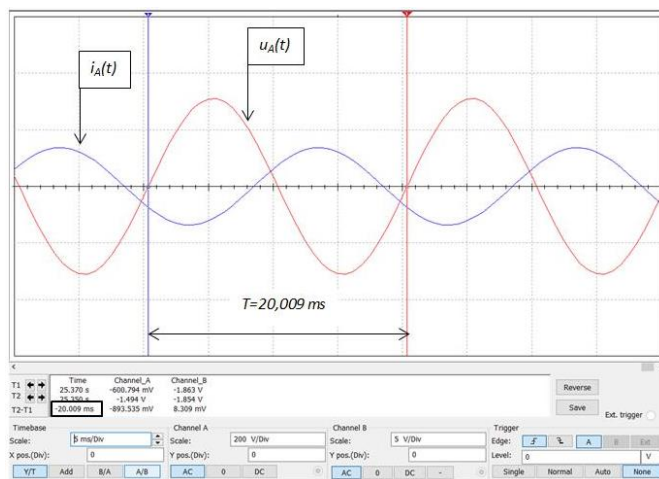
Көріп тұрғанымыздай, MULTISIM бағдарламасында осциллограф көмегімен фазадағы ток пен кернеу арасындағы ығысу бұрышын, амплитудасын, периодын анықтауға болады. Қалыпты жағдайда осциллограф көмегімен тек кернеуді ғана өлшеуге болады. Дегенмен, егер зерттеп отырған тізбекке кедергісі 1 Ом болатын қосымша резисторды тізбектей жалғайтын болсақ, осы элементтің кернеуінің өзгеру заңдылығы тізбектің тогының өзгеру заңдылығымен сай келеді.

Қарастырып отырған сұлбаның А фазасына қосымша кедергі (R4) жалғаймыз. Осциллографтың бір каналын қорек көзіне, екінші каналын қосымша R4 кедергісіне жалғанады. Бағдарламада осциллограф өздігінен жерлестірілген, сондықтан қосымша жерлестірудің қажеті жоқ.



5-сурет. А фазасына осциллографты жалғау

Ескерту – автормен құрастырылған



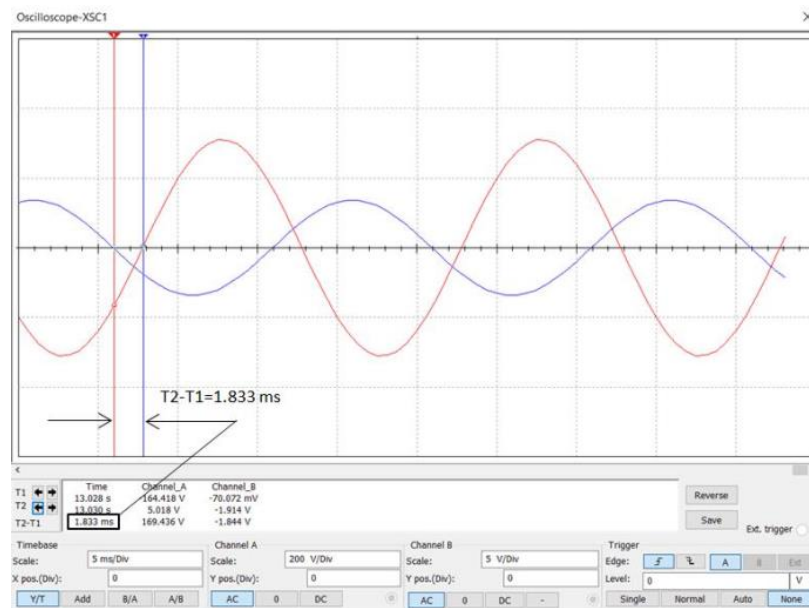
6-сурет. Ток пен кернеудің уақыттан тәуелділік графигі

Ескерту – автормен құрастырылған

6-суретте осциллографтың ақпараттық панелінен T1 мен T2 курсорларын реттей отырып, период шамасын анықтауға болады (T1-T2=20 мс). Жылжымалы курсорлардың көмегімен ток және кернеу тәуелділік қисықтарының өзара ығысу шамасын анықтап  $\Delta T = T1 - T2 = 1,833$  (мс), ток пен кернеу арасындағы  $\varphi$  ығысу бұрышын пропорция көмегімен есептеуге болады. Периодтың  $360^\circ$  құрайтыны белгілі.

$$\varphi = \frac{360 \cdot \Delta T}{T} \tag{4}$$

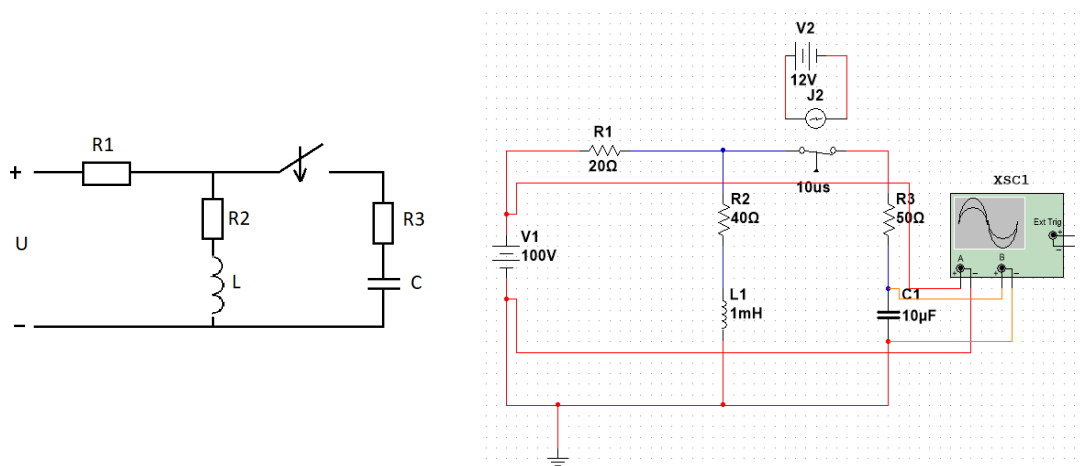
$$\varphi_A = \frac{360 \cdot 1,833}{20} = 32,994^\circ$$



**7-сурет.** Ток пен кернеу арасындағы  $\phi$  ығысу бұрышын анықтау  
 Ескерту – автормен құрастырылған

Анықталған ығысу бұрышы MS EXCEL бағдарламасының нәтижесімен сәйкес келеді. Осылайша, осциллограф көмегімен ток пен кернеудің амплитудалық мәндерін, әсерлік мәндерін график тұрғысында анықтауға болады.

Аталмыш екі компьютерлік бағдарлама көмегімен электр тізбегінде жиі орын алатын өтпелі үрдістерді де сараптауға болады. Екінші мысал ретінде құрамында катушка және конденсаторы бар екінші реттік сұлба алынады. Берілген сұлба үшін коммутациядан кейін кілт тұйықталсын.



**8-сурет.** Құрамында катушка және конденсаторы бар екінші реттік сұлбаның MULTISIM бағдарламасындағы сұлбасы  
 Ескерту – автормен құрастырылған

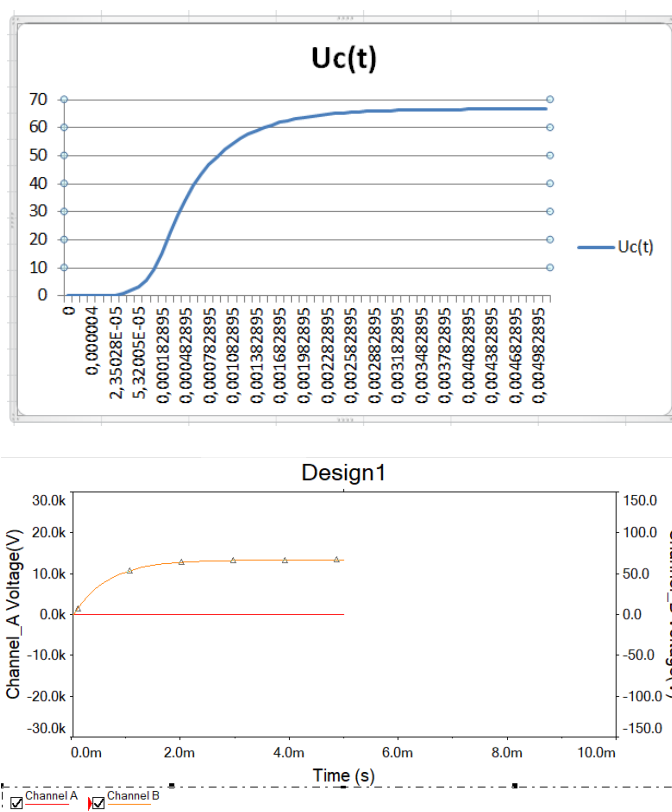


Тұрақты ток тізбегіндегі өтпелі үрдісті есептеу			
<b>Есептің шарты</b>		<b>Бастапқы тәуелсіз шарт</b>	
R1, Ом	20	uc(0-), В	0
R2, Ом	40	iL(0-), А	1,666666667
R3, Ом	50		
L, мГн	10	<b>Мәжбүрлік режим</b>	
U, В	100	ucмәж, В	66,66666667
C, мкФ	10	iLмәж, А	1,666666667
t, мкс	5		

**9-сурет.** MS EXCEL бағдарламасында өтпелі үрдісті сараптау

*Ескерту – автормен құрастырылған*

Осы сұлба үшін MS EXCEL бағдарламасында бастапқы тәуелсіз шарттар мен мәжбүрлік режимдегі катушкадағы ток пен конденсатордағы кернеуді анықтап аламыз (9-сурет). MULTISIM бағдарламасында сұлбаны құрып, ондағы кез келген элементтегі коммутация кезіндегі өзгеру заңдылықтарды анықтап, мәліметтерді MS EXCEL парақшасына шығаруға болады. График бойынша алынған мәліметтерді есептеу нәтижелерімен салыстыра отырып, қажетті қорытынды жасалады.



**10-сурет.** MULTISIM бағдарламасында коммутация кезіндегі өзгеру заңдылықтарын MS EXCEL парақшасына шығару

*Ескерту – автормен құрастырылған*

*Қорытынды.* Жүргізілген сараптаулар нәтижесінде үш фазалы электр тізбегінің параметрлерін MS EXCEL бағдарламасы көмегімен шешу арқылы және виртуалды электр сұлбаларын құру көмегімен күрделі электр тізбектерін есептеу әдістері әзірленіп, нәтижелері салыстырылды. Қарастырылған компьютерлік бағдарламалар жоғары оқу орындарының студенттері үшін «Электртехникасы» немесе «Электр техникасының теориялық негіздері» пәндері бойынша тәжірибелік сабақтарды оқу барысында есептеудің үлкен көлемін жеделдету және автоматтандыру үшін басты есептеу құралы ретінде қолдануға, есептің нәтижесін өз бетімен тексеруге, сонымен қатар заманауи компьютерлік бағдарламаларды кең көлемде игеруге мүмкіндік береді. Қарастырылған әдісті «Автоматтық басқару» және «Электроника» пәндерінде де қолдануға мүмкіндік бар.

MULTISIM және MS EXCEL екі түрлі бағдарламалық жасақтаманы есептеу үрдісінде және оны тексеру мақсатында кешенді түрде қолдану, MULTISIM электр тізбегін модельдеу симуляторын тек виртуалды зертхана мақсатында ғана емес, тәжірибелік тапсырмаларда студенттің өзіндік жұмыстарын орындау және өзін өзі тексеру әдісі негізінде қолдануға болады.

Сонымен қатар, аталмыш бағдарламалар өндірістік және ғылыми жобаларда электр тізбектерін жан-жақты аса дәлдікпен сараптауға мүмкіндігі береді. Электр сұлбаларын модельдеуде қолданылатын түрлі симуляторлық технологиялар – бұл кез келген деңгейдегі күрделі техникалық есептерді шешуге болатын озық ақпараттық технологиялар дәуіріндегі әмбебап құралы деген қорытынды жасауға болады (Kim et al., 2018; Semenov et al., 2018).

*Мүдделер қақтығысы.* Авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

#### Әдебиеттер тізімі

- Hacker V., & Sumereder, C. (2020). Electrical engineering: fundamentals. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
- Ch K.D., Semenov A.S., & Tatarinov P. S. (2018, October). Characteristic tracer for measurement of family of IV characteristics of bipolar transistors. In 2018 XIV International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronics Instrument Engineering (APEIE) (pp. 77-81). IEEE.
- Semenov A. (2016, May). Reviewing the mathematical models and electrical circuits of deterministic chaos transistor oscillators. In 2016 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON) (pp. 1-6). IEEE.
- Semenov A.S., Khubieva V.M., & Kharitonov Y.S. (2018, September). Mathematical modeling of static and dynamic modes DC motors in software package MATLAB. In 2018 international Russian automation conference (RusAutoCon) (pp. 1-5). IEEE.
- Semenov A.S., Egorov A.N., & Fedorov O.V. (2018, October). The analysis of the practice of using of high-voltage frequency converters ACS5000. In 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon) (pp. 1-4). IEEE.
- Zia M.Y.I., & Rashid M. (2021, March). A novel laboratory experimental platform using labview and multisim environments. In 2021 National Computing Colleges Conference (NCCC) (pp. 1-6). IEEE.
- Li Z. Li X., Jiang D., Bao X., & He Y. (2020, May). Application of multisim simulation software in teaching of analog electronic technology. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1544, No. 1, p. 012063). IOP Publishing.
- Баянов А. (2021). Применение методов структурного программирования для решения систем линейных уравнений методом Крамера / А. Баянов, Д.Р. Багиров, Н.К. Петрова // Modern Science. – 2021. – № 12-2. – С. 341-348. – EDN VISSAW // Bajonov, A. (2021) Primenenie metodov strukturnogo programmirovaniya dlja reshenija sistem linejnyh uravnenij metodom Kramera / A. Bajonov, D.R. Bagirov, N.K. Petrova // Modern Science. – 2021. – № 12-2. – S. 341-348. – EDN VISSAW.

- Баэс-Лопес Д., Герреро-Кастро Ф. (2022). Анализ цепей с помощью multisim. – Springer Nature, 2022 // Bajes-Lopes D., Gerrero-Kastro F. (2022). Analiz cepej s pomoshh'ju multisim. – Springer Nature, 2022.
- Букреев Н.В. (2019). Применение математического моделирования для решения задач электроэнергетики и электротехники / Н.В. Букреев, А.А. Шунина, А.Н. Баишев // Материалы национальной научно-практической конференции, Воронеж, 26–27 ноября 2019 года. – Воронеж: С. 346-349. – EDN WVTZIP // Bukreev N.V. (2019). Primenenie matematicheskogo modelirovanija dlja reshenija zadach jelektrojenergetiki i jelektrotehniki / N.V. Bukreev, A.A. Shunina, A.N. Baishev // Materialy nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii, Voronezh, 26-27 nojabrja 2019 goda. – Voronezh: S. 346-349. – EDN WVTZIP.
- Жунусакунова А. Д. (2020). Возможности программы MS Excel для электротехнических расчетов / А.Д. Жунусакунова // Постулат. – 2020. – № 7(57). – С. 9. – EDN ESJFBE // Zhunusakunova A.D. (2020). Vozmozhnosti programmy MS Excel dlja jelektrotehnicheskikh raschetov / A.D. Zhunusakunova // Postulat. – 2020. – № 7(57). – С. 9. – EDN ESJFBE.
- Калайдо Ю.Н., Бень-Пономаренко Н.В. (2019). Активные методы обучения будущих инженеров электротехнике и основам электроники. – 2019. – 2019 // Kalajdo Ju.N., Ben'-Ponomarenko N.V. (2019). Aktivnyye metody obuchenija budushhih inzhenerov jelektrotehnike i osnovam jelektroniki. – 2019. – 2019.
- Мамыров Ж. (2021). Применение MS Excel для решения систем алгебраических уравнений / Ж. Мамыров, А. Б. Байзаков, М. С. Курбанкулова // Вестник Иссык-Кульского университета. – 2021. – № 50-1. – С. 155-162. – EDN NOVOKV // Mamyrov, Zh. (2021). Primenenie Ms Excel dlja reshenija sistem algebraicheskikh uravnenij / Zh. Mamyrov, A.B. Bajzakov, M.S. Kurbankulova // Vestnik Issyk-Kul'skogo universiteta. – 2021. – № 50-1. – S. 155-162. – EDN NOVOKV.
- Орлов П. С. (2021). Использование пакетов прикладных программ при моделировании физического эксперимента / П. С. Орлов // Актуальные проблемы образования и общества : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, Ярославль, 11 октября, 2018. – С. 174-181. – EDN VSQSCC // Orlov, P. S. (2021). Ispol'zovanie paketov prikladnyh programm pri modelirovanii fizicheskogo jeksperimenta / P.S. Orlov // Aktual'nye problemy obrazovaniya i obshhestva: sbornik nauchnyh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Jaroslavl', 11 oktjabrja, 2018. – S. 174-181. – EDN VSQSCC.
- Хернитер М. (2022). Multisim. Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств. – Litres, 2022 // Herniter M. (2022). Multisim. Sovremennaja sistema komp'juternogo modelirovanija i analiza shem jelektronnyh ustrojstv. – Litres, 2022.

#### Information about authors

**Kunapianova Aray** – master of technical sciences, D. Serikbayev East Kazakhstan technical university, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: 18aray85@gmail.com, ORCID: 0009-0000-5240-3256, +7 7055111772

**Prokhorenkova Nadezhda** – Doctor of PhD, D. Serikbayev East Kazakhstan technical university, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: nadin\_kaz@mail.ru

**Sarsenova Aizhan** – master of technical sciences, D. Serikbayev East Kazakhstan technical university, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: ASarsenova75@mail.ru

**Akhmadieva Gulzhian** – master of natural sciences, D. Serikbayev East Kazakhstan technical university, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: ahmadievaga-0402@mail.ru

---

---