

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық Техникалық Зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

## ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «2 кГц - 20 кГц диапазондағы транзисторлық жиілікті түрлендіргішті зерттеу.»

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Ерасыл Асыл Азатұлы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі

 Е.Таштай

« 20 » 05 2022ж.

### ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «2 кГц - 20 кГц диапазондағы транзисторлық жиілікті түрлендіргішті зерттеу.»

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы


Орындаған:



Е.А.Азатұлы

**Сын - пікір беруші**

ХАҒУ Т.Ғ.В., қауым. профессор

 Илипбаева Ләззат

Болатовна

(колы)

« 20 » мамыр 2022 ж.

Ғылыми жетекші

д.т.н., профессор



Н.Т.Исембергенов

« 20 » 05 2022 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

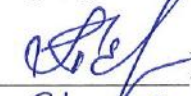
Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі

  
Е.Таштай  
« 21 » / XII 2021 ж

**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Ерасыл Асыл Азатұлы

Тақырыбы: *2 кГц - 20 кГц диапазондағы транзисторлық жиілікті түрлендіргішті зерттеу.*

Университет ректорының «24» желтоқсан 2021 ж. № 489-П-6 бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Транзисторлар, жиілікті түрлендіргіштер; жиілік диапазоны; MATLAB / Simulink симуляторы

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Мақсаты – 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы транзисторлық жиілік түрлендіргішін жасау және зерттеу

б) Перспективалы транзисторлық жиілікті түрлендіргіштерді талдау:

1) Транзисторлық жиілікті түрлендіргіштер әдебиетіне шолу,

2) транзисторлық жиілікті түрлендіргіштердің параметрлерін таңдау;

3) жиілік түрлендіргішінің модульдік транзисторларын таңдау.

в) Жиілік түрлендіргіш компоненттерін әзірлеу

2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазон

1) Жиілік түрлендіргіштер сұлбасының схемасы,

2) Жиілік түрлендіргішінің қосылу схемасын құрастыру.

3) Жиілік түрлендіргіштегі шығынды есептеу.

г) транзисторлық жиілік түрлендіргішінің компоненттерін таңдау

2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазон

1) Жиілік түрлендіргіштің қуатын есептеу,

2) Транзисторлық жиілікті түрлендіргіштің жүктемемен бірлескен жұмысын талдау.

3) Транзисторлық жиілікті түрлендіргіштің жұмысын зерттеу.



д) Транзисторлық жиілік түрлендіргішінің жұмысын имитациялау  
MATLAB / Simulink жүйесінде 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазон  
Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):  
2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы транзисторлық жиілік  
түрлендіргішінің практикалық артықшылықтары,  
2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы перспективті транзисторлық  
жиілік түрлендіргіштерінің ерекшеліктері,  
Инверторлық түрлендіргіштерде транзисторлық жиілікті  
түрлендіргіштерді қолдану,  
Модельдеу нәтижелерін инвертор түрлендіргіштерінде MATLAB/Simulink  
жүйесінде 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі жиілік диапазонында қолдану.

Ұсынылатын негізгі әдебиет 17 атау:




1. В.Г. Герасимов. Электротехнический справочник. – М.: Изд-во МЭИ. – 2002. – С. 12-17.
2. J. Basic. «Reduction of Harmonic in Multilevel Inverters using FA and LAFA ALGORITHMS». Journal of Basic and Applied Scientific Research. Appl. Sci. Res., 3(1s)130-135, 2013. ISSN 2090-4304
3. N.T. Isembergenov, B.T. Matkarimov, Using Genetic Algorithm for Finding Switching Angles of a Single-phase Multilevel DC/AC Converter on Solar Modules. Proceedings of the Eighth International Conference on Machine Learning and Applications, 13-15 November. 2009, New York.
4. Mohammad Farhadi Kangarlu, Student Member, IEEE, and Ebrahim Babaei, Member, IEEE. A Generalized Cascaded Multilevel Inverter Using Series Connection of Submultilevel Inverters. IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 28, NO. 2, FEBRUARY 2013. Res., 3(1s) 625- 635.
5. Issembergenov N., Taissariyeva K.N. The multilevel on IGBT transistors for transformation of solar energy to the electric power. BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN. Volume 2, Number 354 (2015), pp. 183-186.
6. Исембергенов Н.Т. Многоступенчатый транзисторный инвертор для преобразования энергии солнечных батарей – “Электричество”. – 2011. – № 7. – С. 12-17.

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Мақсаты – 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы транзисторлық жиілік түрлендіргішін әзірлеу және зерттеу.	30.01.2022	2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы транзисторланған жиілікті түрлендіргіш
2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы перспективті транзисторлық жиілікті түрлендіргіштерді талдау	10.02.2022	2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы транзисторлық жиілікті түрлендіргіштердің перспективалық сұлбаларына талдау жасау. Түрлендіргіштердің артықшылықтары мен кемшіліктерін көрсетіңіз
Разработка компонентов преобразователей частоты в диапазоне от 2 кГц до 20 кГц	1.03.2022	2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы жиілікті түрлендіргіштерге арналған компоненттерді әзірлеу
2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы жиілік түрлендіргішінің қуатын есептеу	30.03.2022	Жиілік түрлендіргішінің қуатын есептеу әдістемесін қолдану.
MATLAB / Simulink жүйесінде 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы транзисторлық жиілік түрлендіргішінің жұмысын имитациялаңыз.	25.04.2022	MATLAB / Simulink жүйесінде модельдеу нәтижелері
Дипломдық жұмыс үшін презентация дайындаңыз	27.04.2022	Презентация

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен  
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа(жобаға) қойған

**қолтаңбалары**

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Н.Т.Исембергенов, техн.ғыл.докторы, ЭТЖҒТ каф.профессоры	20.05.	
Теориялық ақпарат	Н.Т.Исембергенов, техн.ғыл.докторы, ЭТЖҒТ каф.профессоры	20.05	
Норма бақылау	ЭТЖҒТ каф. қауымдастырылған профессоры Н.К. Смайлов	21.06.22	

Ғылыми жетекшісі

  
(қолы)

Н.Т.Исембергенов

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Ерасыл А.

Күні

«20» 05 2021 ж.

## АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмысымның мақсаты 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы перспективті транзисторлық жиілікті түрлендіргіштерді талдау, әзірлеу және зерттеу.

2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы транзисторлық жиілікті түрлендіргіштердің перспективалық сұлбаларына талдау жасалды. Түрлендіргіштердің артықшылықтары мен кемшіліктерін көрсетілді. Қажетті жабдықтарға талдау жүргізіліп, 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы жиілік түрлендіргішінің қуатын есептеу әдістемесін қолданып және транзисторлық жиілік түрлендіргішінің жұмысы имитацияланады. Техникалық мақсат – мұнай ұңғымаларының түбіндегі сыйымдылықтағы мұнай мен суды тану құрылғысы үшін жоғары жиілікті инверторды әзірлеу және өлшеу кешенін пайдалана отырып, кейіннен индекстеу арқылы ақпаратты жер бетіне беру. Техникалық нәтижеге электр желісінің көмегімен жер бетінде орналасқан тұрақты кернеу көзі жоғары жиілікті инверторға қосылғандықтан қол жеткізілді, оның шығысы коаксиалды конденсаторға қосылған, түрлендіргіш пен коаксиалды конденсатор мұнай ұңғымасының түбінде, ал күшейткіш өз кезегінде контроллерге қосылған аналогты-цифрлық түрлендіргішке қосылған және май мен су логикалық блок арқылы индекстелген, сонымен қатар, барабанға кабель арқылы бекітілген коаксиалды конденсатор, оның көтерілуі мен төмендеуі беріліс қорабы бар айнымалы ток қозғалтқышымен жүзеге асырылады.

## АННОТАЦИЯ

Целью данной диссертации является анализ, разработка и исследование перспективных транзисторных преобразователей частоты в диапазоне от 2 кГц до 20 кГц.

Проанализированы перспективные схемы транзисторных преобразователей частоты в диапазоне от 2 кГц до 20 кГц. Показаны достоинства и недостатки преобразователей. Проанализировано необходимое оборудование и смоделирована работа транзисторного преобразователя частоты с использованием методики расчета мощности преобразователя частоты в диапазоне от 2 кГц до 20 кГц. Технической задачей является разработка высокочастотного инвертора для емкостного распознавателя нефти и воды на дне нефтескважин и передачи информации на поверхность земли с последующей индексацией с помощью измерительного комплекса.

Технический результат достигается за счет того, что источник постоянного напряжения, который находится на поверхности земли с помощью линии электропередач подключен к высокочастотному инвертору, выход которого подключен к коаксиальному конденсатору, причем инвертор и коаксиальный конденсатор находятся на дне нефтескважины, а усилитель, в свою очередь, соединен с аналого-цифровым преобразователем, который соединен с кон-троллером и через логический блок осуществляется индексация нефти и воды, кроме того, коаксиальный конденсатор присоединен к барабану с помощью троса, подъем и спуск которого осуществляется двигателем переменного тока с редуктором.



## ANNOTATION

The purpose of this dissertation is the analysis, development and study of promising transistor converters in the frequency range from 2 kHz to 20 kHz.

Prospective circuits of transistor converters are analyzed in the frequency range from 2 kHz to 20 kHz. Demonstrated merits and shortcomings of converts. The necessary equipment is analyzed and the operation of the transistor converter is modeled using the methods of calculating the power of the converter in the frequency range from 2 kHz to 20 kHz. The technical task is to develop a high-frequency inverter for a capacitive oil and water recognizer at the bottom of oil wells and transfer information to the earth's surface with subsequent indexing using a measuring complex.

The technical result is achieved due to the fact that the DC voltage source, which is located on the surface of the earth with the help of a power line, is connected to a high-frequency inverter, the output of which connected to a coaxial capacitor, the inverter and the coaxial capacitor are at the bottom of the oil well, and the amplifier, in turn, is connected to an analog-to-digital converter, which is connected to the controller and oil and water are indexed through the logic unit, in addition, the coaxial capacitor attached to the drum by means of a cable, the rise and fall of which is carried out by an AC motor with a gearbox.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	1
1 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы транзисторлық жиілік түрлендіргішін зерттеу	11
1.1 Транзисторлық жиілікті түрлендіргіштерге шолу	12
1.2 Жиілік түрлендіргіштерден айырмашылығы және түрлері	15
1.3 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы перспективті транзисторлық жиілікті түрлендіргіштерді талдау	18
1.4 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы транзисторлық жиілікті түрлендіргіштердің перспективалық сұлбаларына талдау жасау. Түрлендіргіштердің артықшылықтары мен кемшіліктері	22
1.5 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы жиілікті түрлендіргіштерге арналған компоненттері	27
1.6 Тапсырманың қойылымы	29
2 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы жиілік түрлендіргішінің қуатын есептеу	29
2.1 2.1 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы жиілік түрлендіргішінің қуат формуласын талдау	29
3 MATLAB / Simulink жүйесінде 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы транзисторлық жиілік түрлендіргішінің жұмысын имитациялау	32
3.1 Симуляция нәтижелері	34
Қорытынды	35
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	36

## КІРІСПЕ

Транзисторлар негізіндегі түрлендіргіштер аналогтық жабдықта өте жоғары техникалық өнімділігі мен іске асырудың қарапайымдылығына байланысты кеңінен қолданылады. Ондаған жылдар бойы тұтынушылардың электр энергиясын өндіруге қойылатын талаптары өзгеріссіз қалады: аз көлемі (бірдей шығу қуаты үшін), тиімділігі жоғары, жақсырақ функционалдық мүмкіндіктер (электр параметрлерін қоса алғанда), төмен құны.

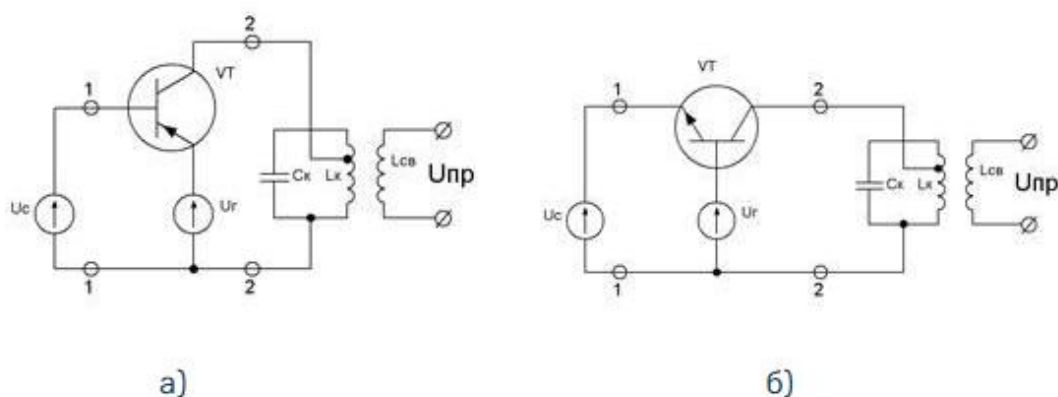
Транзисторлардың қолданылу аясы барынша кең. Негізінен, транзисторлар импульстік техникада сигналдарды күшейту мен генерациялаудың түрлі схемаларында пайдаланылады. Қазіргі кезде транзисторлар емірімізде тупкілікті орын алады. Аналогты және сандық құралдар құрамында бола отырып, олар электр құралдарының негізі саналады. Қолданылатын аялары: компьютерлер, күшейткіштер, электр кілттері, т.б.

Бұл дипломдық жұмысымның мақсаты 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы перспективті транзисторлық жиілікті түрлендіргіштерді талдау, компоненттерін әзірлеу және зерттеу. Қажетті жабдықтарға талдау жүргізіліп, 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы жиілік түрлендіргішінің қуатын есептеу әдістемесін қолданып және транзисторлық жиілік түрлендіргішінің жұмысын қарастырамын.

# 1 2КГЦ-ТЕН 20 КГЦ-КЕ ДЕЙІНГІ ДИАПАЗОНДАҒЫ ТРАНЗИСТОРЛЫҚ ЖИІЛІК ТҮРЛЕНДІРГІШІН ЗЕРТТЕУ.

## 1.1 Транзисторлық жиілікті түрлендіргіштерге шолу

Транзисторлық жиілік түрлендіргіштері (ТЖТ). ТЖТ-да түрлендіргіш элемент ретінде биполярлы немесе униполярлы транзисторы қолданылады. Гетеродин кернеуінің әсерінен транзистордың  $s$  беріктігі уақыт өте келе жиілікпен мезгіл-мезгіл өзгеріп отырады, соның салдарынан жиілік түрленеді. ТЖТ - дағы күшейткішке ұқсас, сигнал кернеуі негізгі тізбектегідей берілуі мүмкін (сурет 1.1а) - немесе эмиттер тізбегіне берілуі мүмкін (сурет 1.1б).



1.1 Сурет - Транзисторлық жиілік түрлендіргіш

## 1.2 Жиілік түрлендіргіштерден айырмашылығы және түрлері

Жиілік түрлендіргіштері – бір жиіліктегі айнымалы токты (кернеуді) басқа жиіліктегі айнымалы токқа (кернеуге) түрлендіруге арналған құрылғы. Қазіргі түрлендіргіштердегі шығыс жиілігі кең ауқымда өзгеруі мүмкін және желі жиілігінен жоғары немесе төмен болуы мүмкін. Кез келген жиілікті түрлендіргіштің тізбегі қуат және басқару бөліктерінен тұрады. Қуат бөлігі әдетте тиристорларда немесе электрондық қосқыш режимінде жұмыс істейтін транзисторларда жасалады. Басқару бөлігі цифрлық микропроцессорларда орындалады және қуатты электрондық кілттерді басқаруды қамтамасыз етеді, сонымен қатар көптеген көмекші тапсырмаларды (басқару, диагностика, қорғау) шешуді қамтамасыз етеді. Кірістегі бір жиіліктегі айнымалы кернеуді белгілі бір заң бойынша өзгертін, бірақ шығысында жиілігі басқаша айнымалы кернеуге түрлендіретін техникалық құрылғы жиілік түрлендіргіші (ЖТ) деп аталады.

Кірістегі бір жиіліктегі айнымалы кернеуді белгілі бір заң бойынша өзгеретін, бірақ шығысында жиілігі басқаша айнымалы кернеуге түрлендіретін техникалық құрылғы жиілік түрлендіргіші (ЖТ) деп аталады. Екі түрі бар:

- Тікелей.
- Екі буынды.

Тікелейлері - қайтымды тиристор түрлендіргіші болып табылады. Оның басты артықшылығы – қосымша құрылғыларсыз тікелей желіге қосылуы. Екі буынды - бұл транзистор немесе тиристор түрлендіргіші. Бірақ олардың тікелей түрлендіргіштерден басты айырмашылығы - инвертордың дұрыс және қауіпсіз жұмыс істеуі үшін тұрақты кернеу байланысы қажет. Тиісінше, оларды жалпы өндірістік желілерге қосу үшін түзеткіш қажет. Әдетте, олар толықтай орындалады (инвертор мен түзеткіш бірге жеткізіледі және бір басқару жүйесінен жұмыс істейді). Дизайн ерекшеліктері бойынша жиілікті түрлендіргіштер бөлінеді:

- Индукциялық.
- Электрондық.

Генератор режиміне қосылған фазалық роторы бар асинхронды типті электр қозғалтқыштары индукциялық жиілікті түрлендіргішке ұқсас. Олардың тиімділігі мен ПӘК - і төмен. Осыған байланысты түрлендіргіштердің бұл түрлері қолдануда танымалдылыққа ие болмады. ЖТ – дің электрондық түрлері электр қозғалтқыштарының жылдамдығын біркелкі өзгертуге мүмкіндік береді. Барлық модульдер өзара байланысты. Шығу сатысының (инвертордың) әрекетін басқару блогы басқарады, оның көмегімен айнымалы токтың қасиеттері өзгертіледі.

Жиілік түрлендіргіштер негізгі модульдерден тұрады:

- Түзеткіш.
- Кернеу сүзгісі.
- Инвертор түйіні.
- Микропроцессорлық жүйе.

Электр қозғалтқышына арналған жиілікті түрлендіргіштің өзіндік сипаттамалары бар. Ол микроконтроллермен басқарылатын бірнеше қорғанысты қамтиды. Мысалы, жартылай өткізгіштердің температурасы тексеріледі, ток және қысқа тұйықталу жұмыстарына қарсы қорғаныс. Жиілік түрлендіргіш қорек көзіне қорғаныс құрылғылары арқылы қосылады. Түзеткіш. Бұл ток өтетін бірінші модуль. Ол жартылай өткізгіш диодтардың арқасында айнымалы токты тұрақты токқа түрлендіреді. ЖТ – нің ерекшелігі - оны бір фазалы желіден электрмен жабдықтау мүмкіндігі. Дизайндағы айырмашылық түзеткіштердің әртүрлі түрлерінде жатыр. Бір фазалы жиілікті түрлендіргіш туралы айтатын болсақ, онда түзеткіште төрт көпір диодын пайдалану керек. Нәтиже - айнымалы токты түзету, екі полюс пайда болады: плюс және минус.

Кернеу сүзгісі. Айнымалы токтан алынған елеулі толқындар бар түзеткіштен тікелей кернеу шығады. Оларды тегістеу үшін электролиттік конденсатор және индуктор сияқты элементтер қолданылады. Орамның көптеген бұрылыстары мен реактивтілігі бар. Бұл ағымдағы импульстарды



тегістеуге мүмкіндік береді. Екі полюске қосылған конденсатордың қызықты сипаттамалары бар. Тұрақты ток өткенде, ол Кирхоф заңы бойынша полюстер арасында ештеңе жоқ сияқты үзіліспен ауыстырылуы керек. Айнымалы ток өткен кезде ол өткізгіш болуы керек, яғни оның кедергісі болмауы керек. Нәтижесінде айнымалы токтың үлесі жабылады және жоғалады. Инвертор модулі. Бұл жиілік түрлендіргішіндегі ең маңызды түйін. Ол шығыс токтың параметрлерін өзгертеді, алты транзистордан тұрады. Әр фазаға екі транзистор қосылған. Инвертор сатысында заманауи IGBT транзисторлары қолданылады. Микропроцессорлық жүйе. Үйде жасалған дизайнға зауыттық модельдер үшін қол жетімді мұндай параметрлерге қол жеткізу мүмкін болмайды, өйткені үйде басқару модулін жасау қиын. Бұл бөлшектерді дәнекерлеу туралы емес, микроконтроллер үшін бағдарлама құру туралы. Қарапайым әдіс - қозғалтқыштың жылдамдығын реттей алатын, кері айналдыра алатын, қозғалтқышты қызып кетуден және шамадан тыс токтан қорғайтын басқару блогын жасау. Қозғалтқыштың жылдамдығын өзгерту үшін микроконтроллердің кірісіне қосылған айнымалы қарсылықты қолдану керек. Бұл құрылғы кернеудің өзгеруін талдап, оны стандартпен (5 вольт) салыстыратын микросұлбаға сигнал жібереді. Жүйе бағдарламаны құрудың алдында жасалған алгоритм бойынша жұмыс істейді. Онда микропроцессорлық жүйе жұмыс істейді. Жұмыс принципі. Инвертордың негізі электр тогының пішінін екі есе өзгерту болып табылады. Кернеу күшті диодтармен түзеткіш қондырғыға беріледі. Олар гармониканы жояды, бірақ сигнал импульстарын қалдырады. Оларды жою үшін кернеу пішінін тұрақтандыратын сүзгіні құрайтын индукторға конденсатор қосылады. Әрі қарай сигнал жиілік түрлендіргішіне түседі. Ол кернеудің бұзылуынан қорғайтын диодтары бар алты қуатты транзистордан тұрады. Бұрын тиристорлар осындай мақсаттарда қолданылған, бірақ олар мұндай жылдамдыққа ие болмады және кедергі жасады. Қозғалтқыштың баяулау режимін қосу үшін тізбекте энергияны тарататын резисторы бар басқару транзисторы орнатылған. Бұл әдіс сүзгі сыйымдылықтарын шамадан тыс зарядтау салдарынан істен шығудан қорғау үшін қозғалтқыш тудыратын кернеуді алып тастауға мүмкіндік береді.

### **1.3 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы перспективті транзисторлық жиілікті түрлендіргіштерді талдау**

Жиілік түрлендіргіштердің түрлері:



1.2 Сурет - ACS350 жиілік түрлендіргіші - ABB Drives ACS350 (0,37,22 кВт)

75-тен 560 кВт-қа дейінгі SINAMICS G жиілік түрлендіргіштері. Стандартты қолданбалар үшін:



1.3 Сурет - SINAMICS G110 (0,12- 3 кВт)

Динамикаға жоғары талаптары бар қолданбалар үшін:



1.4 Сурет - SINAMICS G120 (0,37- 9 кВт)



1.5 Сурет - SINAMICS G1200 (0,75 – 7,7 кВт)

SINAMICS жиілік түрлендіргіштерінің айрықша ерекшеліктері:

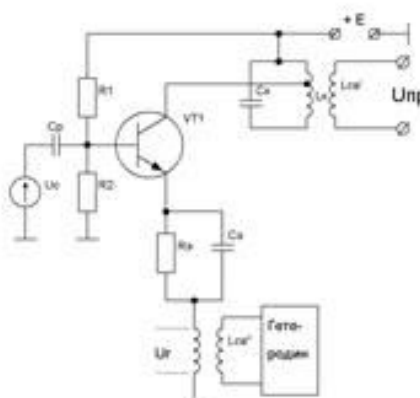
- Біріктірілген функциялар;
- Инжинирингке кешенді интеграция;
- Икемділіктің жоғары деңгейі және компоненттердің әртүрлі комбинацияларын пайдалану мүмкіндігі
- Ұсынылатын өнімдер мен қызметтердің кең ауқымы;



1.6 Сурет - MICROMASTER 4

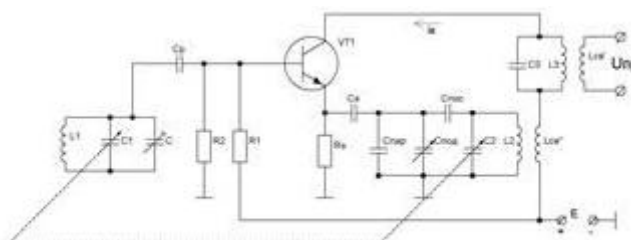
Стандартты шешімдерге арналған MICROMASTER 410-дан 250 кВт-қа дейінгі қуат диапазонында кодерсіз векторлық басқаруы бар жоғары динамикалық MICROMASTER 440-қа дейін. Динамикалық өнімділігі жоғары жетектер - MICROMASTER 430 (7,5-тен 250 кВт-қа дейін); Сорғылар мен желдеткіштер үшін - MICROMASTER 420 (0,12-ден 11 кВт-қа дейін); Кез келген тапсырма үшін әмбебап түрлендіргіш - MICROMASTER 411 (0,37-ден 3 кВт-қа дейін); Орталықтандырылмаған перифериялық құрылғылары бар тапсырмалар үшін жиілікті түрлендіргіш - MICROMASTER 410 (0,12-ден 0,75 кВт-қа дейін).

**1.4 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы транзисторлық жиілікті түрлендіргіштердің перспективалық сұлбаларына талдау жасау. Түрлендіргіштердің артықшылықтары мен кемшіліктері**



1.7 сурет - Жеке локальды гетеродині бар биполярлы транзистордағы жиілікті түрлендіргіштің схемасы

Эмиттер тізбегіне жергілікті осциллятор кернеуі енгізіледі, шығыс сүзгісі аралық жиілікке реттеледі және сүзгі ретінде күрделі кесек таңдау сүзгісі қолданылады. Гетеродин – супергетеродинді радиоқабылдағыштардағы, тікелей түрлендіру қабылдағыштарындағы, толқын өлшегіштердегі және т.б. сигнал жиіліктерін түрлендіру үшін қолданылатын электрлік тербелістердің аз қуатты генераторы.



1.8 сурет - Біріктірілген гетеродині бар транзисторлық жиілікті түрлендіргіштің (ТЖТ) схемасы.

L1, C1 схемасы сигнал жиілігіне реттеледі. L2, C2 тізбегі – жергілікті осциллятор жиілігіне, L3 тізбегі, C3 – аралық жиілікке. Транзистордың коллекторлық тоғы жиіліктері бар құрамдастардан басқа ТЖТ-де жеке гетеродинімен және ТЖТ-де біріктірілген гетеродинімен(Сурет 8) сүзілген гетеродин жиілігімен тербелістерді алу үшін қолданылады. Гетеродин жиілігі бар тербелістерді генерациялау үшін индуктивті кері байланыс L2, C2 тізбегі бар катушка арқылы қамтамасыз етіледі.

Қабылдағыш С1 және С2 конденсаторларының сыйымдылығын, сигналды және әдетте бірдей етіп таңдалатын гетеродин тізбектерін бір уақытта өзгерту арқылы реттеледі. Қабылдағышты баптау кезінде сигнал мен гетеродин жиілігі арасындағы тұрақты айырмашылықты қамтамасыз ету қажет, яғни. алу. Шындығында бұл шартты (контурлардың конъюгациясы) жұмыс жиілігі диапазонының белгілі бір нүктелерінде ғана орындауға болады. Тізбектерді жұптастыруды қамтамасыз ету үшін арнайы конденсаторлар және гетеродин тізбегіне кіреді. 1.7 суреттегі схема бойынша ТЖТ артықшылықтары:

1. Реттеу жасау оңай.
2. Гетеродин мен араластырғыштың жұмыс режимінің тәуелсіздігі.
3. Төмен кесу жиілігі бар транзисторды пайдалану мүмкіндігі.

Кемшіліктері:

1. Схеманың күрделілігі.
2. Энергияны тұтынудың артуы.
3. Гетеродиннің тербелістерінің антеннасына ену мүмкіндігі.

1.8 суреттегі схема бойынша ТЖТ артықшылықтары:

1. Қарапайымдылық және үнемділік.

Кемшіліктері:

1. Араластырғыш пен гетеродин оңтайлы жұмысын қамтамасыз етудің қиындығы.

2. Жұмыс тұрақтылығының төмендігі.
3. Реттеудің күрделілігі.
4. Сызықты емес бұрмаланудың жоғары деңгейі.

Жиілік түрлендіргіштерді қолданудың артықшылықтары: жиілік түрлендіргіштері әртүрлі өнеркәсіптік тауашалар мен жабдықтарда кеңінен қолданылады. Осы құрылғыларға мұндай жоғары сұраныс оларды пайдаланудың келесі артықшылықтарына байланысты: бастапқы токтың төмендеуі. Тікелей стартерлерді пайдаланып электр қозғалтқышын іске қосу кезінде мәндері номиналды мәннен 7-15 есе асатын токтың күрт өсуі байқалады. Бұл электр жетегіне теріс әсер етеді және оқшаулаудың бұзылуына, контактілердің күйіп қалуына және басқа да бірқатар жағымсыз салдарға әкелуі мүмкін. Сонымен қатар, бұл іске қосу әдісі жүйенің механикалық компоненттеріне де әсер етеді. Іске қосу кезінде қозғалтқыштың жұмыс бөліктері жоғары жүктемелерге ұшырайды, бұл олардың тезірек тозуына әкеледі. Жиілік түрлендіргіштердің арқасында оның техникалық қызмет көрсетусіз жұмыс істеу мерзімін ұзарта отырып, электр қозғалтқышындағы іске қосу жүктемелерін айтарлықтай азайтуға болады. Табыстылық. Әдетте, желдету және сорғы жүйелерінің жұмысын қамтамасыз ететін қозғалтқыштар әрқашан бірдей жиілікте жұмыс істейді, ал қысымды және басқа өнімділік көрсеткіштерін реттеу клапандар (қақпалар, амортизаторлар және т.б.) арқылы жүзеге асырылады. Бұл электр энергиясын тиімсіз пайдалануға әкеледі. Жиілік түрлендіргіштерді пайдалану жағдайында қозғалтқыштың қарқындылығын реттеу арқылы жүйенің жұмыс параметрлерін реттеуге болады.



Бұл оның ресурстарын ұтымды пайдалануға мүмкіндік береді. Бейімделу қабілетінің артуы. Жиілік түрлендіргіштерді пайдалану кезінде белгіленген алгоритмдер бойынша жабдықтың жұмысын түзететін автоматтандырылған жүйелерді жобалауға болады. Бұл өндірістік процестердің еңбек шығындарын азайтады және адам факторын жою арқылы оларды дәлірек етеді. Тұрақтылық. Жиілік түрлендіргіші бұзылған жағдайда оны шеберханаға апаруға болады, онда шебер істен шыққан бөлшектерді ауыстырады. Рас, бұл тек электрлік түрлендіретін қондырғыға қатысты - басқару блоктарымен бәрі әлдеқайда күрделі және олар қалпына келтіру тұрғысынан көбірек талап етеді. Жиілік түрлендіргіштері әртүрлі өндірістік процестерді ұйымдастыру және жұмыс жабдығын жөндеу үшін оңтайлы шешім болып табылады, олардың негізінде электр қозғалтқыштары қолданылады. Жиілік түрлендіргіштерінің де кемшіліктері бар. Олар: Жоғары құн. Жиілік түрлендіргіштері ең қымбат түрлендіру жабдығы болып табылады. Рас, мұндай құрылғылар электр қозғалтқыштарының қызмет ету мерзімін ұзартуға, сондай-ақ олардың техникалық қызмет көрсетусіз жұмысын арттыруға болатындығын ескерсек, бұл кемшілік өте салыстырмалы. Шектеу. Барлық ескі электр қозғалтқыштары жиілік түрлендіргішімен бірге жұмыс істей алмайды. Тіпті бұл техникалық тұрғыдан мүмкін болса да, ескірген модельдердің операциялық ресурсы жиілік пен біліктің жылдамдығының тұрақты секірулері үшін жеткіліксіз болуы мүмкін. Орнату және қосылу қиын. Жиілік түрлендіргішті өз бетімен орнату өте қиын, сондықтан мұндай жұмыстарды орындау үшін көбінесе үшінші тарап мамандарын тарту қажет, бұл өз кезегінде белгілі бір қаржылық шығындарды талап етеді. Жиілік түрлендіргіштердің кемшіліктері мен артықшылықтарын салыстыратын болсақ, олар басқа түрлендіргіш құрылғылардың фонында да тиімдірек көрінеді. Бұл оларды барлық жерде дерлік қолданылатын өндеуші салаларда әсіресе танымал етеді.

### **1.5 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы жиілікті түрлендіргіштерге арналған компоненттері**

1960 жылдардың аяғынан бастап жиілікті түрлендіргіштер негізінен микропроцессорлық және жартылай өткізгіштік технологиялардың дамуы нәтижесінде, сонымен қатар олардың өзіндік құнының төмендеуіне байланысты күрт өзгерді. Дегенмен, жиілік түрлендіргіштерінің негізінде жатқан негізгі принциптер өзгеріссіз қалды. Жиілік түрлендіргіштерінің құрылымы төрт негізгі элементті қамтиды:



1.9 Сурет – Түзеткіш

1.9 Суретте диодтардың екі тобы бар бақыланбайтын үш фазалы түзеткіш көрсетілген. Тұрақты токтың толқынды кернеуінің орташа мәні  $1,35 \times$  желілік кернеу. Аралық тізбек. Аралық тізбек конденсаторы бар сүзгі болып табылады және түзеткіштің кез келген екі түрімен біріктірілуі мүмкін. Сүзгі түзеткіштің пульсирленген тұрақты кернеуін ( $U_{21}$ ) тегістейді. Аралық тізбек сүзгісі ажыратқыштан кейінгі шаршы толқынды тегістейді. Сүзгі конденсаторы мен индуктор кернеуді берілген жиілікте тұрақты түрде сақтайды. Құрылысқа байланысты аралық тізбек қосымша функцияларды да орындауы мүмкін, олар мыналарды қамтиды:

- түзеткішті инвертордан оқшаулау
- гармоникалардың азаюы
- үзік-үзік жүктеме асқындарын шектеу үшін энергияны сақтау.

Ток түрлендіргіші(инвертор). Инвертор жиілік түрлендіргішіндегі электр қозғалтқышының алдындағы соңғы буын және шығыс кернеуінің соңғы бейімделуі орын алатын орын болып табылады.

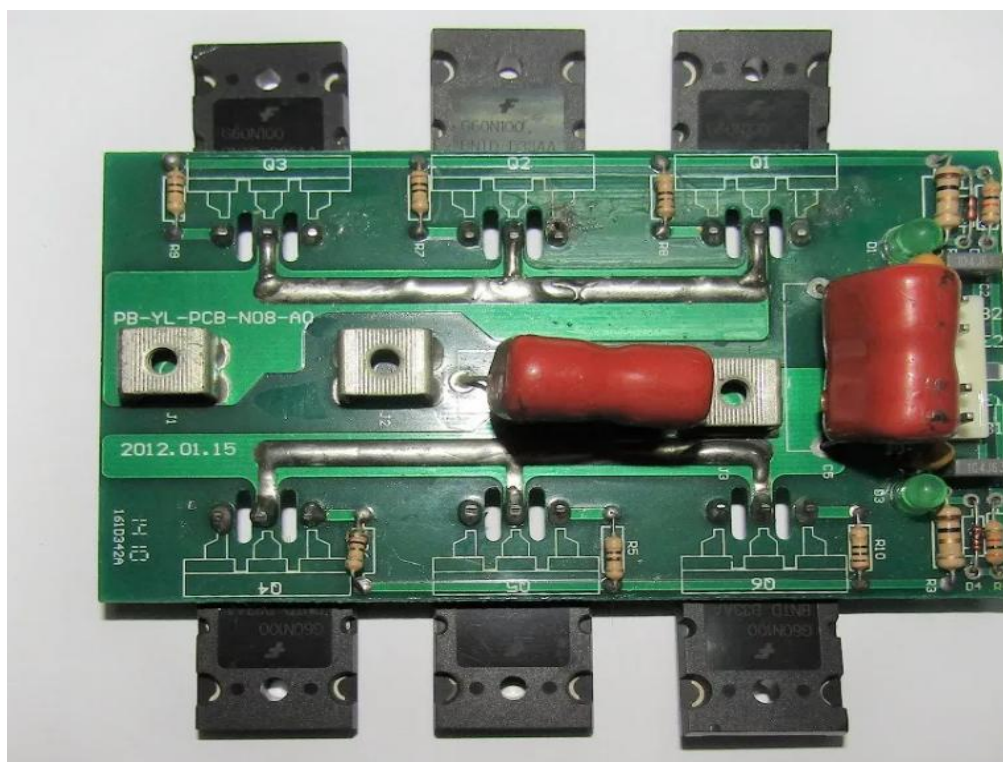


1.10 Сурет - Полипропилен пленкалы конденсатор

Ток түрлендіргіші(инвертор). Инвертор жиілік түрлендіргішіндегі электр қозғалтқышының алдындағы соңғы буын және шығыс кернеуінің соңғы бейімделуі орын алатын орын болып табылады. Жиілік түрлендіргіш шығыс кернеуін жүктеме режиміне бейімдеу арқылы барлық басқару диапазонында қалыпты жұмыс жағдайларын қамтамасыз етеді. Бұл қозғалтқыштың оңтайлы магниттелуін сақтауға мүмкіндік береді. Аралық тізбектен инвертор қабылдайды:

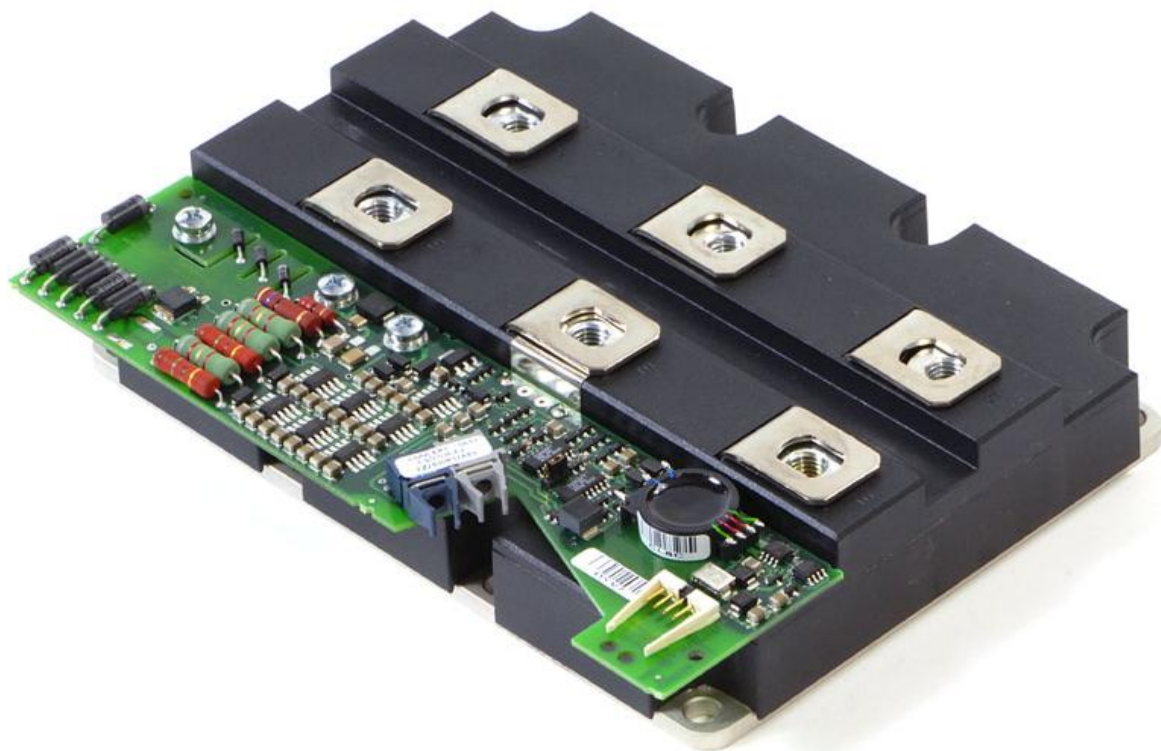
- айнымалы тұрақты ток,
- тұрақты ток кернеуі немесе
- тұрақты тұрақты кернеу.

Инвертордың арқасында осы жағдайлардың әрқайсысында электр қозғалтқышына өзгертін мән беріледі. Басқаша айтқанда, электр қозғалтқышына берілетін кернеудің қажетті жиілігі әрқашан түрлендіргіште жасалады. Ток немесе кернеу айнымалы болса, түрлендіргіш тек қажетті жиілікті жасайды. Кернеу тұрақты болса, түрлендіргіш қозғалтқыш үшін қажетті жиілікті де, қажетті кернеуді де жасайды.



1.10 Сурет – Инвертор платасы

Басқару тізбегі.



1.12 Сурет – Қақпа жүргізушісі драйвері IGBT



Басқару тізбегі немесе басқару тақтасы төрт маңызды міндетті шешуге арналған жиілік түрлендіргішінің төртінші негізгі элементі болып табылады:

- Жиілік түрлендіргіштің жартылай өткізгіш элементтерін басқару.
- Жиілік түрлендіргіштері мен перифериялық құрылғылар арасындағы байланыс.
- Деректерді жинау және қате туралы хабарларды құру.
- Жиілік түрлендіргіш пен қозғалтқышты қорғау функцияларын орындау.

Транзистор. Қазіргі заманғы электр электроникасында кең таралған IGBT транзисторлары деп аталатындарды алды. Бұл аббревиатура шетелдік терминологиядан алынған және оқшауланған қақпаның биполярлық транзисторын (IGBT) білдіреді, ал орыс тілінде ол оқшауланған биполярлы транзистор сияқты естіледі. IGBT транзисторы - қуатты электрондық қосқыш ретінде пайдаланылатын электрондық қуат құрылғысы.

Жиілікті түрлендіргіштің инверторындағы IGBT транзистордың техникалық сипаттамалары(STGW45HF60WD, IGBT 100КГц/45А/600В):

Технология	hf, planar
Кірістірілген диодтың болуы	да
Максималды кернеуі, V	600
Максималды тогы 25°C, A	70
Коллектордың импульстік тогы, A	150
Номиналды ток кезінде қанықтыру кернеуі, V	2.5
Максималды қуат шығыны, Вт	250
Қосудың кешігу уақыты (td(қосу)) 25°C, нс	30
Өшірудің кешігу уақыты (td(өшіру)) 25°C, нс	145
Жұмыс температурасы	-55...+150
Корпус	to-247
Құрылым	n-канал+диод
Басқару кернеуі, V	5.75
Салмағы, г	7.5

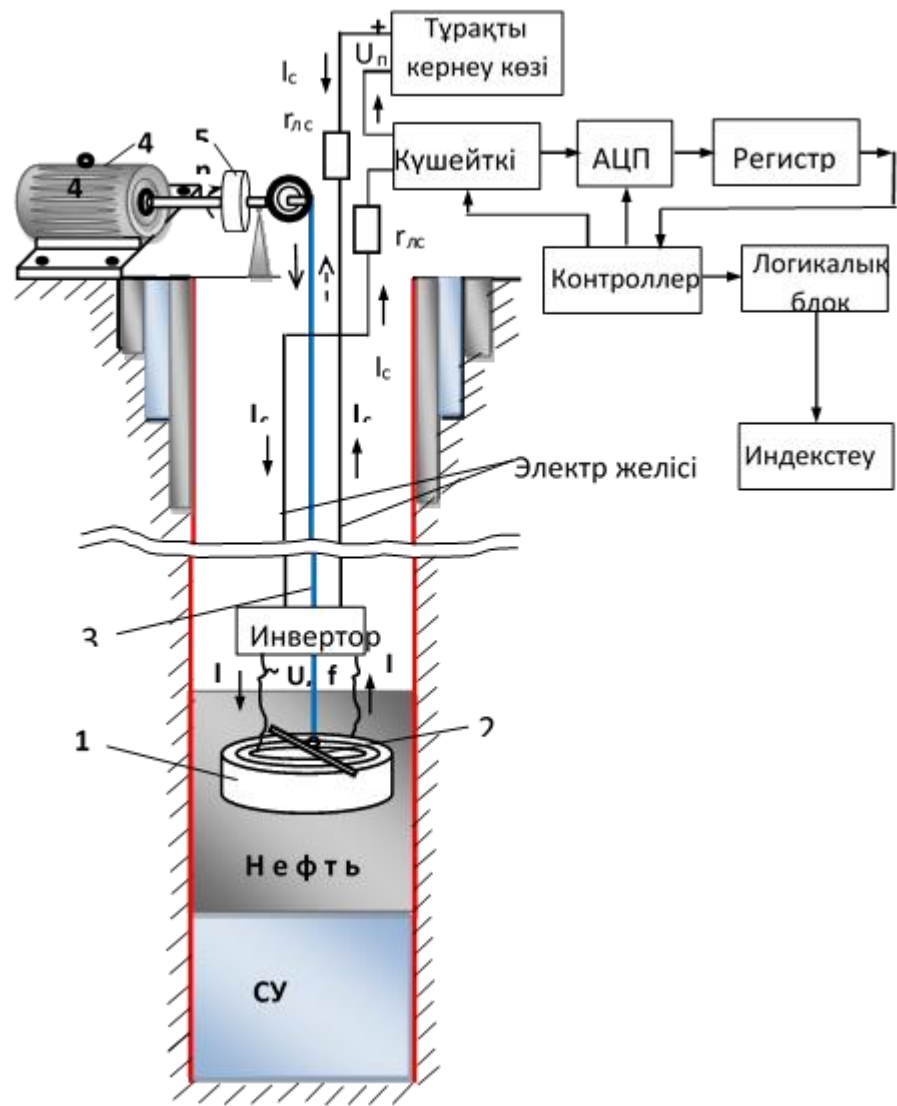
## 1.6 Тапсырманың қойылымы

2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы жиілік түрлендіргішін зерттеу мұнай ұңғымаларында мұнай мен суды тану үшін.

Мұнай өндіруде ұңғымаларды, мұнай кәсіпшілік жабдықтарын және құбыр коммуникацияларын пайдалану кезінде қиындықтар туғызатын мәселелердің бірі асфальттың, шайырдың және парафинді заттардың шөгуі болып табылады. Мұнай кәсіпшілігі жабдығының ағын жолында және құбырлардың ішкі бетінде парафин шөгінділерінің жиналуы жүйе өнімділігінің төмендеуіне әкеледі. Техникалық мақсат – мұнай ұңғымаларының түбіндегі сыйымдылықтағы мұнай



мен суды тану құрылғысы үшін жоғары жиілікті инверторды әзірлеу. Техникалық нәтижеге электр желісінің көмегімен жер бетінде орналасқан тұрақты кернеу көзі жоғары жиілікті инверторға қосылғандықтан қол жеткізілді, оның шығысы коаксиалды конденсаторға қосылған, түрлендіргіш пен коаксиалды конденсатор мұнай ұңғымасының түбінде, ал күшейткіш өз кезегінде контроллерге қосылған аналогты-цифрлық түрлендіргішке қосылған және май мен су логикалық блок арқылы индекстелген, сонымен қатар, барабанға кабель арқылы бекітілген коаксиалды конденсатор, оның көтерілуі мен төмендеуі беріліс қорабы бар айнымалы ток қозғалтқышымен жүзеге асырылады. Металл ыдыстағы екі компонентті сұйықтықтың әрбір компонентінің мөлшерін өлшеудің белгілі әдісі [Ресей Федерациясының патенті RU. Совлуков А.С. Федералдық мемлекеттік бюджеттік ғылым институты Басқару мәселелері институты. В.А. Трапезников Ресей ғылым академиясының № 0002672038, 2018 жылғы 8 қарашада жарияланған]. Бұл әдіс екі компонентті сұйықтықтың әрбір құрамдас бөлігінің мөлшерін өлшейді және ұсынылған әдіске ең жақын және тәжірибелік үлгі ретінде қабылданған техникалық мәні бойынша сұйық құрамдас өнімнің (мысалы, май немесе су) болуын анықтайды. Бұл өнертабыстың кемшіліктері мынада: металл ыдыстағы екі компонентті сұйықтықтың әрбір құрамдас бөлігінің мөлшерін өлшеудің ұсынылып отырған әдістемесінде ол металдың металл қабығымен шектелген кеңістікте тұрақты ұзындықтағы электромагниттік толқындарды шығару арқылы қол жеткізіледі. бірінші өлшеу цикліндегі контейнер. Өлшеулердің екінші циклінде контейнердің металл қабығымен шектелген басқа толқынның тұрақты ұзындығының электромагниттік толқындары кеңістікте шығарылады. Бұл әдістің негізгі кемшілігі шектеулі бос кеңістікте сұйықтық деңгейін өлшеу үшін электромагниттік толқындардың сәулеленуінің бірнеше көздерін ұйымдастыру болып табылады. Мұнай ұңғымаларының диаметрі 200 мм-ден аспайтындықтан, бұл электромагниттік толқындық сәулелену көздерін мұнай ұңғымасының түбінде ұйымдастыру іс жүзінде мүмкін емес. Сонымен қатар, электромагниттік толқындардың сәулеленуі металл ыдыстың кеңістігінде болуы керек. Тұрақты кернеу көзі жер бетінде орналасқан (1-сурет) және электр желісінің көмегімен жоғары жиілікті инверторға қосылған. Инвертор тұрақты кернеуді 2 кГц - 20 кГц диапазонындағы жиілігі бар айнымалы ток кернеуіне түрлендіреді. Сондықтан коаксиалды конденсатор арқылы 2 кГц - 20 кГц диапазонындағы жиілігі бар айнымалы жоғары жиілікті ток өтеді. Мұнай ұңғымаларының түбінде металл ыдыспен шектелген мұндай кеңістіктер жоқ.



1.13 Сурет - Мұнай ұңғымаларында мұнай және су тану сыйымдылықты құрылғысы.

Тұрақты кернеу көзі жер бетінде орналасқан (1-сурет) және электр желісінің көмегімен жоғары жиілікті инверторға қосылған. Инвертор тұрақты кернеуді 2 кГц - 20 кГц диапазонындағы жиілігі бар айнымалы ток кернеуіне түрлендіреді. Сондықтан коаксиалды конденсатор арқылы 2 кГц - 20 кГц диапазонындағы жиілігі бар айнымалы жоғары жиілікті ток өтеді.

## 2 2 кГц-тен 20 кГц-ке ДЕЙІНГІ ДИАПАЗОНДАҒЫ ЖИЛІК ТҮРЛЕНДІРГІШІНІҢ ҚУАТЫН ЕСЕПТЕУ

### 2.1 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы жиілік түрлендіргішінің қуат формуласын талдау

Пайдаланылатын электр қозғалтқышының қуаты мен номиналды тогы бойынша жиілік түрлендіргішін есептеу келесі жолмен жүзеге асырылуы мүмкін. Жиілік түрлендіргішінің қуатын есептеу: бұл конденсаторларды параллель немесе тізбектей қосуға болады. Бұл жағдайда сыйымдылық неғұрлым үлкен болса, соғұрлым конденсатор арқылы ток көп өтеді, сондықтан конденсаторлардың тізбектей қосылымын таңдау керек.

Цилиндрлік конденсаторларды тізбектей жалғағанда жалпы сыйымдылық мынаған тең болады:

$$C_{\text{ноч}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot b}{\ln\left(\frac{R_1}{R_2}\right) + \ln\left(\frac{R_2}{R_3}\right)}$$

Тұрақты кернеу көзі жер бетінде орналасқан және электр желісі арқылы жоғары жиілікті инверторға қосылған. Инвертор тұрақты кернеуді 2 кГц - 20 кГц диапазонындағы жиілігі бар айнымалы ток кернеуіне түрлендіреді:

$$I = \frac{U}{1/(\omega \cdot C)} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot f \cdot U \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon \cdot b}{(\ln(D_1/D_2) + \ln(D_2/D_3))}$$

Бұл жерде;  $U$  - түрлендіргіштің шығыс кернеуі,  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ ,  $f$  - кернеу жиілігі,  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м - вакуум өткізгіштігі,  $b$  - конденсатор биіктігі,  $D_1$  - конденсатордың сыртқы диаметрі,  $D_2$  - конденсатордың орташа диаметрі,  $D_3$  - конденсатордың ішкі диаметрі,  $\epsilon$  болып табылады. сұйық ортаның салыстырмалы өткізгіштігі,  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$  Ф/м – вакуумның өткізгіштігі,  $b$  – конденсатордың биіктігі. 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы жиілік түрлендіргішінің қуатын келесі параметрлермен есептеу: диаметрлерімен  $D_1 = 120$  мм,  $D_2 = 100$  мм,  $D_3 = 80$  мм, конденсатор биіктігі  $b = 0,1$  м. Мұнай диэлектрик өтімділігі 21, жиілігі  $f = 2-20$  кГц және инвертордың шығыс кернеуі  $U = 100$  В болса, ток тең болады:

$$I = \frac{4 \times 3,14^2 \times 2,5 \times 10^3 \times 100 \times 8,85 \times 10^{-12} \times 21 \times 0,1}{\ln\left(\frac{120}{100}\right) + \ln\left(\frac{100}{80}\right)} = 0,451927 \text{ mA}$$

$$I = \frac{4 \times 3,14^2 \times 11,07 \times 10^3 \times 100 \times 8,85 \times 10^{-12} \times 21 \times 0,1}{\ln\left(\frac{120}{100}\right) + \ln\left(\frac{100}{80}\right)} = 2,00113 \text{ mA}$$

$$I = \frac{4 \times 3,14^2 \times 20 \times 10^3 \times 100 \times 8,85 \times 10^{-12} \times 21 \times 0,1}{\ln\left(\frac{120}{100}\right) + \ln\left(\frac{100}{80}\right)} = 3,61542 \text{ mA}$$

Судың диэлектрлік өтімділігімен  $\epsilon_B = 81,0$ :

$$I = \frac{4 \times 3,14^2 \times 2,5 \times 10^3 \times 100 \times 8,85 \times 10^{-12} \times 81 \times 0,1}{\ln\left(\frac{120}{100}\right) + \ln\left(\frac{100}{80}\right)} = 1,74315 \text{ mA}$$

$$I = \frac{4 \times 3,14^2 \times 11,07 \times 10^3 \times 100 \times 8,85 \times 10^{-12} \times 81 \times 0,1}{\ln\left(\frac{120}{100}\right) + \ln\left(\frac{100}{80}\right)} = 7,71866 \text{ mA}$$

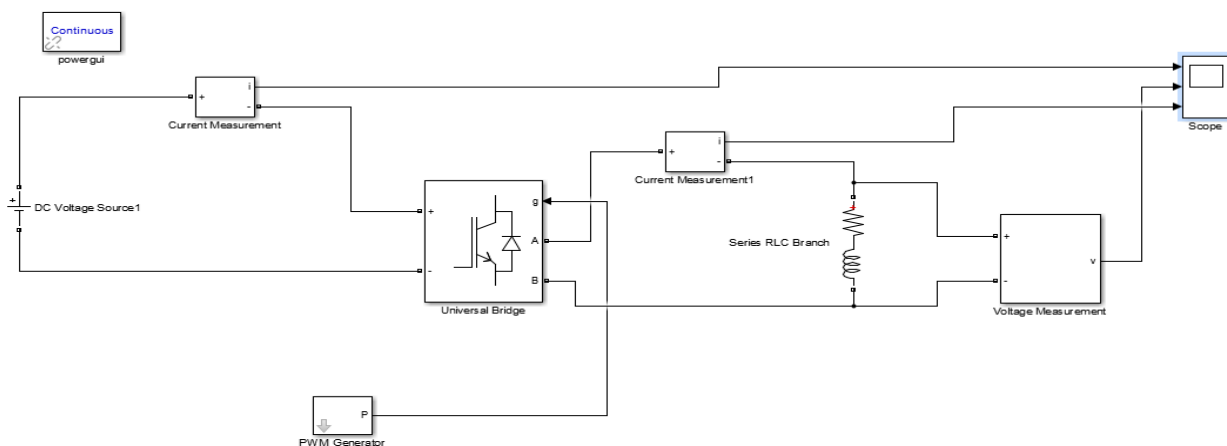
$$I = \frac{4 \times 3,14^2 \times 20 \times 10^3 \times 100 \times 8,85 \times 10^{-12} \times 81 \times 0,1}{\ln\left(\frac{120}{100}\right) + \ln\left(\frac{100}{80}\right)} = 13,9452 \text{ mA}$$

Егер ток  $I$ ,  $I = 2 - 7,33$  мА диапазонында болса, онда индикаторда «Мұнай» ақпараты пайда болады, ал  $I = 10 - 28,3$  мА диапазонында ток  $I$  тең болса, онда «Су» пайда болады. Бұл логика логикалық блок арқылы шешіледі. Осылайша, сыйымдылық тану құралы мұнай ұңғымасының түбінде мұнай мен судың болуын анықтайды, ал тану көрсеткіштері жер бетінде жазылады.

$$I = \frac{4 \times 3,14^2 \times 11,07 \times 10^3 \times 100 \times 8,85 \times 10^{-12} \times 21 \times 0,1}{\ln\left(\frac{120}{100}\right) + \ln\left(\frac{100}{80}\right)} = 2,00113 \text{ mA}$$

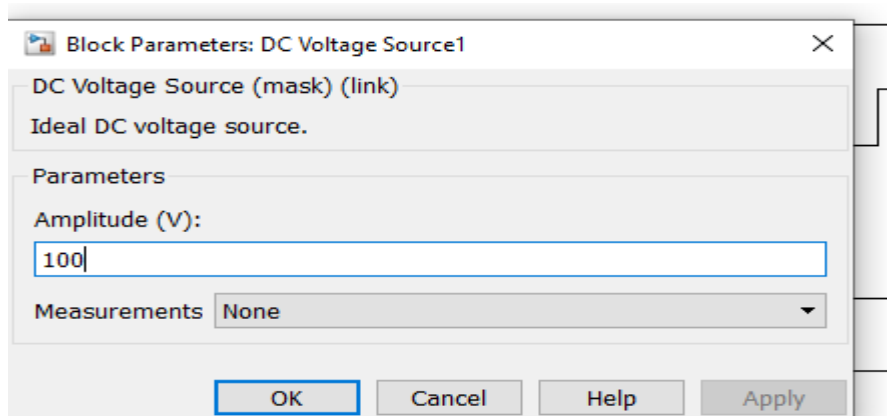
$$I = \frac{4 \times 3,14^2 \times 14,4 \times 10^3 \times 100 \times 8,85 \times 10^{-12} \times 81 \times 0,1}{\ln\left(\frac{120}{100}\right) + \ln\left(\frac{100}{80}\right)} = 10,0405 \text{ mA}$$

### 3 MATLAB / SIMULINK ЖҮЙЕСІНДЕ 2 кГц-тен 20 кГц-ке ДЕЙІНГІ ДИАПАЗОНДАҒЫ ТРАНЗИСТОРЛЫҚ ЖИЛІК ТҮРЛЕНДІРГІШІНІҢ ЖҰМЫСЫН ИМИТАЦИЯЛАУ



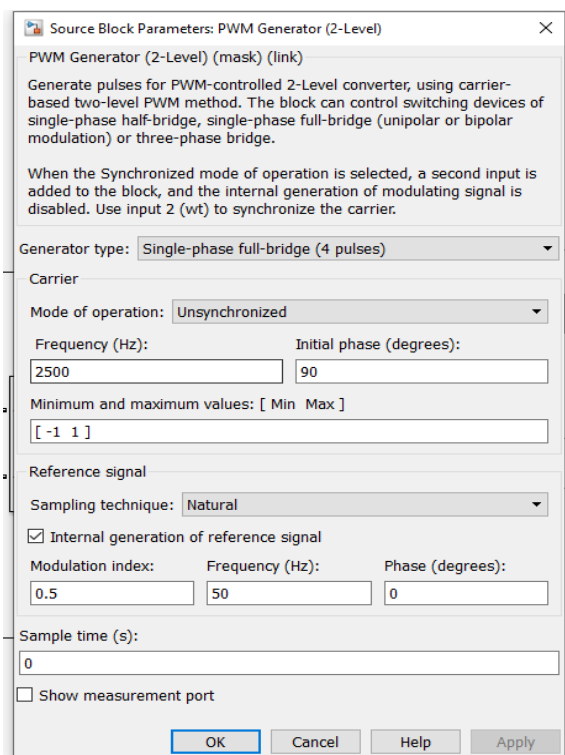
3.1 Сурет - Matlab (Simulink) көмегімен жасалған 1 фазалы инвертор моделі

Powergui блогы графикалық пайдаланушы интерфейсі және тұтастай модельдің параметрлерін басқаруды қамтамасыз етеді. Scope осциллограф блогы симуляция нәтижелерін көрсету үшін жиі пайдаланылады. DC Voltage Source – Тұрақты кернеу көзі. Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT), оқшауланған қақпалы биполярлы транзистор. IGBT транзисторы - қуатты электрондық қосқыш ретінде пайдаланылатын электрондық қуат құрылғысы. Diode – жартылай өткізгіш диод.



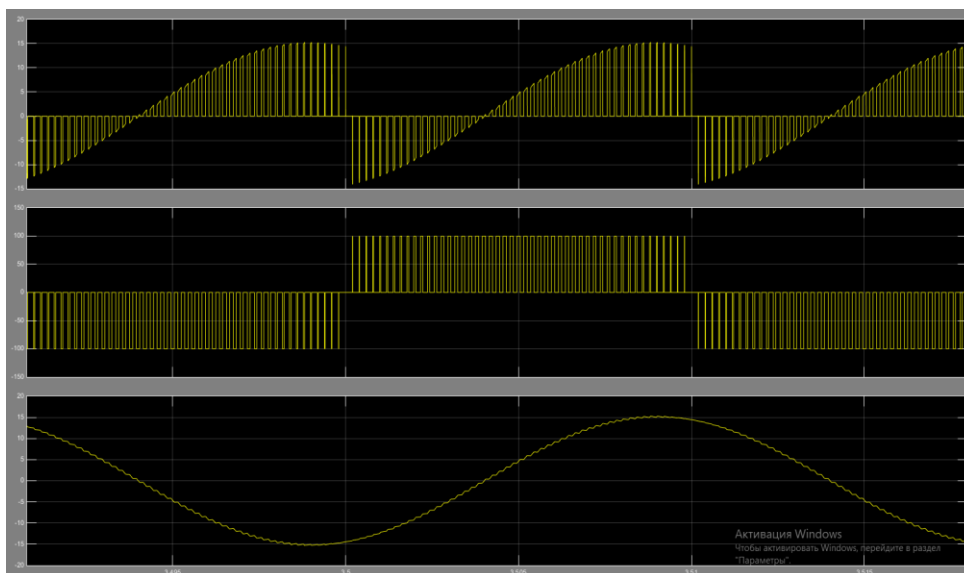
3.2 сурет – Тұрақты кернеу көзі

PWM генератор блогы бірполярлы интерполяцияланған PWM әдісін пайдаланып PWM басқарылатын қуат электроникасының түрлендіргіштері үшін импульстарды жасайды.



3.3 сурет – PWM Generator

### 3.1 Симуляция нәтижелері



3.3 Сурет – Симуляция нәтижелері (Scope осциллограф блогы) Нәтижесінде біз 50Гц жиіліктегі тұрақты токты (кернеуді, 100В) басқа жиіліктегі (2500Гц) айнымалы токқа (кернеуге) түрлендіру жүргіздік.



## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыстың басты мақсаты – 2 кГц - 20 кГц диапазондағы транзисторлық жиілікті түрлендіргішті зерттеу. Дипломдық жұмыстың басты мақсатын орындайтын MATLAB / Simulink жүйесінде 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы транзисторлық жиілік түрлендіргішінің жұмысын имитациялайтын модель құрылды. 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы перспективті транзисторлық жиілікті түрлендіргіштерге талдау жүргізілді. 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы жиілікті түрлендіргіштерге арналған компоненттеріне шолу жасалды. 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы жиілік түрлендіргішінің қуаты есептелінді. Осылайша, сыйымдылықты танушы мұнай ұңғымасының түбінде мұнай мен судың болуын анықтаушы үшін 2 кГц - 20 кГц диапазондағы транзисторлық жиілікті түрлендіргішті зерттеу жүргізілді.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. В.Г. Герасимов. Электротехнический справочник. – М.: Изд-во МЭИ. – 2002. – С. 12-17.
2. J. Basic. «Reduction of Harmonic in Multilevel Inverters using FA and LAFA ALGORITHMS». Journal of Basic and Applied Scientific Research. Appl. Sci. Res., 3(1s)130-135, 2013. ISSN 2090-4304
3. N.T. Isembergenov, B.T. Matkarimov, Using Genetic Algorithm for Finding Switching Angles of a Single-phase Multilevel DC/AC Converter on Solar Modules. Proceedings of the Eighth International Conference on Machine Learning and Applications, 13-15 November. 2009, New York.
4. Mohammad Farhadi Kangarlu, Student Member, IEEE, and Ebrahim Babaei, Member, IEEE. A Generalized Cascaded Multilevel Inverter Using Series Connection of Submultilevel Inverters. IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 28, NO. 2, FEBRUARY 2013. Res., 3(1s) 625- 635.
5. Issembergenov N., Taissariyeva K.N. The multilevel on IGBT transistors for transformation of solar energy to the electric power. BULLETIN OF NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN. Volume 2, Number 354 (2015), pp. 183-186.
6. Исембергенов Н.Т. Многоступенчатый транзисторный инвертор для преобразования энергии солнечных батарей – “Электричество”. – 2011. – № 7. – С. 12-17.
7. Федеральный деловой журнал «Бизнес&Класс». – М. 2016. – № 1. – С. 16-19.
8. Кувальдин А. Б. Индукционный нагреватель ферромагнитной стали. – М: Энергоатомиздат, 1988. – 188 с.
9. Исембергенов Н.Т. Силовой преобразователь частоты на IGBT транзисторах. Уральский радиотехнический журнал. Россия, Екатеринбург. – 2018. – № 1. – С.59-66.

## РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс

Ерасыл Асыл Азатұлы

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар  
(мамандық атауы мен шифры)

Тақырыбы: «2 кГц - 20 кГц диапазондағы транзисторлық жиілікті түрлендіргішті зерттеу»

Орындалды:

а) графикалық бөлім 28 парақ;  
б) түсініктеме 12 бет.

### ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Бұл дипломдық жұмыстың басты мақсаты – 2 кГц - 20 кГц диапазондағы транзисторлық жиілікті түрлендіргішті зерттеу.

Дипломдық жұмыста басты 2 кГц - 20 кГц диапазондағы транзисторлық жиілікті түрлендіргішті зерттеу үшін MATLAB / Simulink жүйесінде имитациялайтын модель құрылды. Бұл 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы перспективті транзисторлық жиілікті түрлендіргіштерге талдау жүргізілді. 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы жиілікті түрлендіргіштерге арналған компоненттеріне шолу жасалды. 2 кГц-тен 20 кГц-ке дейінгі диапазондағы жиілік түрлендіргішінің қуаты есептелінді. Осылайша, сыйымдылықты танушы мұнай ұңғымасының түбінде мұнай мен судың болуын анықтаушы үшін 2 кГц - 20 кГц диапазондағы транзисторлық жиілікті түрлендіргішті зерттеу жүргізілді.

Бұл дипломдық жоба жоғарға оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғарғы дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер – желілерді құруды талдау және салыстыру технологиялардағы ғылыми бағытқа жауап береді.

Алайда, келесі ескертулерді атап өту керек:

1. Дипломдық жобада стилистикалық және грамматикалық қателер кездеседі;
2. Дипломдық жұмыстың түсініктеме қағазын орындауда оқу стандарты талаптары бұзылған.


Жоғарыда келтірілген ескерту жұмыстың маңыздылығын төмендетпейді. Дипломдық жұмыс оқу жұмыстарының талаптары мен стандарттарына сәйкес келеді.

## ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы, дипломдық жобаға "жақсы" (75%) деген баға, ал студент Ерасыл Асыл Азатұлы 5B071900 – Радиотехника,электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

### Сын -пікір беруші

ХАТҰ, т.ғ.к., қауым. профессор

  
(қолы) Илипбаева Ләззат Болатовна

«20.» 05 мамыр 2022 ж.



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Ерасыл Асыл Азатұлы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** 2 кГц - 20 кГц диапазондағы транзисторлық жиілікті түрлендіргішті зерттеу.

**Научный руководитель:** Налик Исембергенов

**Коэффициент Подобия 1:** 8.7

**Коэффициент Подобия 2:** 4

**Микропробелы:** 2

**Знаки из здругих алфавитов:** 7

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

23.05.2022  
Дата

Заведующий кафедрой





**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті  
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

**Автор: Ерасыл Асыл Азатұлы**

**Тақырыбы: 2 кГц - 20 кГц диапазондағы транзисторлық жиілікті түрлендіргішті зерттеу.**

**Жетекшісі: Налик Исембергенов**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 8.7**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 4**

**Дәйексөз (35): 0.5**

**Әріптерді ауыстыру: 7**

**Аралықтар: 0**

**Шағын кеңістіктер: 2**

**Ақ белгілер: 0**

**Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :**

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

**Негіздеме:**

23.05.2022  
Күні

Кафедра меңгерушісі





## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Ерасыл Асыл Азатұлы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** 2 кГц - 20 кГц диапазондағы транзисторлық жиілікті түрлендіргішті зерттеу.

**Научный руководитель:** Налик Исембергенов

**Коэффициент Подобия 1:** 8.7

**Коэффициент Подобия 2:** 4

**Микропробелы:** 2

**Знаки из других алфавитов:** 7

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

23.05.2022  
Дата

 Маркисин С

проверяющий эксперт

