

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

ӘОЖ 621.3 (043)

Қолжазба нұсқасында

Ақылжан Перизат Бағдатқызы

Жиілігі 5-6 кГц электрондық қондырғының кернеу ұлғайтқыш сұлбасын
зерттеу

Магистр академиялық дәрежесін іздену үшін

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7M06201 – «Телекоммуникациялар» мамандығы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

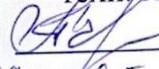
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісінің

міндетін атқарушы

техн. ғыл. канд-ы

 Е. Таштай

« 27 » / 05 2022 ж.

Магистр академиялық дәрежесін іздену үшін

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Тақырыбы: «Жиілігі 5-6 кГц электрондық кондырғының кернеу ұлғайтқыш сұлбасын зерттеу»

7М06201 – «Телекоммуникациялар» мамандығы

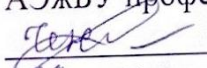
Орындаған:



П.Б.Ақылжан

Пікір беруші

АЭЖБУ профессоры, т.ғ.к.

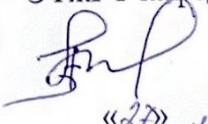
 К.С.Чечимбаева

«27» маусым 2022 ж.

Ғылыми жетекші

ЭТЖҒТ кафедрасының ассистент

профессоры, т.ғ.к.

 А.А.Абдыкадыров

«27» маусым 2022 ж.

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

БЕКІТІЛДІ

Кафедра меңгерушісі
техн. ғыл. канд, профессор

Е.Таштай

« 03 » / 11 2020 ж.

**Магистрлік диссертация орындауға
ТАПСЫРМА**

Магистрант: Ақылжан Перизат Бағдатқызы

Тақырыбы: «Жиілігі 5-6 кГц электрондық қондырғының кернеу ұлғайтқыш сұлбасын зерттеу»

Университет ректорының «03» қараша 2020 ж. №2034-М бұйрығына өзгерістермен бекітілген.

Дайын диссертацияны тапсыру уақыты «30» мамыр 2022 ж.

Жұмыстың алғашқы мәліметтері: 1) *Кернеу көбейткіштер*, 2) *Жоғары вольтты түзеткіштер*, 3) *Жоғары вольтты кернеуді көбейткіштер*
Диссертацияда өңделетін сұрақтар, диссертацияның қысқаша мазмұны:

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

а) *Кернеуді көбейту сұлбалары;*

б) *ЭТРО-03 құрылғысы функционалдық сұлбасы өнімділігі(100г/сағ):*

в) *Электрлік тәжді озонатор құрылымы;*

Ұсынылатын негізгі әдебиет 64 атау:

1. Драгинский В. Л., Алексеева Л. П., Самойлович В.Г. Суды тазарту процесстеріндегі озонизация. - М., ДеЛи принт, 2010

2. Кожинов В. Ф., Кожинов И. В. Суды озондау. – М., Строй-издат, 2011

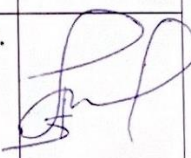
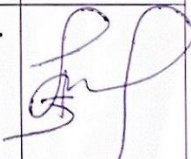
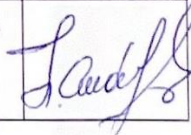
3. Ш.А.Бахтаев, А.А.Боканова, Г.В.Бочкарева, Г.К.Сыдыкова. Физика и техника коронноазрядных приборов. Алматы 2015, 278с.

Сызбалық материалдар 14 слайдпен көрсетілген.

Магистрлік диссертацияны дайындау
ГРАФИГІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын сұрақтардың тізімі	ми жетекшінің қолылатын уақыттары	Ескертулер
Заманауи техникадағы кернеу ұлғайтқыш сұлбалары	01.10.2020 -01.01.2021	орындалды
Жиілігі 5-6кГц жоғары вольтты кернеу ұлғайтқыш құрылғының функционалдық және электрлік сұлбасын теориялық тұрғыда зерттеу	01.01.2021-01.05.2021	орындалды
Жиілігі 5-6кГц электрондық қондырғының экономикалық тиімділігін зерттеу	01.09.2021–01.05.2022	орындалды

диссертацияға қатысты бөлімдерді көрсете отырып, аяқталған магистрлік
 диссертацияға консультанттарды және нормабақылаушылардың
қолдары

Бөлімдер атауы	Кеңес берушілер Т.А.Ә. (ғылыми дәрежесі)	Қол қойылған күні	Қолы
Диссертациялық жұмыстың тақырыбын талдау	ЭТжҒТ кафедрасының ассистент профессоры, к.т.н. Абдыкадыров А.А.	10.01.2021 ж.	
Теориялық ақпарат	ЭТжҒТ кафедрасының ассистент профессоры, к.т.н. Абдыкадыров А.А.	01.05.2021 ж.	
Нормабақылаушы	Доктор PhD, ассоц профессор Смайлов Н.К.	27.05.2022 ж.	

Ғылыми жетекші

Абдыкадыров А.А.

Магистрант

Ақылжан П.Б.

АНДАТПА

Диссертациялық жұмыста жиілігі 6 кГц ЭТРО-03 озонатор қондырғысының тиімділігін зерттеу мәселесі бойынша теориялық және тәжірибелік зерттеу жұмыстары жүргізілді. Жалпы озонның концентрациясын арттырудың бірден бір жолы жиілікті арттыру екені шетелдік ғылыми зерттеу жұмыстарынан белгілі («Венсвах» (АҚШ), «рейлигаз» (Франция), «Гебриэл - Германия» (ГФР) СНГ-да «ПО - 3», «ПО - 121», «ОПТ - 315», «ЭТРО - 01», «ЭТРО - 02» (ҚазҰТЗУ) және т.б. Бұл жоғарғы жиілікте жұмыс жасайтын шетелдік және отандық озонаторлардың көпшілігі тосқауыл разрядта жұмыс жасайды. Ал ұсынылып отырылған ЭТРО-03 озонатор қондырғысы тәжі разряд негізінде жұмыс жасайды. Ұсынылып отырылған жұмыста яғни технологиялық бөлімде озонның физикалық және химиялық қасиеттері қарастырылса, теориялық және тәжірибелік бөлімде Тевенин теоремасына сүйеніп ғылыми зерттеу жұмыстары жүргізілді. Сонымен қатар озонатор қондырғысының конструкциясы мен экономикалық тиімділігі қарастырылды.

АННОТАЦИЯ

В диссертации были проведены теоретические и экспериментальные исследования эффективности озонаторной установки ЭТРО-03 частотой 6 кГц. Из зарубежных исследований известно, что единственный способ повысить концентрацию общего озона в целом – это увеличить частоту. Большинство зарубежных и отечественных озонаторов, работающих на высоких частотах, работают в барьерном разряде. А предлагаемая озонаторная установка ЭТРО-03 работает на основе коронного разряда. В предлагаемой работе в технологической части были рассмотрены физические и химические свойства озона, в теоретической и практической части проведены научные исследования, основанные на теореме Тевенина. Также были рассмотрены конструктивных изменения и на экономическую эффективность озонатора.

ANNOTATION

In the dissertation, theoretical and experimental studies of the effectiveness of the ETRO-03 ozonator unit with a frequency of 6 kHz were carried out. It is known from foreign studies that the only way to increase the concentration of total ozone in general is to increase the frequency. Most foreign and domestic ozonators operating at high frequencies operate in a barrier discharge. And the proposed ozonator installation ETRO-03 works on the basis of a corona discharge. In the proposed work, the physical and chemical properties of ozone were considered in the technological part, scientific research based on the Thevenin theorem was carried out in the theoretical and practical part. The design changes and the economic efficiency of the ozonator were also considered.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе.....	12
1 Заманауи техникадағы кернеу ұлғайтқыш сұлбалар.....	15
1.1 Кернеуді екі еселеу тізбектері.....	20
1.2 Кернеу көбейткіштерінің схемасын іске асыру мысалдары:.....	22
1.3 Кернеу көбейткіштерінің мақсаты, құрылымы және жүктемесі.....	26
1.4 Асимметриялық кернеу көбейткіштері(Villard cascade).....	28
1.5 Симметриялық кернеу көбейткіші (Double Villard cascade).....	29
1.6 Шенкель – Виллард кернеуінің симметриялық көбейткіші.....	30
1.7 Сериялы параллель типтегі гибриді кернеу көбейткіші.....	30
1.8 Диод көпірлеріне негізделген симметриялық көбейткіш.....	31
1.9 Симметриялық толық толқынды Кокрофт-Уолтон көбейткіші.....	32
1.10 Кернеу көбейткіштерінің диодтары мен конденсаторларына қойылатын талаптар.....	33
2 Жиілігі 5-6 кГц жоғары вольтты кернеу ұлғайтқыш құрылғының функционалдық және электрлік сұлбасын теориялық тұрғыда зерттеу.....	36
2.1 Түзеткіштердің құрылымдық схемасы және жіктелуі.....	36
2.2 Жартылай өткізгіш түзеткіштердің жіктелуі.....	38
2.3 Негізгі түзету схемалары.....	39
2.4 Орта нүктесі бар жартылай периодты схема (Миткевич схемасы).....	40
2.5 Көпір схемасы (Грец схемасы).....	43
2.6 Үш фазалы түзеткіштер.....	45
2.7 Үш фазалы көпір схемасы (Ларионов схемасы).....	46
2.8 Тәжіленуші электродқа түсетін кернеудің (периодты синусоидалы емес кернеу) шамасын теориялық тұрғыда зерттеу.....	48
2.9 Кіріс кернеуді $u(t)$ Фурье қатарына жіктеу.....	49
2.11 Тәжіленуші электродқа келіп тұрған кернеудің формасын тәжірибе жүзінде анықтау.....	55
3 Жиілігі 5-6кГц этро-03 қондырғысының тиімділігін зерттеу.....	58
4 Жиілігі 5-6кГц этро-03 қондырғысын экономикалық тұрғыдан бағалау.....	70
Қорытынды.....	71
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі.....	72

АНЫҚТАМАЛАР

Осы диссертацияда төмендегі анықтамалар қолданылды.

Негізгі сөздер: жиілік, жиілік түрлендіргіш, жоғарғы кернеу, электр разряды, тосқауыл разряд, тәжі разряд.

Бұл диссертациялық жұмыста төменде келтірілген терминдер тиісті анықтамалармен қолданыс тапты.

Кернеу күшейткіші — төменгі жиілікті тербеліс көзінен алынатын кернеуді қажетті шамаға дейін арттыратын күшейткіш.

Ауыр газ – қоршаған орта температурасы 20 °С және 100 килопаскаль қысымы кезінде ауа тығыздығына қатысты 0,8-ден астам тығыздығы бар газ.

Ашық өткізгіш бөлігі – кернеу астында қалыпты емес, бірақ оқшаулануы бүлінген кезде кернеу астында қалуы мүмкін, адамның жанасуына қолжетімді электр қондырғының электр өткізгіш бөлігі.

Жартылай өткізгішті түрлендіргіш – түрлендіргіштің жұмысы мен оны қосу үшін қажетті әуе немесе сумен салқындату жүйесі бар шкафтарда немесе рамаларда орнатылған жартылай өткізгіш вентильдердің (басқарылатын немесе басқарылмайтын), сондай-ақ аспаптар мен аппараттардың жиынтығы.

Жерге тұйықтағыш – өткізгіш немесе жермен жанасып жатқан, өзара металды жалғанған өткізгіштердің жиынтығы.

Авариялық режим – бір немесе бірнеше сым не сымарқандар, оқшаулағыштар гирляндалары және сымарқандық бекіткіштер үзілген кезіндегі режим.

Тәждік разряд - электродтан ток күші жоғары ағатын процесс потенциал бейтарап сұйықтыққа, әдетте, ауа иондаушы аймағын құру үшін сол сұйықтық плазма электродтың айналасында. Жасалған иондар ақыр соңында зарядтау әлеуеті төмен жақын жерлерге немесе бейтарап газ молекулаларын қалыптастыру үшін рекомбинацияланады.

НОРМАТИВТІ СІЛТЕМЕЛЕР

Диссертациялық жұмыста төмендегідей нормативті құжаттарға сілтеме жасалды.

Сан ережелер және нормалар 3.01.067-97 «Ауыз суы. Ауыз сумен жабдықтаудағы орталықтандырылған жүйедегі судың сапасына гигиеналық талап. Сапаны бақылау».

СанПиН 2.1.4.559-96. питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения.

ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль.- М.: Стройиздат, 1982.

Государственный стандарт союза ССР Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством ГОСТ 2874-82.

БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

ЭТРО-03 – Электрлік тәжі разрядқа негізделген озонатор;
ТМД – Тәуелсіз Мемлекеттер Достастығы;
ҚР – Қазақстан Республикасы;
МЕСТ – мемлекеттік стандарт;
Сан ЕжәнеН – санитарлық ережелер және нормалар;
ШРК – шекті рұқсатталған концентрация;
ЗАТР – зертханалық авто-трансформатор;
АҚШ – Америка құрама штаттары;
ЖТ – жиілік түрлендіргіш;
ТТК – тұрақты ток көзі;
ТС – ток сезгіштік;
ЖС – жиілік сезгіштік;
ЖМ – жұмыс механизімі;
МКК – мемлекеттік коммуналды кәсіпорын;
МК – мемлекеттік кәсіпорын;
ПӘК – пайдалы әсер коэффициенті;
рН – сутек көрсеткіші;
 $C_{оз.}$ – озонның судағы ерігіштігі, мг/л;
 β – Бунзен коэффициенті;
М – озонның тығыздығы, г/л;
 $V_{O_2к}$ – озонаторға жіберілген ауа құрамындағы оттектің мөлшері мг/м³;
 $V_{O_2ш}$ – озонатордан шыққан ауа құрамындағы оттектің мөлшері мг/м³;
l – тәжіленуші электродтың ұзындығы, мм;
S – тәжіленуші электродтың көлденен қимасының ауданы, мм²;
h – электродтардың ара қашықтығы, мм;
T – түтік ішіндегі температура мөлшері, °C;
 λ – түтік қабырғасы арқылы берілетін жылу коэффициенті;
C – конденсатордың сыйымдылығы, мкФ;
f – айнымалы ток жиілігі, Гц;
p – асинхронды қозғалтқыштың полюстер жұбының саны;
 $R_{вакум.}$ – тәжіленуші электродтар арасындағы ауаның кедергісі, Ом/см;
I – озонатордан өтетін ток, мА;
 $G_{оз.}$ – озонатордан шыққан озонның концентрациясы, г/сағ;
мА – милиампер.
кВ – киловольт;

КІРІСПЕ

Қазіргі заманғы электронды құрылғыларда еселегіштер кеңінен қолданылады. Олар теледидар мен медициналық жабдықтарда (кинескоптардың анод кернеуінің көздері, аз қуатты лазерлердің қоректенуі), өлшеу техникасында (осциллографтар, радиоактивті сәулелену деңгейі мен дозаларын өлшеуге арналған аспаптар), түнгі көру құралдары мен электрошок құрылғыларында, тұрмыстық және кеңселік электрондық құрылғыларда және көптеген басқа құрылғыларда қолданылады.

Кернеу еселегіш - айнымалы ток түзеткішінің бір түрі. Еселегіштің ерекшелігі - оның шығысындағы кернеу кірістегі айнымалы кернеудің амплитудасынан бірнеше есе көп.

Радио әуесқойлық практикада әлсіз ток тораптарын (мамандандырылған микросхемалар, алдын ала күшейткіштер және т.б.) қуаттандыру үшін жиі бірнеше кернеу қажет, ал қолданыстағы қуат көзі бір кернеуді қамтамасыз етеді. Қосымша орамалары бар трансформаторды іздемеу үшін кернеу еселегіш сұлбаларын қолдануға болады. Кернеу еселегіш сұлбалар жабдықтың салмағы мен өлшемдерін айтарлықтай азайта алатыны маңызды. Дегенмен, радио әуесқойлардың мұндай схемаларды таңдаудағы көптеген әрекеттері сәтсіз аяқталады, өйткені мұндай қарапайым болып көрінетін сұлбалардың жеткілікті сенімді және сапалы жұмыс істеуі үшін бірнеше қажетті шарттар орындалмайды. Мультипликатордың дұрыс сұлбасы мен элементтерін қалай таңдау керектігін түсіну үшін мұндай құрылғылардың жұмыс істеу принциптерін қарастыру керек.

Кернеу көбейткіштерінің тізбектерінде, іс жүзінде кернеу ең жоғары кернеудің дәл еселі емес, нәтижесінде алынған кернеу диодтардағы кейбір кернеудің төмендеуіне байланысты еселіктен аз болады. Бұл түрдегі мультипликатор схемасының кемшілігі толқындық жиіліктің жоғары болуы және шығыс сигналын тегістеу өте қиын, дегенмен үлкен конденсаторларды пайдалану толқынды азайтуға көмектеседі. Ал схеманың артықшылығы - біз төмен кернеулі қуат көзінен өте жоғары кернеуді жасай аламыз.

Біз әлдеқайда жоғары кернеуді жасай аламыз және көбірек диодтар мен конденсаторларды қосу арқылы 5 есе, 6 есе, 7 есе немесе одан да көп айнымалы ток кернеуіне қол жеткізе аламыз. Сондай-ақ осы тізбектегі диодтар мен конденсаторлардың полярлығын өзгерту арқылы жоғары теріс кернеуді жасай аламыз. Теориялық тұрғыдан біз кернеуді шексіз арттыра аламыз, бірақ іс жүзінде бұл конденсаторлардың сыйымдылығына, төмен токқа, жоғары толқынға және басқа да көптеген факторларға байланысты мүмкін емес.

Жұмыстың өзектілігі. Жоғарғы жиілікті электр қондырғыларының кернеу ұлғайтқыш сұлбаларын зерттеу болып табылады.

Жұмыстың мақсаты. Жиілігі 5-6 кГц электрондық қондырғының кернеу ұлғайтқыш сұлбасын зерттей отырып әр түрлі электрлік

қондырғылармен құрылғыларды дайындаймыз. Мысалы ЭТРО - 03 озонатор қондырғысын.

Жұмыстың идеясы. Даярланған қондырғы көмегімен ауыз және сарқынды суларды залалсыздандырып, тазалауға болады. Сол сияқты ауаны тазалауға, медицинада (әр түрлі жағдайда) және ауыл шаруашылығында қолдануға болады.

Зерттеудің міндеттері. Бұл жұмыста қойылған мақсаттарға сай келесі міндеттер іске асырылды:

- a) Кернеу еселегіш сұлбаларды зерттеу;
- b) Жоғары вольтты түзеткіштердің жұмыс істеу принципін талдау;
- c) Жиілігі 5-6 кГц жоғары вольтты кернеу ұлғайтқыш құрылғының функционалдық және электрлік сұлбасын зерттеу.

Жұмыстың ғылыми жаңалықтары:

- 1) Зерттеу жұмыстары бойынша осы күнге дейінгі электроникада қолданылып жүрген кернеу еселегіш сұлбалардың кемістіктері мен артықшылықтары талқыланып, теориялық және тәжірибелік жұмыстар жүргізілді.
- 2) Жоғары вольтты түзеткіштердің жұмыс істеу принципін талдай отырып, жаңа үлгідегі инновациялық ЭТРО – 03 озонатор қондырғысының конструкциялық шешімі қабылданды.
- 3) Жиілігі 5-6 кГц жоғары вольтты кернеу ұлғайтқыш құрылғының функционалдық және электрлік сұлбасы теориялық және тәжірибелік тұрғыда зерттелді.

Диссертациялық жұмыс компьютер мәтінімен 76 бетке жазылып, кіріспеден, төрт бөлімнен, қорытынды және негізгі тұжырымдамадан құралады. Жұмыста 7 кесте, 39 сурет және бірнеше қосымшалар бар. Соңында қолданылған 49 ғылыми техникалық және 15 алыс - жақын шет елдік әдебиеттердің тізімі берілді.

Кіріспеде жүргізілген ғылыми жұмыстың өзектілігі мен ғылыми тұрғыда тәжірибеге берер пайдасы көрсетіліп, жұмыс мақсаты мен зерттелу міндеттері қаралды. Негізгі зерттеу нысанына сипаттама беріліп, жұмыс қорытындысы туралы мәлімет көрсетілді.

Бірінші бөлімде кернеу ұлғайтқыш сұлбалардың түрлері мен олардың жұмыс істеу принципі қарастырылды. Әр түрлі сұлбаларға жеке-жеке тоқталып, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері талқыланды. Жалпы бұл бөлімде негізінен әдебиеттерге шолу жұмысы жүргізілген.

Екінші бөлімде жиілігі 5-6 кГц жоғары вольтты кернеу ұлғайтқыш құрылғының функционалдық және электрлік сұлбасы теориялық тұрғыда қарастырылды.

Үшінші бөлімде жиілігі 5-6 кГц жоғары вольтты кернеу ұлғайтқыш құрылғының макеті жиналып (ЭТРО-03 қондырғысы), әр түрлі ғылыми тәжірибелік жұмыстар жүргізілді.

Төртінші бөлімде ЭТРО – 03 озонатор қондырғысының басқа озонаторлармен салыстыру жұмыстары кезінде экологиялық және экономикалық тиімділіктері қарастырылды.

Жұмыс соңында негізгі тұжырым мен ұсыныстар келтірілді. Жалпы зерттелген жұмыс материалдарының маңыздылығына байланысты диссертациялық жұмыстың құрылымы анықталды.

1 ЗАМАНАУИ ТЕХНИКАДАҒЫ КЕРНЕУ ҰЛҒАЙТҚЫШ СҰЛБАЛАРЫ (ӘДЕБИЕТТЕРГЕ ШОЛУ)

Соңғы уақытқа дейін кернеу көбейткіші тиісінше бағаланбады. Көптеген әзірлеушілер бұл схемаларды шамдық технологиялар тұрғысынан қарастырып келді, сондықтан да керемет мүмкіндіктерді жіберіп алуда. Теледидарларда үш және төрт еселі кернеу есептегіштерін қолдану оңтайлы шешім болғаны бәрімізге жақсы белгілі. Бағымызға орай, бізге коммутациялық қуат көзіндегі (КҚК) рентген сәулелеріне қатысты мәселелерді шешу қажет емес, алайда кернеу көбейткішінің схемасы жиі жоғары жиілікті коммутацияны пайдаланатын және 60 Гц жұмыс істейтін трансформаторларды алып тастайтын қарапайым әдістердің анық шегіне жеткеннен кейін, кернеу көбейткішінің схемасы өлшемдерді одан әрі азайту үшін пайдалы болуы мүмкін. Кей жағдайларда кернеу көбейткіші трансформатордың екінші реттік орамасын қолдана отырып, қосымша шығыс кернеуін алудың керемет әдісімен қамтамасыз етуі мүмкін.

Көптеген оқулықтарда кернеу көбейткішінің кемшіліктері толық қарастырылған. Олардың кернеу тұрақтылығы нашар және олар өте күрделі деп пайымдалады. Бұл кемшіліктерді анықтауға толық негіз бар, бірақ олар үнемі 60 Гц жиіліктегі Синусоидалы кернеулермен жұмыс істейтін шам схемаларын қолдану тәжірибесіне негізделген. Кернеу көбейткішінің қасиеті Синусоидалы кернеулермен емес, тіктөртбұрыштармен жұмыс жасағанда, әсіресе, жоғары жиіліктермен жұмыс жасағанда айтарлықтай жақсарады. Коммутация жиілігі 1 кГц, әсіресе 20 кГц болса, кернеу көбейткішінің мүмкіндіктері артады. Тік бұрышты тербелістер үшін ең жоғары және орта мәндерінің тең екенін ескерсек, Синусоидалы тербеліспен салыстырғанда, көбейткіш схемасындағы конденсаторлар зарядты көп уақыт сақтайды. Бұл кернеудің тұрақтылығын арттыру мен сүзгілеуді жақсартуда байқалады. Синусоидалы кернеуде де тұрақтылық өте жақсы болуы мүмкін, бірақ ол үшін конденсаторлардың сыйымдылығы жоғары болуы тиіс. Кернеу көбейткішінің бірқатар тиімді схемалары 1 - суретінде көрсетілген. (а) суретіндегі бір схеманың екі түрлі суреті кейде схеманы сызу тәсілінің де жаңылыстыратынын көрсетеді [7].

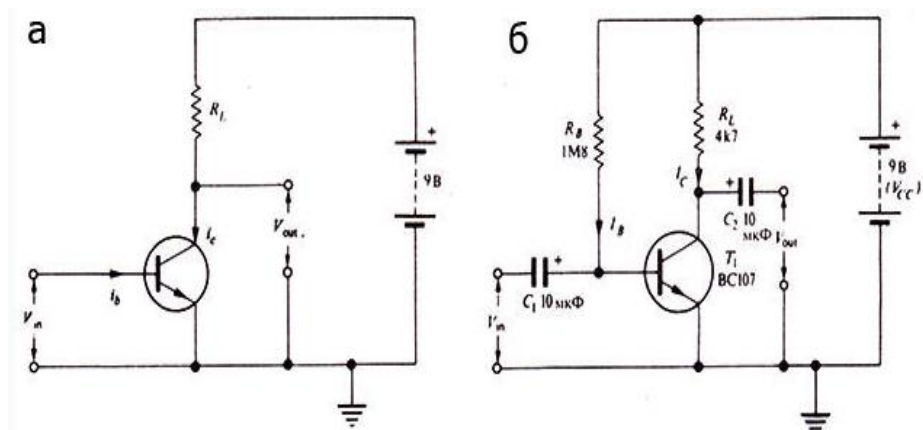
Қазір кернеу көбейткішіндегі тұрақтылық өзекті мәселе емес, жүйеде өте жақсы тұрақтылық қажет те емес, мұнда бір немесе бірнеше кері байланыс контуры тұрақты шығу кернеуінің соңғы тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Атап айтсақ, кейбір кернеу көбейткіштері инвертордың 50-пайыздық жұмыс циклінде өте жақсы жұмыс істейді. Әдетте кернеудің тиісті көбейткіштері кері байланыс ілмегі бар тұрақтандыру схемасынан бұрынғы тұрақсыз қуат көзі ретінде ұсынылады. Мұндай пайдалану тұрақты кернеу түрлендіргішіне байланысты. Мысалы, 60 Гц желілік кернеуді түзетуге және екі есеге арттыруға болады. Содан кейін бұл тұрақты кернеу күшті тұрақты кернеу түрлендіргішінде қолданылады, оны импульстік тұрақтандырғыш

ретінде жасауға болады. Бұл әдістің 60 Гц жиілікте жұмыс істейтін трансформаторсыз жоғары шығу кернеуін алуға мүмкіндік беретінін ескеріңіз [1] [9].

Кернеу көбейткіші жақсы инвертор жасауды жеңілдетеді. Инвертор трансформаторы бір-біріне жақын трансформация коэффициентімен жақсы жұмыс істейді. Бұл мәндерден айтарлықтай ауытқу, әсіресе кернеудің жоғарылауындағы ауытқулар көбінесе трансформатор орамаларындағы шашыраудың жеткілікті индуктивтілігінің пайда болуына алып келеді, бұл инвертор жұмысының тұрақсыздығын тудырады. Сонымен инверторлармен және түрлендіргіштермен тәжірибе жасағандар тербелістердің қарапайым схема жұмысындағы ықтимал жаңылыс екенін, олардың жиілігінің де есептелгеннен өзгеше екенін жақсы біледі. Ал шашырау индуктивтілігінің ауыстырып қосу транзисторларының бұзылуына алып келуі оңай. Бұл мәселенің алдын-алуға болады, ол үшін коэффициенті шамамен бір болатын трансформаторды пайдалану кернеу көбейткішін қолданған жөн.

(а) суретіндегі екі схема да электрлігі жағынан бірдей. Өртүрлі тізбектер үшін рұқсат етілген және тыйым салынған жерге қосу нұсқаларына назар аударыңыз, кейбір жағдайларда генератор мен жүктеме үшін бір жерге қосу нүктесі пайдаланылмауы мүмкін [1].

Синусоидалы кернеулермен жұмыс істеу барысында кернеу көбейткіштерінің ең жоғары кернеуде жұмыс істейтінін есте ұстағанымыз жөн. Сонымен 100 В тиімді мәні бар кіріс кернеуімен жұмыс істейтін кернеу еселегіші деп аталатын шығыс бос кернеуінде $2 \times 1,41 \times 100 = 282$ В ашық тізбектегі кернеуді береді. Сөйтіп, егер конденсаторлардың сыйымдылығы үлкен болса, ал жүктеме салыстырмалы түрде аз болса, онда нәтиже кернеудің тиімді мәнін үш есемен бірдей.



1 Сурет - Кернеу көбейткіштерінің тізбегі

Бұл сынды пайымдаулар басқа да көбейткіштер үшін де дұрыс келеді.

Егер біз барлық конденсаторлардың сыйымдылықтары мен кірістегі синусоидалы кернеуді тең деп алатын болсақ, онда кернеу көбейткіштерінің мәні былай болуы керек (осг кемінде 100, мұнда $\omega = 2\pi$ жұмыс жиілігі

герцпен, сыйымдылық фарадпен, ал тиімді қарсылық оммен, қосуға болатын ең аз кедергісі бар жүктемеге сәйкес келетін ом көрсетілген).

Бұл жағдайда шығыс кернеуі максималды қол жеткізілетін тұрақты ток кернеуінің кемінде 90%-ын құрайды және салыстырмалы түрде аз өзгереді. Шаршы толқынды кернеу үшін $\text{ост } 100$ -ден әлдеқайда аз болуы мүмкін.

Кернеу көбейткіші схемасын таңдауда жерге қосуға аса назар аударған жөн. 1 - суретінде генератор символы трансформатордың екінші реттік орамасын білдіреді.

Егер жүктеме терминалдарының біреуі жерге тұйықталуы керек болса, онда жарты толқынды тізбектерде трансформатордың бір терминалын жерге қосуға болады, бірақ екі жартылай периодты түзеткіштері бар нұсқаларында қосуға болмайтынын ескерген жөн. Екі жартылай периодты схемалар биполярлық шығыс көздерін өндіру үшін қолайлы, мұнда бір шығысы жерге қатысты оң, ал басқасы теріс, әрбір шығыста толық шығыс кернеуінің жартысы болады [4].

1 (a) - суретінде көрсетілген схемалар ұқсас және екі жартылай периодты еселеу түзеткіші бар кернеу болып табылады. 1 (b) суретіндегі схема екі еселенген кернеудің біржарты периодты түзеткішін ұсынады. 1 (c) суретіндегі схема біржарты периодты үш еселенген түзеткіші ретінде жұмыс істейді. Екі жартылай периодты төрт еселенген түзеткіші 1 (d) суретінде, ал біржарты периодты төрт еселенген түзеткіші 1 (e) суретінде көрсетілген. Мұндай кернеу көбейткіштері кинескоптарды жоғары кернеумен қамтамасыз ететін теледидардың кері қуат көздерінде кеңінен қолданылады. Сонымен қатар олар Гейгер есептегіштерінде, лазерлерде, электростатикалық сепараторларда және т.б. қолданылады.

Екі жартылай периодты кернеу көбейткіштерінің біржарты периодты кернеу көбейткіштеріне қарағанда тұрақтылығы жақсы және толқындылығы аз, жоғары жиілікті квадрат толқындар пайдаланылғанда ғана аз айырмашылықтар болады. Үлкен сыйымдылығы бар конденсаторларды пайдалану арқылы кернеу тұрақтылығын үнемі жақсартуға және толқынды азайтуға болады. Жалпы, 20 кГц және одан жоғары жиілікте біржарты периодты көбейткіштердің ортақ жерге қосу нүктесі құрастырушының таңдауына нақты әсер етеді.

Көптеген қарапайым тізбелерді қосу арқылы өте жоғары тұрақты кернеулерді алуға болады. Бұл әдіс тың, жаңа әдіс болмаса да, оны жартылай өткізгіш диодтар арқылы жүзеге асыру қыздыру тізбектерінен оқшаулаудың міндеттері мен баға қиындығын тудыратын бұрынғы шам түзеткіштеріне қарағанда жеңілдеу болып келеді. Кернеу көбейткіштерінің көптізбекті екі мысалы 1.1 - суретте көрсетілген. Олар кіріс айнымалы ток кернеуінің амплитудалық мәнін сегіз есеге көбейтеді. 1 (a) суретіндегі схемада кез келген конденсатордағы кернеу $2K$ -ден аспайды. Кіріс және шығыстың ортақ жер нүктесі 1.1 - суретінде көрсетілген схеманың ерекшелігі болып табылады. Алайда конденсаторлардың кернеу көрсеткіштері схеманың шығысына жақындаған сайын біртіндеп артуы керек. 60 Гц жиілікте бұл

өлшем мен бағаның артуына алып келеді, бірақ жоғары жиіліктерде бұл кемшіліктер аз байқалады. Екі схемада да диодтар Е ең жоғары кіріс кернеуіне төтеп беруі керек, бірақ сенімділік үшін кернеуі Е-ден кем дегенде бірнеше есе жоғары диодтарды пайдалану керек. Әдетте бұл схемаларда сыйымдылығы бірдей конденсаторлар қолданылады. Конденсаторлардың сыйымдылығы неғұрлым үлкен болса, соғұрлым тұрақтылығы жақсы және толқын аз болады. Алайда сыйымдылығы үлкен конденсаторлардың максималды ток мәндеріне қатысты диодтарға деген талабы жоғары [15].

1.2 - суретінде көрсетілген схема электроникада қолдану үшін өте пайдалы. Оның импульстің бірполярлы тізбектілігінен жұмыс істейтінін ескерген жөн. Бұл – әдебиеттерде жиі кездесетін Кок-рофт-Уолтон кернеу көбейткішінің схемасы. Барлық конденсаторлардың сыйымдылығы мен тұрақты кернеуі Е бірдей болса да, келесі тәсілді қолданған жөн:

Алдымен шығыс конденсатордың сыйымдылығын есептейміз

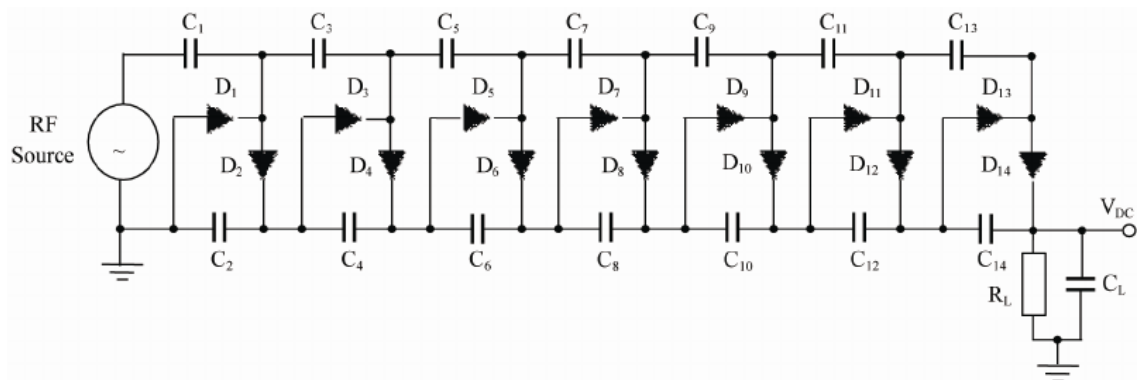
$$C_0 = \frac{I_0 * t}{V} \quad (1)$$

(1) мұндағы I_0 – ампердегі шығыс ток, ал t – микросекундтағы бірполярлы импульстің ұзақтығы. Мысал ретінде $I_0 = 40$ мА алайық. Егер жиілікті $f = 20$ кГц тең деп есептесеңіз, онда $t * 20$ кГц кері шамасының тең жартысын құрайды немесе:

$$t = \frac{1}{20 * 20 * 10^3} = 25 * 10^{-6} c \quad (1.1)$$

толқындардың максималды мәні V кернеуі ретінде алынады. $V = 100$ мВ мәнін орынды деп алсақ, онда:

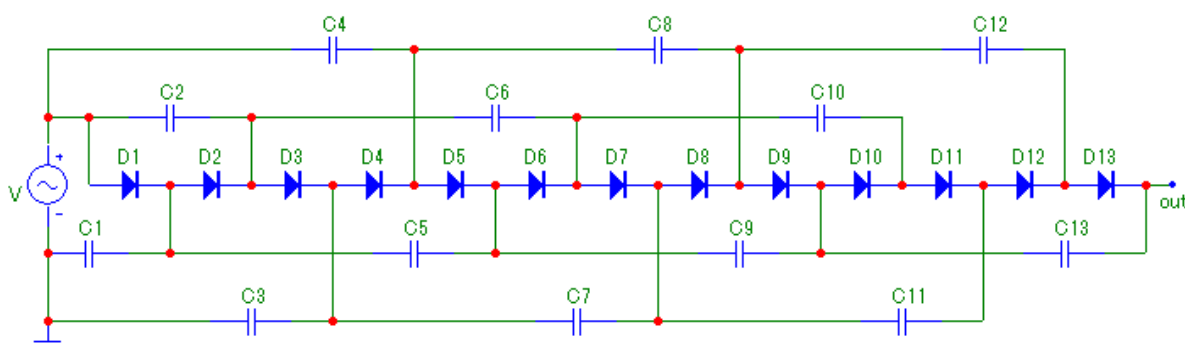
$$C_0 = \frac{40 * 10^{-3} * 25 * 10^{-6}}{100 * 10^{-3}} = 10 \text{ мкФ} \quad (1.2)$$



1.1 Сурет - Көптізбекті кернеу көбейткішінің екі нұсқасы

1.1 – суретте ешқандай конденсаторларда $2E$ -ден жоғары кернеу жоқ. 1.1 (b) – суреті ортақ кіріс пен шығыс жерге қосу нүктесі бар сұлба. Бұл сұлбаның ерекшелігі болып табылады Сұлбаның кірісіне жақындағанда конденсаторлардың сыйымдылығы соңғы C^{\wedge} конденсаторының сыйымдылығымен салыстырғанда біртіндеп бірнеше есе өседі. Бұл есептеулер қарапайым, бірақ мұқият зер салмаса, қате болып шығуы мүмкін.

1.2 - суретіндегі сұлбалардағы конденсаторлардың жанында тұрған сандарды белгілеңіз. Бұл сыйымдылықтың нақты мәнін алу үшін C^{\wedge} сыйымдылығын көбейтуге қажетті коэффициенттер. Сонымен 2 санымен белгіленген конденсатордың сыйымдылығы $2C^{\wedge}$ немесе біздің мысалымызда $10 \text{ мкФ} * 2 = 20 \text{ мкФ}$. Конденсатордың сыйымдылығы $5C^{\wedge}$ немесе 50 мкФ . Ал бірінші конденсатордың сыйымдылығы $10C^{\wedge}$ немесе 100 мкФ [17].



1.2 Сурет - Бірполярлы импульс көзінен қуат алатын кернеуді алтыға көбейткіш.

Кіріске жақын конденсаторлар шығысқа жақын конденсаторларға қарағанда, үлкен сыйымдылыққа ие болуы зарядтың берілуіне байланысты болып келеді, табиғи түрде ол кірісте жеткілікті түрде үлкен болуы тиіс. Бір цикл ішінде зарядтың ауысуы болады. Осы трансферттердің әрқайсысында энергияның табиғи жоғалуы орын алады. Егер конденсаторлардың сыйымдылықтары жоғарыда айтылғандай есептелсе, бұл энергия шығындары аз болады. Кез келген кернеу көбейткішінің алғашқы сынағы ауыспалы автотрансформатормен немесе кіріс кернеуін біртіндеп арттыруға мүмкіндік беретін басқа құрылғы арқылы жүргізілуі керек. Әйтпесе, ток кернеуі диодтарды бұзуы мүмкін. Бұл ережені қатаң сақтау конденсаторлардың сыйымдылығы, қуат деңгейі, жиілігі, конденсаторлардың ESR және диодтардың тұрақты жоғары тоғы сияқты факторларға байланысты болады. Көбейткіштің кірісінде реле көмегімен қосылған терморезисторды немесе резисторды орналастыру мүмкін. Екінші жағынан, көптеген жағдайларда мүлдем қорғаныссыз жасауға болады, өйткені жоғары токпен жұмыс істейтін диодтар жеткілікті түрде қол жетімді болады. Кейде қорғаныс «көзге көрінбейді», мысалы, кіріс трансформаторының үлкен ток кернеуін қамтамасыз ете алмауы мүмкін [5].

Жоғары кернеулермен жұмыс істегенде, диодтардағы тікелей кернеудің төмендеуінің шамасы аса маңызды емес.

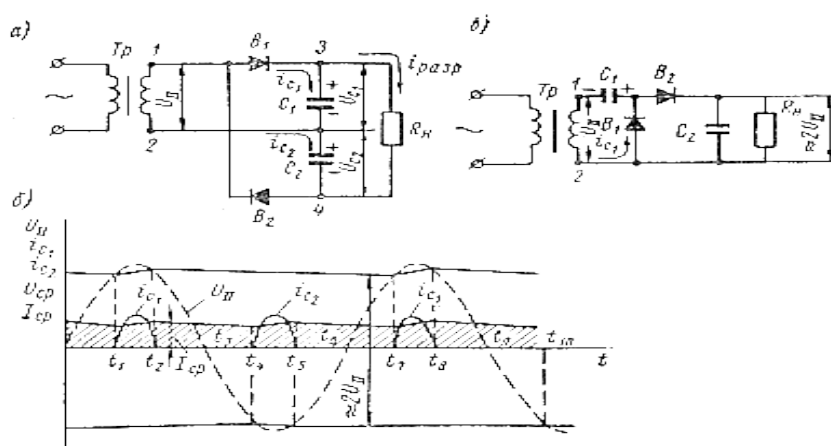
Төмен кернеулерде диодтардағы жинақталған кернеудің төмендеуі қажетті шығыс кернеуіне жетуге кедергі келтіреді және кернеу көбейткішінің т.э.к. айтарлықтай төмендетеді. Диодтың қайта қалпына келу уақытының кіріс кернеуінің жиілігімен үйлесетініне көз жеткізіңіз. Әйтпесе, есептелген кернеу көбейткішінің коэффициенті «жұмбақ» болып қалады [2].

1.1 Кернеуді екі еселеу тізбектері

Күштік трансформатордың екінші реттік орамасының қысқыштарындағы кернеуден немесе трансформаторсыз түзеткіш қондырғылардағы желілік кернеуден жоғары түзетілген кернеулерді алу үшін кернеуді көбейту принципіне негізделген түзеткіш тізбектер кеңінен қолданылады.

Бұл жағдайда (кернеуді екі, үш немесе одан да көп есе көбейту үшін) конденсатордың электр өрісінде энергияның жинақталуы қолданылады. Ең көп қолданылатын кернеуді еселеу тізбектері төмен қуатты жоғары вольтты түзеткіштерде (катодтық және рентгендік түтіктерді қоректендіру үшін) қолданылады [24].

1.3 (а) - суретте тізбектей жалғанған екі жарты толқынды түзеткіш тізбектерден тұратын қарапайым және бір мезгілде жиі қолданылатын түзетілген кернеуді еселеу тізбегі көрсетілген. Жартылай циклде 1 - ші нүктенің потенциалы 2 - ші нүктенің потенциалынан жоғары болғанда, 1, B_1 , C_1 контур нүктесінен өтетін i_{c1} ток импульсі, 2 нүктесі C_1 конденсаторын зарядтайды.



1.3 Сурет - Кернеуді екі еселеу сұлбалары: а - симметриялық сұлба; б — симметриялық сұлбаға уақыттық диаграммалар; в — симметриялық емес сұлба

1.3 – сурет келесі жарты циклде, 2-ші нүктенің потенциалы 1-ші нүктенің потенциалынан жоғары болған кезде, C_2 конденсатор заряды 2-ші нүкте, C_2 , B_2 1-ші нүкте тізбегі бойымен t_{c2} ток импульсімен жүреді. Конденсаторлардың әрқайсысы кернеуге дейін зарядталады.

$$U_c = U_{II} + \Delta U_B \quad (1.3)$$

(1.3) мұндағы U_{II} -трансформатордың қайталама орамасындағы кернеу; ΔU_B -жұмыс істеп тұрған вентильдегі кернеудің төмендеуі.

Конденсаторлар тізбектей қосылған, конденсаторлардың зарядтық токтары бір бағытта өтеді, сондықтан түзетілген кернеу тең болады:

$$U_{opt} = U_{c1} + U_{c2} - 2\Delta U_B \quad (1.4)$$

(1.4) формуладан клапандардың ішкі кедергісі аз, сондықтан $2\Delta U_B$ мәнін елемеуге болады, сонда:

$$U_{opt} \approx U_{c1} + U_{c2} \approx 2U_{II} \quad (1.5)$$

(1.5) түзетілген кернеудің мұндай екі еселенуі тек жүктеменің жоғары қарсылығында (төмен токтарда) болады, өйткені зарядтау тогы болмаған кезде бұл шарт орындалғанда ғана конденсаторлардың айтарлықтай разрядтауға уақыты болмайды [11].

1.3 (б) - суретте көрсетілген уақыт диаграммалары қарастырылып отырған сұлбаның жұмысын нақты көрсетеді. $0 - t_1$ және $0 - t_2$ уақыт аралықтарында C_1 конденсаторы разрядталады, ал разряд тогы $i_{разр}$ жүктеме кедергісі R_n арқылы өтеді, ал $0 - t_4$ және $t_5 - t_{10}$ уақыт аралықтарында C_2 конденсаторы разрядталады. $t_1 - t_2$, $t_4 - t_5$ және $t_7 - t_8$ уақыт аралықтарында олардың разрядталуына байланысты сәйкес конденсаторлардағы кернеу трансформатордың екінші реттік орамындағы кернеуден аз болғанда, конденсаторлар кезекпен қайта зарядталады. Конденсаторды зарядтау уақыты олардың разрядтау уақытынан бірнеше есе аз болғандықтан, 3-4 нүктелер арасындағы потенциалдар айырымы шамамен тұрақты және $2U_{II}$ -ге тең сақталады.

Клапанға қолданылатын кері кернеу қайталама орамдағы кернеу мен конденсаторлардың біріндегі кернеудің қосындысына тең, яғни:

$$U_{обр} \approx 2U_{II} \quad (1.6)$$

Бос жүріс режимінде

$$U_{обр} \approx 2E_{mII} \quad (1.7)$$

Толқынның жиілігі 100 Гц негізгі жиіліктің екі еселенген жиілігіне тең. 1.3 (в) - суретте басқа теңдестірілмеген кернеуді еселеу тізбегі көрсетілген. 2-нүктенің потенциалы нүктенің потенциалынан жоғары болғанда, C_1 конденсаторы U_{II} кернеуіне дерлік зарядталады. Келесі жарты циклде 1-ші нүктенің потенциалы 2-ші нүктенің потенциалынан жоғары болады және C_2 конденсаторы $2U_{II}$ кернеуіне дейін зарядталады. C_2 конденсаторының заряды трансформатордың қайталама орамындағы және C_1 конденсаторындағы жалпы кернеумен қамтамасыз етіледі [15].

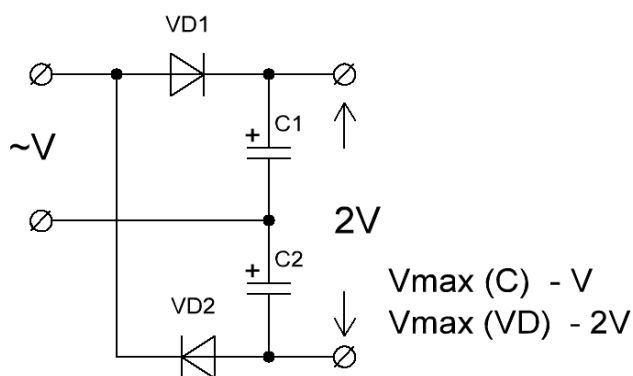
Кернеуді екі еселеу тізбектері келесі артықшылықтармен сипатталады:

Бірдей түзетілген кернеуді алу үшін көпір тізбегіне қарағанда трансформатордың қайталама орамасының айналым санының жартысы қажет, ал ортаңғы нүктенің шығысы бар екі жарты толқынды тізбекке қарағанда төрт есе аз. Клапанның кері кернеуі түзетілген кернеуге тең. Трансформатордың магниттелуі жоқ. Дегенмен, екі еселенген тізбектер екі жарты толқынды түзеткіштің тізбекті қосылуымен анықталатын үлкен шығыс кедергіге ие, сонымен қатар қыздырылған катодтары бар клапандар жағдайында бір-бірінен оқшауланған екі жылу көзі болуы қажет [9].

1.2 Кернеу көбейткіштерінің сұлбасын іске асыру

Төменде кернеу көбейткіштерінің кейбір ерекше жағдайларына тоқталатын боламын. Кернеу көбейткіштерінің тізбектерінде, іс жүзінде кернеу ең жоғары кернеудің дәл еселі емес, нәтижесінде алынған кернеу диодтардағы кейбір кернеудің төмендеуіне байланысты еселіктен аз болады. Бұл түрдегі мультипликатор схемасының кемшілігі толқындық жиіліктің жоғары болуы және шығыс сигналын тегістеу өте қиын, дегенмен үлкен конденсаторларды пайдалану толқынды азайтуға көмектеседі. Ал схеманың артықшылығы - біз төмен кернеулі қуат көзінен өте жоғары кернеуді жасай аламыз [6].

1.Латур-Делон-Гренашер кернеуінің екі еселігі



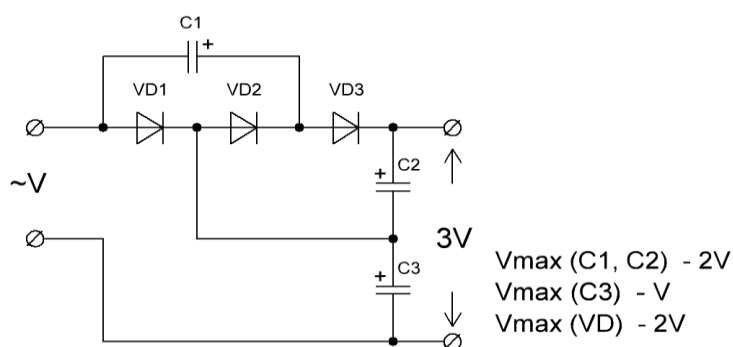
1.4 Сурет - Латур-Делон-Гренашердің екі есе кернеу күшейткіші

1.4 – сурет екі есе жарты толқындық кернеу түзеткіші болып табылады, оның жоғарғы иығы оң жарты толқындарды, төменгі жағы теріс жарты толқындарды түзетеді.

Жұмыс істеу принципі: оң жарты толқын кезінде C_1 конденсаторы VD_1 диоды арқылы зарядталады, ал теріс жарты толқын кезінде C_2 конденсаторы VD_2 диоды арқылы зарядталады. Жүктемеге екі еселенген кернеу қолданылады.

Артықшылықтары: Жақсы жүктеме қабілеті. Симметриялық схема. Классикалық [3].

2. Үш есе кернеу көбейткіштері



1.5 Сурет – 3 қадамы бар бір жақты кернеу көбейткішінің ерекше жағдайы

1.5 – сурет кернеуді үш еселегіш сұлбасы - бұл кіріс кернеуін үш есе арттыратын тізбек, яғни шығыс кернеуі кіріс кернеуінен үш есе көп болады. Біз бірнеше диодтар мен конденсаторларды қолдана отырып, кернеу тізбегін өте оңай жасай аламыз. Кернеудің үш еселік тізбегі-бұл ең жоғары кіріс кернеуінен екі, үш немесе төрт есе көп шығу кернеуін қамтамасыз ететін көбейту тізбегінің бір түрі.

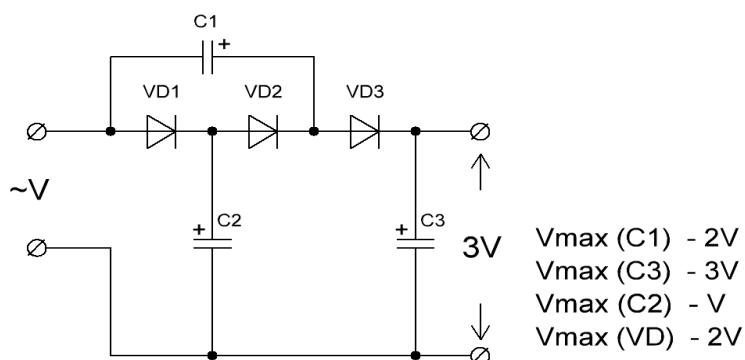
Кернеу мультипликаторының тізбектері бізге жоғары кернеу мен аз ток қажет болған кезде қолданылады. Кернеу көбейткіштері трансформатордың мөлшерін азайту немесе кейде алып тастау үшін де қолданылады. Олар төмен айнымалы кернеуді жоғары тұрақты ток кернеуіне, сондай-ақ төмен токқа айналдыруда өте пайдалы болуы мүмкін [6].

Кернеу бірден үш есе артпайды, бірақ ол баяу артады және біраз уақыттан кейін кіріс кернеуінің үш есе мәніне орнатылады.

C_2 және C_3 конденсаторларының номиналды кернеуі кіріс кернеуінен кемінде екі есе көп болуы керек.

Шығу кернеуі кіріс кернеуінен үш есе жоғары емес, ол кіріс кернеуінен аз болады.

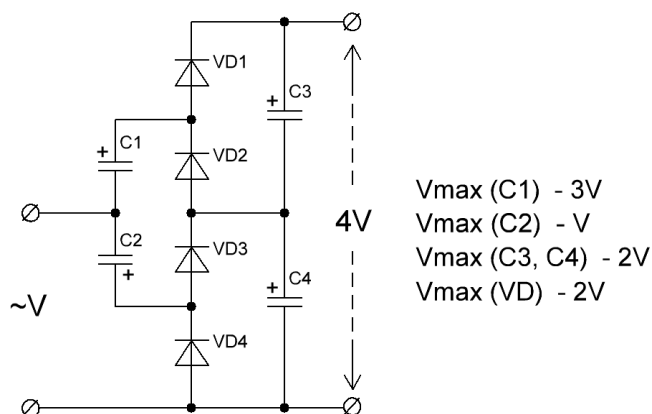
3. Шенкель-Вильярд кернеуінің көбейткіші



1.6 Сурет - 3 сатысы бар симметриялық Шенкель-Вильярд кернеуінің көбейткішінің ерекше жағдайы

1.6 – суретте жарты толқынды кернеу көбейткіштері ұқсас түзеткіштер сияқты кемшіліктерге ие. C1 конденсаторының зарядтау жиілігі кіріс кернеуінің жиілігіне тең екенін көруге болады. C1 конденсаторының заряд жиілігі кіріс кернеуінің жиілігіне тең екенін көруге болады. Яғни, ол кезең үшін бір рет зарядталады. Осы зарядтау циклдерінің арасында бірдей ұзындықтағы разряд циклы бар. Сондықтан, бұл схемада пульсацияны тегістеуге байыпты қарау керек [20].

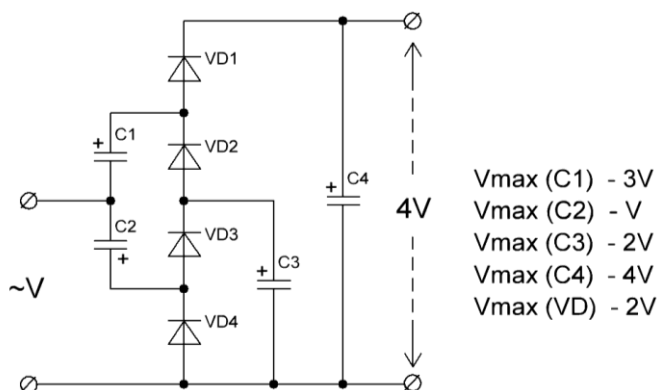
4. Кернеуді төртке көбейткіштер



1.7 Сурет – 4 буыны бар гибриді кернеу көбейткішінің ерекше жағдайы

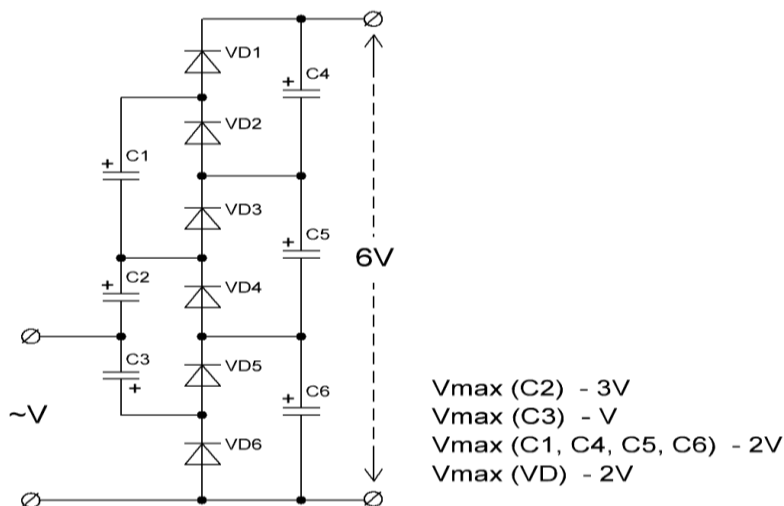
Кернеуді төрт есе арттырудың бұл әсері конденсаторларды қолдану арқылы қол жеткізіледі 1.7 - сурет. Кіріс кернеуіне зарядтау үшін бөлек конденсаторларды қолданамыз. Бірінші конденсатор тізбектің кіріс кернеуіне дейін зарядталады. Екінші конденсатор дәйекті әсерге ие. Ол кіріс кернеуінің

мәніне дейін зарядталады, бірақ әрқашан бірінші конденсатордан кернеуді көреді, ол қосымша әсерге ие. Нәтижесінде кіріс кернеуі екі есе артады. Үшінші конденсатор, қайтадан,кіріс кернеуіне зарядталады, бірақ басқа 2 конденсатордан кернеуді көреді, сондықтан шығыс кернеуі кіріс кернеуінен үш есе көп. Төртінші конденсатор зарядталады кіріс кернеуіне дейін, басқа 3 конденсатордан кернеуді көргенде, Шығыс енді кіріс кернеуінен төрт есе көп болады.Осылайша, бұл көбейту әсерін беретін конденсаторлар мен диодтар сериясы [9].



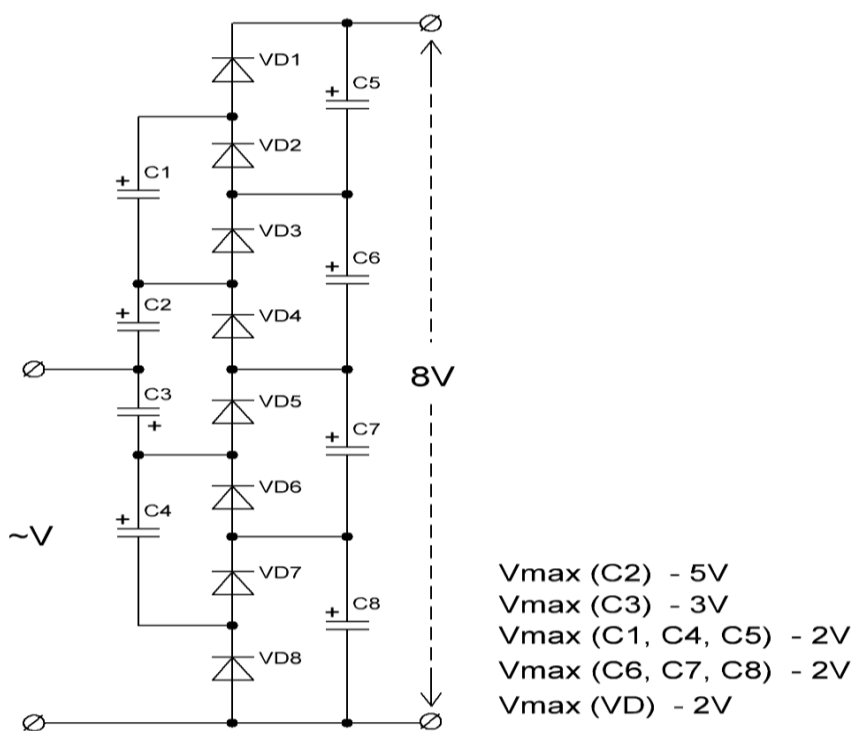
1.8 Сурет - 4 сатысы бар симметриялық Шенкель-Вильярд кернеуінің көбейткішінің ерекше жағдайы

5.Кернеуді алтыға көбейткіш



1.9 Сурет - Кезеңдер саны әртүрлі және ортақ нүктеге қатысты бірполярлы байланысы бар симметриялық кернеу көбейткішінің ерекше жағдайы

6. Кернеуді сегізге көбейткіш



1.10 Сурет - Симметриялық кернеу көбейткішінің ерекше жағдайы және ортақ нүктеге қатысты бірполярлы қосылым

1.3 Кернеу көбейткіштерінің мақсаты, құрылымы және жүктемесі

Құрылым бойынша кернеу көбейткіштері - бұл шығыс кернеуін бірнеше есе арттыратын мамандандырылған түзеткіштер. Жоғары вольтты қоректендіру көздерінде кернеу көбейткіштерін пайдалану дәстүрлі болып табылады, бұл олардың салмағы мен мөлшерін айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді. Жоғары вольтты көздерде түзеткіштерді (жартылай толқынды, ортақ нүктесі бар, көпір) жоғары вольтты көздерде пайдалану жоғары қуат көзі қажет болған кезде ғана негізделген, өйткені түзеткішті пайдаланған кезде ол сонымен қатар шығысқа тең кернеуге есептелген трансформаторды пайдалану қажет. Жоғары шығу кернеуі бар (15-20 кВ-тан астам) трансформаторларды әзірлеу және құру күрделі техникалық міндет болып табылады (орамаларды бөлу, қабатаралық оқшаулау, компаунд құю және т.б.), сонымен қатар, осы кластағы трансформаторлардың үлкен өлшемдері мен құны болады. Кернеу көбейткішін пайдалану трансформатордың Шығыс кернеуіне қойылатын талаптарды азайтуға және оның дизайнын айтарлықтай жеңілдетуге мүмкіндік береді. Осылайша, кернеу мультипликаторы жоғары вольтты түрлендіргіштің негізгі элементтерінің бірі болып табылады [1].

Кернеу көбейткіштерінің кірісіне айнымалы кернеу қолданылады, шығысында көбейтілген тұрақты мәнді аламыз. Кез – келген көбейткіште элементтердің екі түрі бар-конденсаторлар мен диодтар. Электр тізбегінің құрылымына сәйкес көбейткіштер асимметриялық және симметриялы болып бөлінеді. Екеуінің бір-бірінен айырмашылығы-симметриялы тізбектерде айнымалы кернеу көзінен тұтынылатын ток екі жарты циклде де бірдей болады, ал асимметриялық тізбектерде теріс және оң жарты циклдардағы ток импульстарының формалары әр түрлі болады. Бұл магнит тізбегінің жұмыс режимінің қанықтыру аймағына «шығуын» тудыруы мүмкін. Сонымен қатар, симметриялы кернеу көбейткіштеріндегі пульсация жиілігі асимметриялыққа қарағанда екі есе аз, бұл олардың жақсы жүктеме қабілетін қамтамасыз етеді. Сондықтан жоғары вольтты көздің жоғары шығыс қуатымен симметриялы көбейткіштерді қолданған жөн. Симметриялық мультипликатор екі асимметриядан тұратынын түсіну керек [10].

Кернеу көбейткішінің жүктеме қабілетіне әсер ететін факторлар: Тізбектің құрылымы көбейткіштің жүктеме қабілетін анықтайды, симметриялы кернеуді көбейту тізбектері асимметриялыққа қарағанда біршама үлкен жүктеме қабілетіне ие.

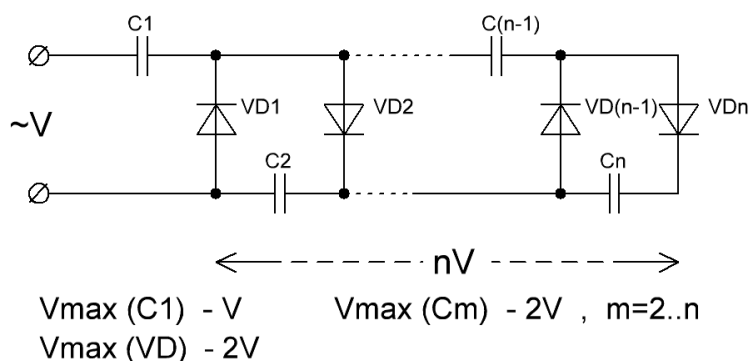
Көбейткіштің кірісіндегі кернеу жиілігі. Жүктеме сыйымдылығы жиілікке тікелей пропорционалды, оның жоғарғы мәніне паразиттік тізбек элементтері – диод сыйымдылықтары, контур өткізгішінің индуктивтілігі және конденсатор пластиналары арқылы шектеулер қойылған. Сонымен қатар, конденсаторлар белгілі бір шекті жиілікке ие, одан жоғары кернеудің рұқсат етілген мөлшері азаяды [14].

Конденсаторлардың сыйымдылығы. Жүктеме қабілеті көбейткіш байланыстарындағы конденсаторлардың сыйымдылығына тура пропорционал.

Көбейткіштің буындар саны. Жүктеме қабілеттілігі көбейткіш буындар санына кері пропорционал.

Теориялық тұрғыдан кернеудің пішіні кез келген болуы мүмкін, дегенмен, бірдей амплитудадағы көпполярлы тікбұрышты импульстар түрінде болатын кернеу кезінде максималды жүктеме қабілетіне қол жеткізіледі. Әртүрлі типтегі кернеу көбейткіштерінің типтік схемалары төменде қарастырылады [18].

1.4 Асимметриялық кернеу көбейткіштері(Villard cascade)



1.11 Сурет - Асимметриялық кернеу көбейткішінің электр тізбегі

1.11 – суретте теріс жартылай толқын кезінде C_1 конденсаторы айнымалы кернеу көзінен амплитудалық мәнге дейін зарядталады; оң жарты толқын ішінде C_2 конденсаторына қуат көзі мен C_2 конденсаторының жалпы кернеуі қолданылады және бірнеше кезең ішінде ол екі еселенген кернеуге дейін зарядталады. Сол сияқты келесі конденсаторлардың заряды біртіндеп жүреді: C_3 конденсаторының заряды екінші теріс кезеңнен басталады, C_4 конденсаторы екінші оң кезеңнен басталады. Осылайша, бірнеше кезеңде мультипликатор квазистационарлық режимге жетеді және біріншіден басқа конденсаторлардың әрқайсысында жалпы шығыс кернеуі көздің амплитудалық мәнінен екі есеге тең болады. Диодтардағы максималды кері кернеу де амплитудалық мәнің екі еселенген мәніне тең.

Артықшылығы: әмбебаптығы, төмен жүктеме қабілеті. Тиімділік көбейткіш буындар санының өсуімен күрт төмендейді [23].

Синусоидалы шығыс кернеуі үшін көбейткіштің ΔV шығысындағы толқынның шамасы төмендегі формуламен анықталады:

$$\Delta V = \frac{I}{fC} \left(\frac{2}{3} n^3 + \frac{1}{2} n^2 - \frac{1}{6} n \right) \quad (1.8)$$

(1.8) $C_1=C_2=C_3=\dots C_n$ болған жағдайда;

$$\Delta V = \frac{I}{fC} \left(\frac{2}{3} n^3 - \frac{1}{6} n \right) \quad (1.9)$$

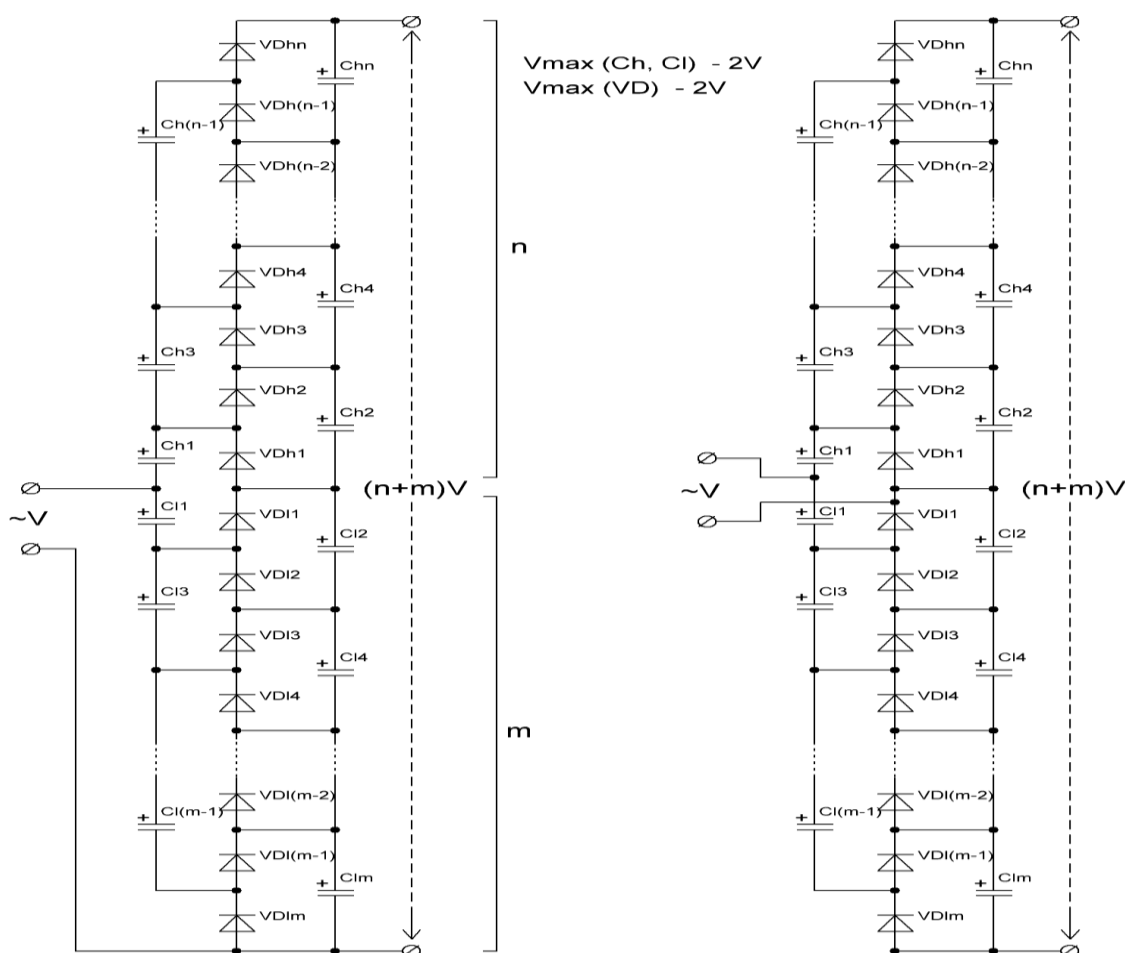
(1.9) 0,5 болған жағдайда $C_1=C_2=C_3=\dots C_n$ (яғни, C_1 сыйымдылығының мәні басқаларына қарағанда екі есе көп). мұндағы n-көбейткіш буындарының саны [32].

1.5 Симметриялық кернеу көбейткіші (Double Villard cascade)

Бұл симметриялы кернеу мультипликаторы шын мәнінде ортақ нүктеге қатысты әртүрлі кернеу полярлығымен қосылған екі бір жақты көбейткіш болып табылады.

Жұмыс істеу принципі: асимметриялық кернеу көбейткішінің (Villard cascade) жұмыс принципіне ұқсас.

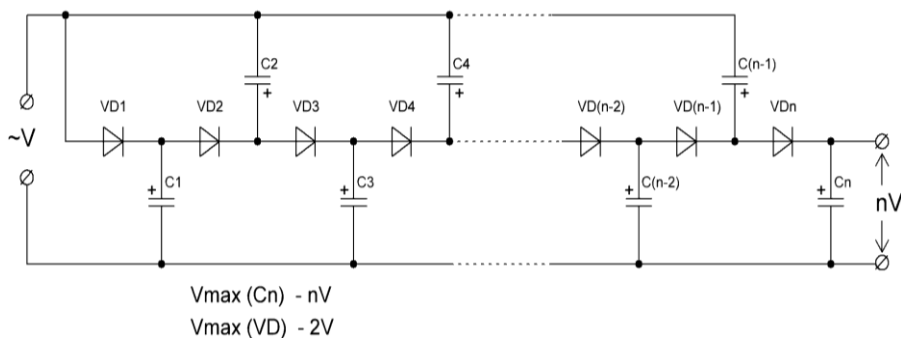
Артықшылығы: әмбебаптығы, төмен жүктеме қабілеті. Тиімділік көбейткіш сілтемелер санының өсуімен күрт төмендейді. Жалпы "жер". Жалпы нүктеге қатысты кернеудің екі полярлығын жүзеге асыру мүмкіндігі. Айнымалы кернеу көзін көбейткіштерге қосудың әртүрлі нұсқалары (1.12 - сурет). Тізбектің артықшылығы - конденсаторлардағы кернеудің бірдей төмендеуі, бұл бір типтегі конденсаторларды қолдануға мүмкіндік береді (бірдей кернеуге арналған) [27].



1.12 Сурет - Симметриялы кернеу көбейткішінің электр тізбегі (сериялық түрі)

1.12 – суретте тізбек құрылымында екі көбейткіш бар болғандықтан ΔV көбейткішінің шығысындағы толқынның шамасы жоғарыда көрсетілген қатынасты екіге көбейту арқылы есептеледі.

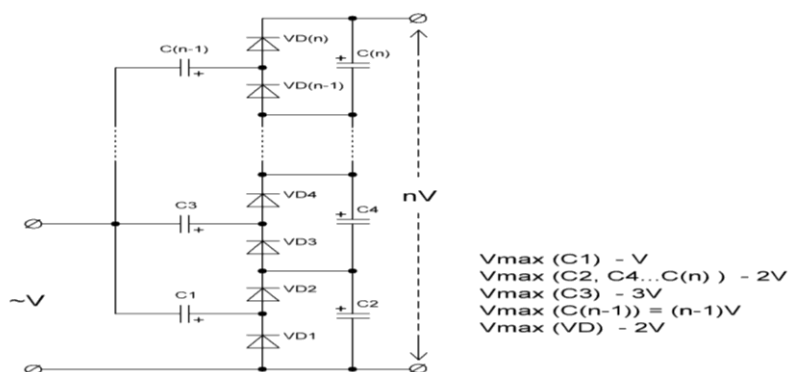
1.6 Шенкель – Виллард кернеуінің симметриялық көбейткіші



1.13 Сурет – Шенкель-Виллард симметриялы кернеу көбейткішінің электр тізбегі (параллель түрі)

1.13 – суретте бірінші оң жартылай циклде C_1, C_3, \dots, C_n (тақ) сыйымдылықтар қоректену кернеуіне зарядталады, келесі теріс жарты толқында C_2, C_4, \dots, C сыйымдылықтары. $(n-1)$ (жұп) кернеуді нөлге дейін төмендететін жұп сыйымдылықтар арқылы қоректену кернеуіне зарядталады. Келесі оң кезеңде әрбір тақ конденсатор қуат көзінің және көбейткіштің жұп конденсаторының тізбектей жалғанған кернеуінен екі есе артық зарядталады. Бұл жағдайда тақ конденсаторлар үлкен амплитудалық кернеуге зарядталады. Жұмыс кезінде көбейткіштің конденсаторларындағы кернеудің C_n бастап біртіндеп өсуі байқалады [44].

1.7 Сериялы параллель типтегі гибриді кернеу көбейткіші



1.14 Сурет - Симметриялық кернеу көбейткішінің тізбекті-параллель типті кернеу көбейткішінің электр тізбегі

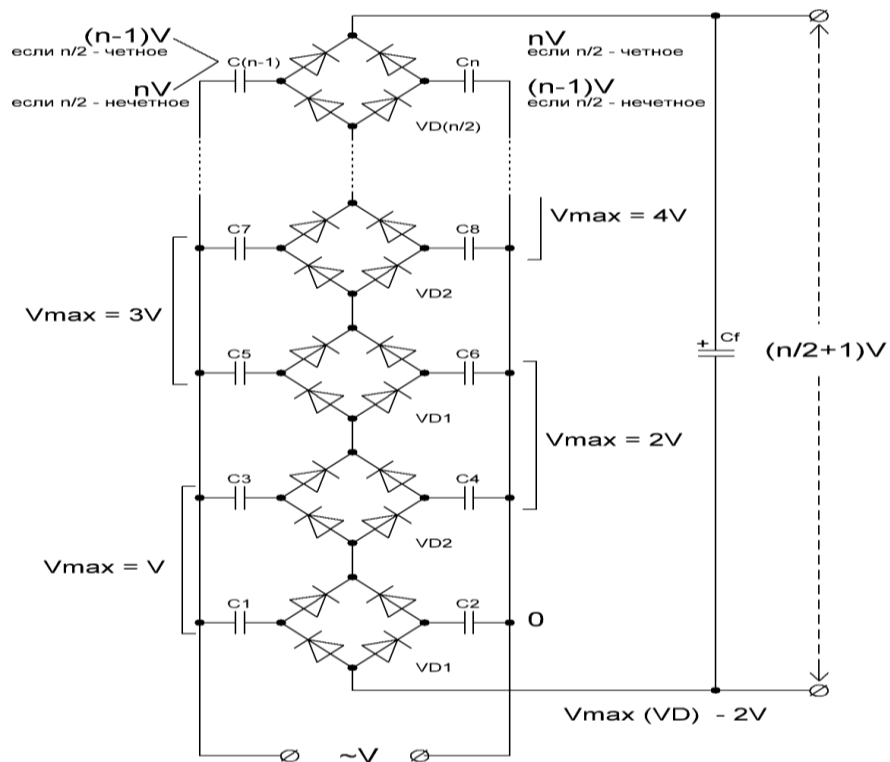
1.14 – суретте бірінші оң жарты толқын кезінде $C_2, C_4, \dots C_n$ (жұп) сериялық бағанының сыйымдылықтары негізінен бірінші оң жарты толқын кезінде зарядталған C_1 сыйымдылығы арқылы зарядталады. Келесі теріс жарты цикл кезінде $C_1, C_3, \dots c(n-1)$ тақ сыйымдылықтардың амплитудадан асатын кернеу деңгейіне дейін заряды пайда болады, өйткені оларға қуат көзінің жалпы кернеуі және тізбектелген C_2, C_4 тізбекті бағанының сыйымдылығы қолданылады. Бұл жағдайда $C(n-1)$ сыйымдылығы максималды кернеуге ие, өйткені оған толық бағанның кернеуі мен қуат көзі қолданылады, ал "төменгі" контейнерлер аз кернеуге дейін зарядталады, өйткені оларға тек сериялық бағанның бір бөлігінің кернеуі қолданылады. Осы жартылай циклде тізбекті бағанның сыйымдылықтары біршама разрядталады. Келесі оң кезең ішінде C_2, C_4 тізбектік бағанының сыйымдылығы алдыңғы оң жартылай периодқа қарағанда кернеу деңгейіне дейін зарядталады, өйткені оларға $C_1, C_3, \dots c(n-1)$ ыдыстарындағы қуат көзі мен кернеулердің жалпы кернеуі қолданылады. Осылайша, жұмыс барысында конденсаторлардағы кернеудің қадамдық өсуі және шығыс кернеуінің тиісті өсуі орын алады [44].

Артықшылығы: симметриялы тізбектердің жоғары жүктеме қабілетін қамтамасыз ететін гибридті схема. Схеманың артықшылығы - оң жақ сыйымдылық «бағанасында» бірдей (бірдей кернеуге арналған) жоғары сыйымдылықты конденсаторларды сақтау-сүзгілеу элементтері ретінде пайдалану және контурдың сол жағындағы сыйымдылығы аз конденсаторларды пайдалану мүмкіндігі, бірақ айтарлықтай жоғары кернеуге арналған (әр сілтемедегі кернеудің біртіндеп өсуіне байланысты). Ортақ жер [39].

1.8 Диод көпірлеріне негізделген симметриялық көбейткіш

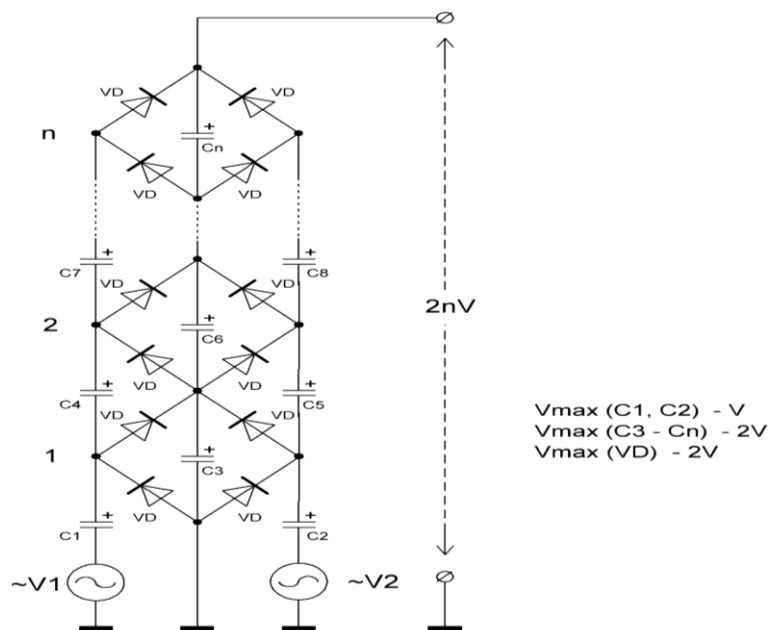
Жұмыс істеу принципі: Жалпы алғанда, ол симметриялық Шенкель-Виллард кернеу көбейткішінің жұмыс істеу принципіне ұқсас.

Артықшылығы: жақсы жүктеме қабілеті. Физикалық эксперименттер үшін жоғары вольтты қуат көздеріндегі кернеуді көбейтудің классикалық сұлбаларының бірі [45].



1.15 Сурет - Диодтық көпірлер негізіндегі симметриялық кернеу көбейткішінің электр тізбегі

1.9 Симметриялық толық толқынды Кокрофт-Уолтон көбейткіші



1.16 Сурет - Симметриялық Кокрофт-Уолтон кернеу көбейткішінің электр тізбегі

1.16 – суретте физикалық эксперименттер үшін жоғары вольтты қуат көздерімен кеңінен қолданылады. Жақсы жүктеме қабілетіне ие.

Шығу кернеуінің синусоидальды формасы үшін көбейткіштің шығысындағы пульсация шамасы мына формула бойынша анықталады [49].

$$\Delta V = \frac{I}{fC} \left(\frac{1}{6}n^3 + \frac{1}{4}n^2 + \frac{1}{3}n \right) \quad (1.10)$$

(1.10) $C_1=C_2=C_3 = \dots C_n$ кезінде;

1.10 Кернеу көбейткіштерінің диодтары мен конденсаторлары

Көбейту тізбектерінде қолданылатын диодтарға қойылатын негізгі талаптар:

- диодтың кері кернеуінің барынша рұқсат етілген шамасы қормен (кем дегенде 20% - ға) сұлбадағы жұмыс кернеуінен асуы тиіс;

- кернеудің полярлығын өзгерту кезінде оқшаулау қасиеттерін тез қалпына келтіру. Осы мақсатта қалпына келтіру уақыты шамамен 10-50 нс болатын Ultra-Fast класты диодтарды пайдалану ұсынылады;

- шағын паразиттік сыйымдылық. Осыған байланысты үлкен ток резерві бар диодтарды пайдалану орынды емес, өйткені олардың сыйымдылығы үлкен [52].

1 Кесте - Жоғары вольтты диодтардың негізгі сипаттамалары

Диод маркасы	Корпус	Максималды кері кернеу, В	Орташа ток (импульсті ток) А	Қайта қалпына келтіру уақыты, нс	Жалпы сыйымдылығы, пФ
2CL69	D3ммx8мм	4000	0,005 (0,5)	100	1
2CL70	D3ммx8мм	6000	0,005 (0,5)	100	1
2CL71	D3ммx8мм	8000	0,005 (0,5)	100	1
2CL72	D3ммx10мм	10000	0,005 (0,5)	100	1
2CL73	D3ммx10мм	12000	0,005 (0,5)	100	1
2CL74	D3ммx10мм	14000	0,005 (0,5)	100	1
2CL75	D3ммx20мм	16000	0,005 (0,5)	100	1
2CL76	D3ммx20мм	18000	0,005 (0,5)	100	1
2CL77	D3ммx20мм	20000	0,005 (0,5)	100	1
UX-FOB	7ммx7ммx22 мм	8000	0,5 (20)	40	-

1 - кестеде кернеу көбейткіштерінің диодтары арқылы өтетін токтың орташа мәні жүздеген миллиамперден аспайды, сондықтан кернеу көбейткіштерінде кіші ток пен үлкен кернеуге арналған диодтар қолданылады (кесте 1). Кері кернеудің жоғары мәнін қамтамасыз ету қажет болса, диодтардың сериялық қосылымын қолдануға рұқсат етіледі, бірақ диодтардың бір типті және жақсырақ бір партиядан болуы қажет.

1.1 Кесте - Жылдам диодтардың негізгі сипаттамалары

Диод маркасы	Корпус	Максималды кері кернеу, В	Орташа ток, А	Қайта қалпына келтіру уақыты, нс	Жалпы сыйымдылығы, пФ
UF4007	DO-41	1000	1,0	75	17
HER108	DO-41	1000	1,0	75	15
HER158	DO-15	1000	1,5	75	25
SF16	DO-41	600	1,0	35	10
HFA04TB60	TO-220AC	600	4,0	28	4
HFA06TB120	TO-220AC	1200	6,0	26	9
BYV26E	SOD-57	1000	1,0	75	25
MUR1100E	CASE 59-10	1000	1,0	75	<15
AU1PM	DO-220AA (SMP)	1000	1,0	75	7,5
SEOM	SMA	1000	1,5	100	50
SE3M	SMC	1000	3,0	100	50
STTH112	SMA	1200	1,0	75	-

Көбейту схемаларында қолданылатын конденсаторларға қойылатын негізгі талаптар:

- конденсатордың заряд кернеуінің максималды рұқсат етілген мәні тізбектегі жұмыс кернеуінен асып кетуі керек (кем дегенде 20%). Бұл жағдайда жиіліктің жоғарылауымен конденсатордағы максималды рұқсат етілген кернеудің амплитудасының төмендеуін ескеру қажет. Бұл мәліметтер өндіруші компаниялардың анықтамалық парақтарында (datasheet) келтірілген.

- кіріс кернеуінің жоғары жиілігінде (500 Гц-тен астам) полярлы емес конденсаторларды қолдану қажет;

- полярлы емес конденсаторлар арасында ең аз шығыны бар диэлектриктері бар керамикалық конденсаторларды қолдану ұсынылады-NPO, X7R, X5R немесе пленкалы полистирол және полипропилен;

- шығындарды азайту үшін төмен ағып кету кедергісі бар конденсаторлардың түрлерін қолданған жөн;

- ең аз паразиттік индуктивтілікті қамтамасыз ететін дизайны бар конденсаторларды қолданған жөн-диск және көп қабатты.

Жоғары вольтты қуат көздерінің көбейткіштерін құру үшін Murata жоғары вольтты диск конденсаторларын қолдануға болады.

Төменде Murata жоғары вольтты конденсаторларының сипаттамалары туралы жиынтық кестелер берілген [56].

1.2 Кесте - Murata жоғары вольтты диск конденсаторларының сипаттамалары

Конденсатор маркасы	Қасиеттері	Максималды кернеу, В	Жалпы сыйымдылығы, пФ	Мөлшері		Жұмыс температурасының диапазоны	
				Диаметрі, мм	Қалыңдығы, мм		
DEN – серия	Керамикалық, шағын қыздыру	500	330-4700	6-14	4	-25 +125	
		1000	220-4700	7-17	4,5		
		2000	220-4700	7-21	5		
		3150	150-2700	7-19	6		
DEA – серия	Керамикалық, төмен қыздыру	1000	10-560	4,5-12	4	-25 +125	
		2000	10-560	4,5-15	5		
		3150	10-390	5-16	6		
DEB – серия	Керамикалық, Үлкен сыйымдылығы бар шағын өлшем	1000	100-10000	4,5-15	4	-25 +85	
		2000	100-10000	4,5-16	5		
		3150	100-4700	5-15	6		
DEC - серия	Керамикалық, Көбейткіштермен электронды балластар тізбектеріне арналған	6300	10-2200	7-15	7,5-10	-25 +85	

2 ЖИЛІГІ 5-6 кГц ЖОҒАРЫ ВОЛЬТТЫ КЕРНЕУ ҰЛҒАЙТҚЫШ ҚҰРЫЛҒЫНЫҢ ФУНКЦИОНАЛДЫҚ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРЛІК СҰЛБАСЫН ТЕОРИЯЛЫҚ ТҰРҒЫДА ЗЕРТТЕУ

Электр энергиясын өндіру және тарату негізінен кернеудің өзгеруінің қарапайымдылығына байланысты айнымалы токпен жүзеге асырылады. Алайда өндірілетін электр энергиясының едәуір бөлігі (30-35%) тұрақты токта, оның ішінде қашықтықтан беру үшін қолданылады.

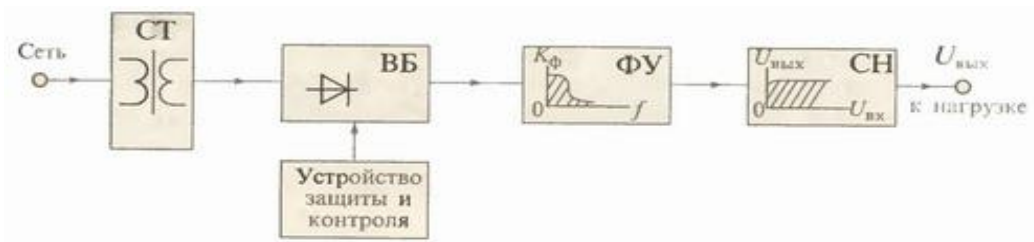
Түзеткіш-бұл айнымалы кернеуді тұрақты кернеуге түрлендіруге арналған электрлік құрылғы. Жартылай өткізгіш түзеткіштердің негізгі элементтері трансформатор мен клапандар болып табылады, олардың көмегімен жүктеме тізбегіндегі токтың біржақты ағымы қамтамасыз етіледі, нәтижесінде ауыспалы кернеу импульске айналады. Түзетілген кернеудің импульстарын тегістеу үшін түзеткіштің Шығыс қысқыштарына электр тегістейтін сүзгі қосылады. Тұтынушының түзетілген кернеуі мен тогын реттеу немесе тұрақтандыру үшін реттегіш немесе тұрақтандырғыш сүзгінің Шығыс қысқыштарына қосылады (тұрақтандырғышты түзеткіштің айнымалы жағында да қосуға болады) [37].

Түзеткіштің, сүзгінің, реттегіштің және тұрақтандырғыштың жеке элементтерінің жұмыс режимдері мен параметрлері Тұрақты ток тұтынушысының белгіленген жұмыс жағдайларына сәйкес келеді, сондықтан түзеткіш құрылғылар теориясының негізгі міндеті тұтынушының берілген жұмыс режиміне сәйкес тұрақтандырғыш, реттегіш, сүзгі элементтерінің электрлік параметрлерін анықтауға мүмкіндік беретін есептеу коэффициенттерін анықтауға дейін азаяды., сондай-ақ түзеткіштің клапандары мен трансформаторы, содан кейін таңдау бұл элементтерді каталог арқылы немесе қажет болған жағдайда есептеңіз [7], [12].

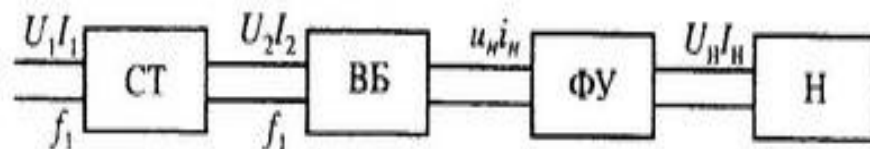
2.1 Түзеткіштердің құрылымдық схемасы және жіктелуі

Түзеткішті жалпыланған құрылымдық сұлба түрінде ұсынуға болады (2 - сурет) және ондағы кернеулер мен токтардың құрылымдық тізбегі (2.1 - сурет), оған мыналар кіреді:

- а) күштік трансформатор (СТ),
- б) вентильді блок (ДБ),
- в) сүзгі құрылғысы (f_u),
- г) кернеу тұрақтандырғышы (СН) кіруі мүмкін жүктеме тізбегі (Н) [25].



2 Сурет - Түзеткіштің жалпыланған құрылымдық сұлбасы



2.1 Сурет - Кернеулер мен токтары бар түзеткіштің құрылымдық тізбегі

Қуат трансформаторы түзеткіштің кіріс және шығыс кернеулерін үйлестіру үшін қолданылады. Трансформатор орамаларының әртүрлі түзету схемаларына сәйкес әртүрлі қосылыстары болуы мүмкін. U_2 трансформаторының қайталама орамасының кернеуі u_n (немесе U_d) түзетілген кернеудің мәнін анықтайды.

Трансформатор f_1 жиілігімен U_1, I_1 қоректендіру желісін және U_n, I_n (немесе U_d, I_d) жүктеме тізбегін бір уақытта гальваникалық ажыратуға мүмкіндік береді. Жақында жоғары жиілікте жұмыс істейтін және желінің кернеуін тікелей түзететін жоғары вольтты инверторларды жасау және шығару мүмкіндігіне байланысты трансформаторсыз түзету схемалары қолданылады, онда клапан блогы бастапқы қуат желісіне тікелей қосылады [31].

Клапан блогы трансформатордың тиісті фазасының екінші кернеуін тұрақты ток тізбегіне қосу арқылы айнымалы токты түзетеді. Клапан блогында, әдетте, жартылай өткізгіш диодтар немесе олардың негізіндегі жинақтар қолданылады. Клапан блогының шығысында тек қуат беру желісінің фазаларының санымен және таңдалған түзету схемасымен анықталатын жоғары пульсация деңгейі бар тұрақты кернеу алынады.

Сүзгі құрылғысы жүктеме тізбегіндегі түзетілген токтың қажетті деңгейін қамтамасыз етеді. F_u ретінде сериялы қосылған резистор немесе тегістейтін дроссель және параллель қосылған конденсаторлар қолданылады. Кейде ФУ күрделі схемаларға негізделген. Төмен қуатты түзеткіштерде резистор немесе дроссель орнату қажет емес [29].

Көп фазалы (көбінесе үш фазалы) түзету схемаларын қолданған кезде пульсация деңгейі табиғи түрде төмендейді және f_u жұмыс жағдайлары жеңілдейді.

Кернеу тұрақтандырғышы сыртқы әсерлерді азайтуға қызмет етеді, мысалы: қуат желісінің кернеуінің өзгеруі, температураның өзгеруі, жиілік және т. б [28].

2.1 Жартылай өткізгіш түзеткіштердің жіктелуі

Жартылай өткізгіш түзеткіштерді келесі сипаттамаларға сәйкес жіктеуге болады:

1) Шығу қуаты бойынша (қуаты аз - 600 Вт - қа дейін, қуаты орташа - 100 кВт-қа дейін және қуаты жоғары-100 кВт-тан астам);

2) көз фазаларының саны бойынша (бір фазалы, көп фазалы);

3) U_1 кернеуінің толық кезеңі үшін Трансформатордың қайталама орамасындағы ток ағысының жартылай кезеңдерінің санымен анықталатын түзеткіштің пульсілігі (p) бойынша;

4) қоректендіруші кернеу кезеңіндегі түзетілген кернеу қисығындағы U_2 таңбалық тұрақты импульстар саны бойынша:

а) жарты кезеңді;

б) екі жарты толқынды;

в) m -жартылай толқын.

Түзеткіштерді басқарылатын желдеткіштерге (тиристорлар, транзисторлар) – басқарылатын түзеткіштерге және басқарылмайтын желдеткіштерге (диодтарға) – басқарылмайтын түзеткіштерге салуға болады [46].

Түзеткішті пайдалану және есептеу үшін түзеткіштің шығысындағы жүктеме сипаты маңызды мәнге ие. Түзеткіштің келесі жұмыс режимдері бар:

а) белсенді жүктемеге;

б) белсенді-индуктивті жүктемеге;

в) белсенді-сыйымды жүктемеге;

Желіден тұтынылатын токтардың әртүрлі формалары және олардың ұзақтығы түзеткіштің жүктемесінің әртүрлі сипатында түзеткіштерді есептеу әдістері айтарлықтай ерекшеленетіндігіне әкеледі [47].

Түзеткішті есептеу түзету сұлбасын, диодтардың түрін таңдауға, трансформатор орамаларындағы электромагниттік жүктемелерді, диодтар мен тегістейтін сүзгі элементтерін, сондай-ақ энергия көрсеткіштерін анықтауға дейін азаяды.

Түзеткіш сұлбасын таңдау түзеткіш құрылғыға қойылатын талаптарға байланысты ескерілуі керек бірқатар факторларға байланысты. Оларға мыналар жатады:

- түзетілген кернеу мен қуаттың шамалары;

- түзетілген кернеудің пульсация жиілігі мен шамасы;

- диодтар саны және оларға кері кернеу шамасы;

- пайдалы әсер коэффициенті;
- қуат коэффициенті және басқа энергия көрсеткіштері [50].

Түзеткішті есептеу кезінде трансформаторды қуат тұрғысынан пайдалану коэффициенті де үлкен мәнге ие, ол келесідей анықталады:

$$K_a = \frac{P_d}{S_{\text{раб}}} = \frac{2U_d I_d}{U_1 I_1 + U_2 I_2} \quad (2)$$

2 формулада мұндағы U_d , I_d - түзетілген кернеу мен токтың орташа мәні, U_1 , I_1 - бастапқы кернеу мен токтың әсер етуші мәні, U_2 , I_2 - қайталама кернеу мен токтың әсер етуші мәні.

Трансформаторды пайдалану коэффициентінің жоғарылауымен түзеткіштің өлшемдері тұтастай азаяды және тиімділік артады [51].

2.2 Негізгі түзету сұлбалары

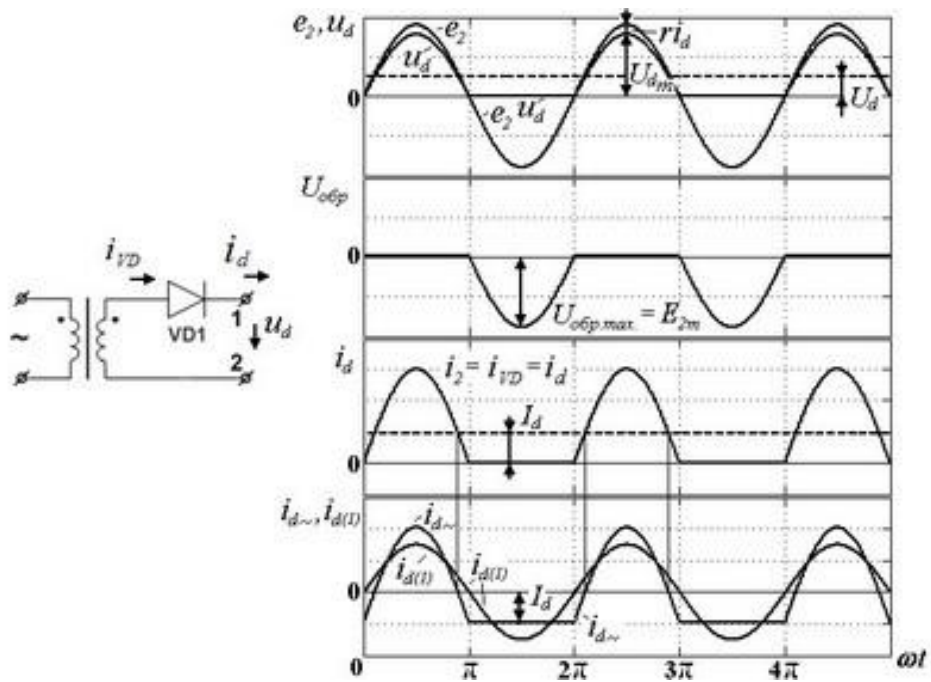
Бір фазалы қуат түзеткіштерінің сұлбалары негізінен тұрмыстық тұтынушыларды (тұрмыстық құрылғыларды) тамақтандыру үшін қолданылады және екі фазалық және нөлдік сымдар арқылы ток ағатын бір фазалы трансформаторларды пайдаланады. Мұндай түзеткіштердің трансформаторларының бастапқы және қайталама орамалары бір фазалы.

Бір фазалы, бір периодты сұлба [61].

Бірфазалы, бірпериодты сұлбаны (2.2 (а) сурет) әдетте бірнеше ондаған миллиамперге дейінгі токтарды түзету үшін және түзетілген кернеуді жоғары тегістеу қажет болмаған жағдайда қолданылады. Бұл схема трансформатордың төмен қуат коэффициентімен және түзетілген кернеудің үлкен импульстарымен сипатталады.

Трансформатор мен клапандағы шығындарды ескере отырып, бір периодты түзеткіштің белсенді жүктемедегі жұмысын түсіндіретін кернеу мен ток диаграммалары 2.2 (б) - суретте көрсетілген [47].

e_2 қайталама орамасының ЭМӨ әсерінен i_d жүктеме тізбегіндегі ток тек диод анодының катодқа қатысты оң потенциалы болған кезде ғана өтуі мүмкін. Диод i_{vd} тоғын бірінші жарты Толқынға, екінші жарты толқынға өткізеді, анодтың потенциалы теріс болған кезде тізбектегі ток нөлге тең болады. Түзетілген u_d кернеуі кез-келген уақытта e_2 қайталама орамасының ЭМӨ-нен аз болады, өйткені кернеудің бір бөлігі трансформатор мен ашық клапанның белсенді кедергісінде жоғалады (R кедергісімен ескеріледі). $U_{\text{обрmax}}$ клапанындағы максималды кері кернеу, 2.2 (б) - суретте көрсетілгендей, e_{2m} қайталама орамасының ЭМӨ амплитудасының мәніне жетеді [53].



2.2 Сурет - Бір фазалы, бір периодты түзету сұлбалары (а) және белсенді жүктеме кезінде ондағы кернеулер мен токтардың диаграммалары (б)

2.2 – суретте трансформатордың бастапқы ток диаграммасы, егер сіз магниттеу тогын елемейтін болсаңыз және одан бастапқы орамаға айналмайтын тұрақты i_d компонентін алып тастасаңыз, қайталама ток диаграммасына ұқсас. Трансформатордың өзегінде екінші реттік токтың тұрақты компонентіне байланысты өзекті қанықтыратын қосымша тұрақты магнит ағыны жасалады. Бұл құбылыс деп аталады-бұл тізбектің басты кемшілігі болып табылатын тұрақты ток компонентінің трансформатор өзегінің мәжбүрлі магниттелуі. Қанықтыру нәтижесінде трансформатордың магниттелетін тогы қалыпты магниттеу режиміндегі токпен салыстырғанда бірнеше есе артады. Магниттелетін токтың жоғарылауы бастапқы ораманың сым қимасының ұлғаюына әкеледі, нәтижесінде трансформатордың шамадан тыс мөлшері және тұтастай алғанда түзеткіштің өлшемдері болады [47].

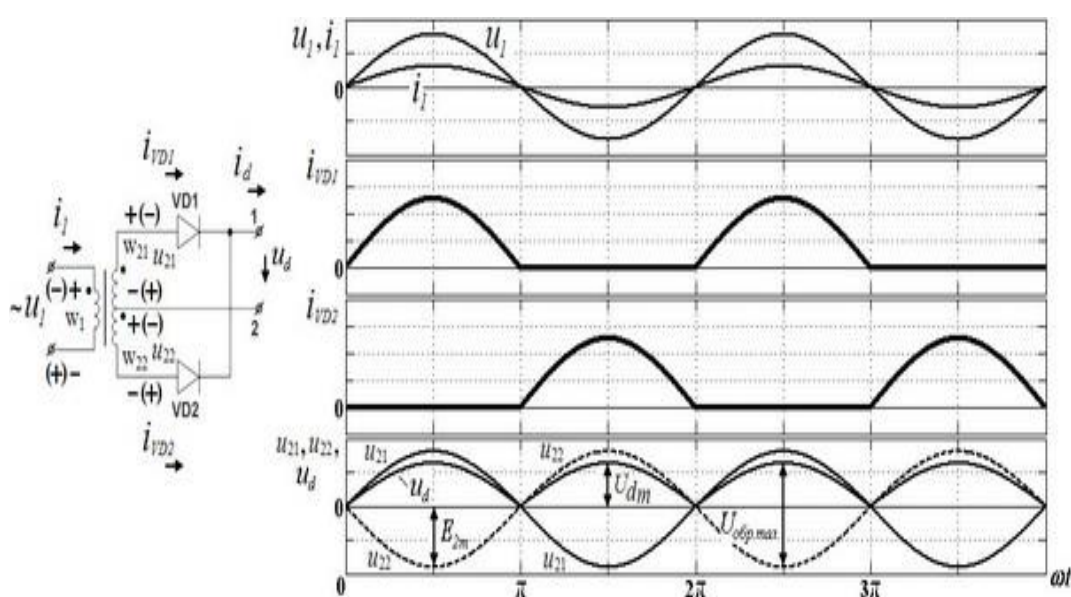
2.3 Орта нүктесі бар жартылай периодты сұлбасы (Миткевич сұлбасы)

Трансформатордың қайталама орамасының орташа (нөлдік) шығысы бар бір фазалы жартылай толқындық түзеткіш (сурет. 2.3 (а)) төмен вольтты құрылғыларда қолданылады. Бұл диодтардың санын екі есе азайтуға және осылайша шығындарды азайтуға мүмкіндік береді, бірақ трансформатордың

пайдалану коэффициенті төмен, сондықтан төменде қарастырылған бір фазалы көпір түзеткішімен салыстырғанда үлкен өлшемдер бар. Диодтардағы кері кернеу көпірге қарағанда осы тізбекте жоғары.

Бұл түзеткіштің қажетті элементі-екі қайталама орамасы бар трансформатор. Ортаңғы нүкте түзеткіші негізінен екі фазалы болып табылады, өйткені Орта нүктелі трансформатордың қайталама орамасы екі ЭҚК жасайды, олар бірдей, бірақ бағытта қарама-қарсы. Осылайша, орамалардың қосылу схемасы орта нүктеге қатысты қайталама орамалардың терминалдарындағы бірдей кернеулер 180° фазаға ауысады.

Трансформатор мен вентильдердегі шығындарды ескере отырып, белсенді жүктемеге орташа шығысы бар жартылай толқындық түзеткіштің жұмысын түсіндіретін кернеу мен ток диаграммалары 2.3 (б) - суретте көрсетілген [13].



2.3 Сурет - Орташа нүктемен (а) түзеудің екі жарты периодты схемасы және белсенді жүктемемен жұмыс кезінде ондағы кернеулер мен токтардың диаграммалары (б)

Трансформатордың қайталама орамалары VD_1 және VD_2 клапандарының анодтарына қосылған. W_{21} және W_{22} трансформаторларының қайталама орамаларындағы кернеулер антифазада болады. Сондықтан VD_1 және VD_2 тізбектерінің диодтары ток кернеуінің тиісті жарты толқынында кезектесіп ток өткізеді. Бірінші жарты циклде VD_1 диодының аноды оң потенциалға ие және i_{vd1} тогы ол арқылы өтеді, жүктеме және W_{21} трансформаторының екінші жартылай орамасы. Екінші жарты циклде VD_2 диодының аноды оң потенциалға ие, i_{vd2} тогы ол арқылы өтеді, жүктеме және W_{22} трансформатордың екінші жартылай орамасы, жүктеме тізбегінде i_d тогы бірінші жарты циклмен бірдей бағытта өтеді [37].

Осылайша, орта нүктелі түзеткіштегі қарапайым жарты толқындық түзеткіштен айырмашылығы, түзетілген ток айнымалы токтың екі жарты

толқынында да жүктеме арқылы өтеді, бірақ трансформатордың қайталама орамасының жартысы тек жартылай толқын кезінде ғана жүктеледі. Қарама-қарсы бағыттың нәтижесінде М.д. с. трансформатордың өзегінде i_{21} және i_{22} қайталама орамаларының тұрақты құраушы токтары мәжбүрлі магниттелмейді.

Орташа нүктесі бар жарты толқын тізбегінің мысалын қолдана отырып, белсенді жүктеме кезінде жоғалтпайтын түзеткіш үшін қуат трансформаторын пайдалану коэффициентін есептеуді қарастырыңыз.

U_d шығыс кернеуі осы тізбекте трансформатордың орташа (нөлдік) нүктесі мен екі клапанның катодтарының жалпы қосылу нүктесі арасында алынады. Жүктемедегі орташа кернеу

$$U_d = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2} U_2 \sin \omega t d\omega t = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2 (-\cos \omega t)_0^{\pi} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0.9 U_2 \quad (2.1)$$

2.1 формулада түзетілген кернеудің орташа мәні мен белсенді мән арасында синусоидалы токтың орташа және белсенді мәнін байланыстыратын бірдей қатынас бар [42].

Жүктеме арқылы токтың орташа мәні: $I_d = U_d / R_d$.

I_d тогы диодтар арқылы кезекпен өтетіндіктен, әр диод арқылы орташа ток болады:

$$I_{vd} = \frac{I_d}{2}, I_{VDmax} = \frac{\sqrt{2} U_2}{R_d} = \frac{\pi}{2} I_d \quad (2.2)$$

Кері кернеу басқа диодтың тогын өткізген кезде жабық диодқа қолданылады. Бұл тізбектегі жабық диодқа екінші жақтың Қос амплитудалық кернеуі барынша қолданылатындықтан, онда:

$$U_{обр.max} = 2\sqrt{2} U_2 \quad (2.3)$$

Түзеткішті есептеу кезінде U_d мәні берілген, сондықтан біз трансформатордың қайталама орамасындағы кернеудің тиімді мәнін табамыз:

$$U_2 = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} U_d = 1.11 U_d \quad (2.4)$$

Орта нүктесі бар жартылай периодты тізбектегі қуат бойынша трансформаторды пайдалану коэффициенті:

$$K_a = \frac{2P_d}{(1,74+1,23)P_d} = 0,675 \quad (2.5)$$

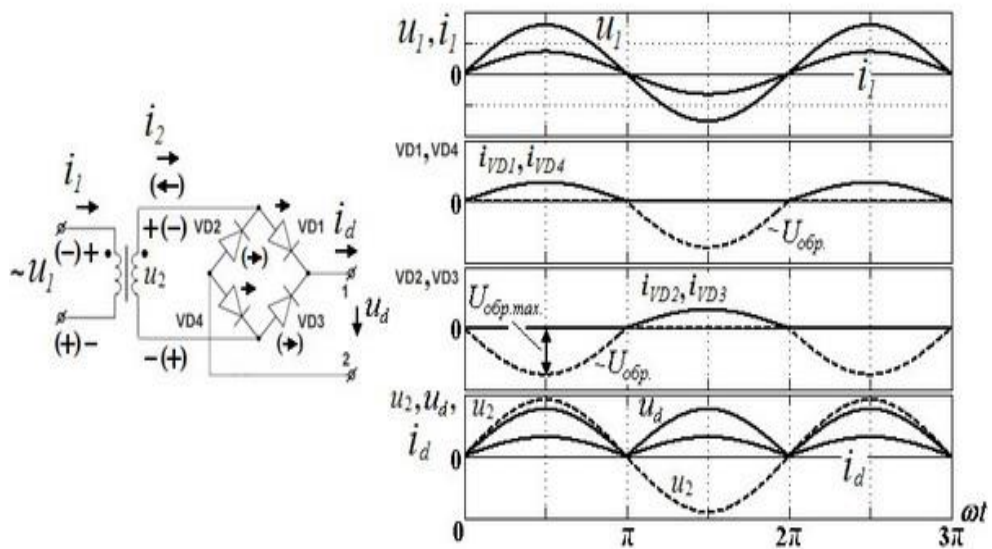
$$K_{\text{габ}} = \frac{(S_1 + S_2)}{2} = 1,48 P_d \quad (2.6)$$

2.6 – формуладан трансформатордың жалпы қуаты жүктемедегі қуаттан 1,48 есе орташа нүктесі бар жарты толқын тізбегінде екенін байқауға болады [43].

2.4 Көпір сұлбасы (Грец сұлбасы)

Мостылы сұлба (2.4 (а) - суретте) қуаты бойынша трансформаторды пайдаланудың жоғары коэффициентімен сипатталады, сондықтан ондағаннан жүздеген Вольтқа дейінгі шығу кернеулері кезінде жоғары қуатты құрылғыларда пайдалану үшін ұсынылуы мүмкін; пульсациялар алдыңғы схемадағыдай. Шын мәнінде, әр жарты циклдегі көпір тізбегінің жұмысы трансформатордың ортаңғы нүктесі бар тізбектен еш айырмашылығы жоқ, тек осы жерде бір клапан емес, екі клапан қатарға қосылады және әр жарты цикл үшін қайталама ораманың жеке жартысы пайдаланылмайды, бірақ бір орам, бұл трансформатордың тиімділігін арттырады. Артықшылықтары-диодтардағы кері кернеу 2 есе аз, өлшемдері кішірек, трансформаторды пайдалану коэффициенті орташа нүктесі бар тізбекке қарағанда жоғары. Кемшілігі-диодтарда кернеудің төмендеуі 2 есе көп.

Трансформатор мен вентильдердегі шығындарды ескере отырып, бір фазалы көпір түзеткішінің белсенді жүктемеге жұмысын түсіндіретін кернеу мен ток диаграммалары 2.4, б. суретте көрсетілген. Таза белсенді жүктеме кезіндегі U_d шығыс кернеуі, трансформатордың ортаңғы нүктесінің шығысы бар тізбектегідей, U_2 кернеуінің бір полярлы жартылай толқындары түрінде болады (сурет.2.4, б). Бұл VD_1 , VD_4 және VD_2 , VD_3 диодтарын кезекпен ашу нәтижесінде алынады. VD_1 және VD_4 диодтары оң полярлықтың u_2 кернеуінің жартылай толқынында ашық (2.4 - суретте көрсетілген және жақшасыз), трансформатордың қайталама орамасының жүктемемен байланысын қамтамасыз етеді және U_2 кернеуімен бірдей полярлықтың U_d кернеуін жасайды. Теріс полярлықтың U_2 кернеуінің жарты толқынында (2.6 суретте көрсетілген) VD_2 және VD_3 диодтары ашық, U_2 кернеуін алдыңғы интервалмен бірдей полярлықпен жүктемеге қосады [59].



2.4 Сурет - Түзетудің бір фазалы көпір сұлбасы, (а) және белсенді жүктеме кезінде ондағы кернеулер мен токтардың диаграммалары (б)

Шығынсыз түзеткіштер үшін u_d қисықтарының ұқсастығына байланысты (көпірлі және ортаңғы нүктесі бар) түзетілген U_d кернеуі мен U_2 кернеуінің қолданыстағы мәні арасындағы бірдей қатынастар жарамды.

$$U_d = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0.9 U_2 \quad (2.7)$$

$$U_2 = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} U_d = 1.11 U_d \quad (2.8)$$

I_d тогы диод жұптары арасында тең бөлінеді және әр диодтың тогы алдыңғы схемадағыдай анықталады.

Кері кернеу басқа екі диодтың өткізгіштік интервалында бір уақытта екі өткізгіш емес диодқа қолданылады және оның максималды мәні U_2 кернеуінің амплитудалық мәнімен анықталады.

$$U_{обр.max} = \sqrt{2} U_2 = \frac{\pi}{2} U_d \quad (2.9)$$

Жүктемедегі ток айнымалы кернеудің екі жарты толқынында да, синусоидалы трансформатордың қайталама орамасындағы ток сияқты жүреді. Трансформатордың қайталама орамасының ағымдағы мәні:

$$I_2 = \frac{U_2}{R_d} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} * \frac{U_d}{R_d} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} I_d \quad (2.10)$$

2.10 – формула бұл орташа нүктесі бар тізбектен айырмашылығы, мұндағы I_2 тогы пульсирленген емес, синусоидалы болады [60].

2.6 Үш фазалы түзеткіштер

Үш фазалы қуат түзеткішінің тізбегі негізінен орташа және жоғары қуатты тұтынушыларды қуаттандыру үшін қолданылады.

Мұндай түзеткіштердің трансформаторларының бастапқы орамасы үш фазадан тұрады және жұлдызға немесе үшбұрышқа қосылады. Трансформатордың қайталама орамасы (бірнеше болуы мүмкін), сонымен қатар үш фазалы. Екінші ретті және бүкіл түзеткішті қосудың арнайы схемаларын қолдана отырып, сіз үшке көбейтілген кезеңдегі импульстар саны бар түзетілген кернеуді ала аласыз. Түзетілген кернеудегі пульсациялар санының өсуімен сүзгілердің тегістейтін элементтерінің жалпы өлшемдері едәуір қысқарады немесе оларға қажеттілік мүлдем жоғалады. Үш фазалы қуат түзеткіштері үш фазалы ток желісін біркелкі жүктейді және трансформаторды қолданудың жоғары коэффициентімен сипатталады [57].

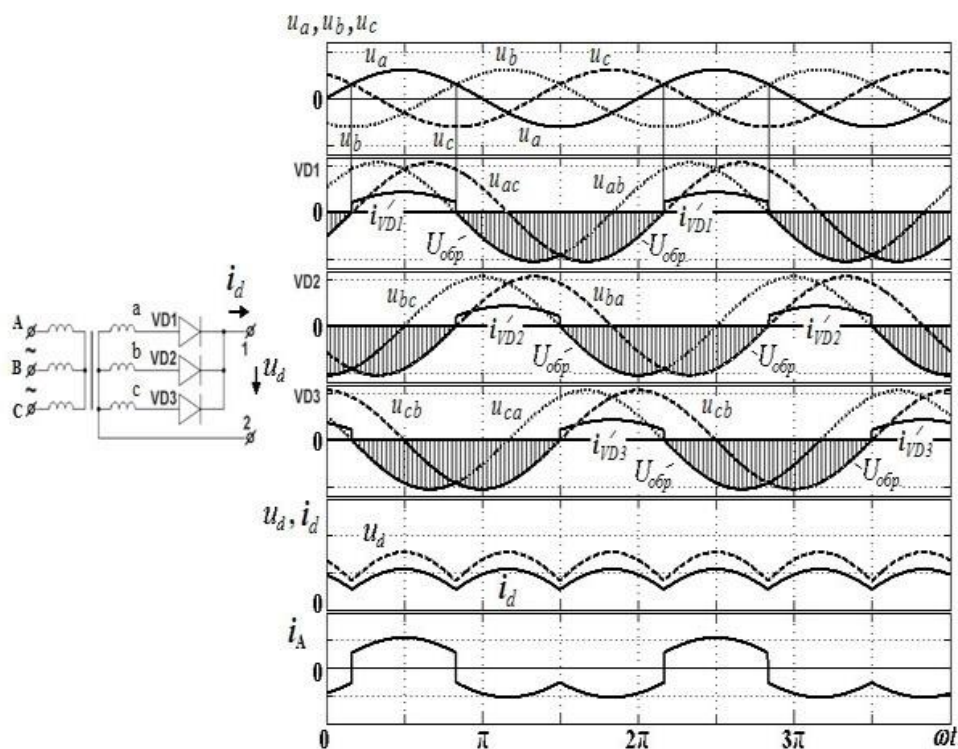
Орташа (нөлдік) нүктесі бар үш фазалы түзеткіштің схемасына жұлдызға қосылған қайталама орамалары бар трансформатор кіреді. Екінші реттік орамалардың тұжырымдары үш клапанның анодтарымен байланысты. Жүктеме клапандардың катодтарының жалпы қосылу нүктесіне және қайталама орамалардың орташа шығуына қосылады (2.5 (а) - сурет).

2.5 (б) - суретте белсенді жүктеме үшін орташа нүктесі бар идеализацияланған үш фазалы түзеткіштің жұмысын түсіндіретін кернеу мен ток диаграммалары келтірілген. Идеализацияланған сұлбада трансформатор орамаларының шашырауының индуктивтілігін ескерместен және клапандарды идеалды деп санай отырып, токтардың ауысуы, яғни токтың бір клапаннан екінші клапанға ауысуы лезде өтеді және кез-келген уақытта ток тек бір клапанды өткізеді, оның аноды жоғары әлеуетке ие.

Орташа нүктесі бар үш фазалы түзеткіш тізбегінде жүктеме тогы трансформатордың қайталама орамасының фазалық кернеуінің әсерінен жасалады. Қуат кернеуі кезеңінде бір полярлы ток әр қайталама орам арқылы бір рет ағып кетеді, ал әр клапанның өткізгіштік аралығы $2\pi/3$ (120°) құрайды. Ашық клапан тиісті фазаның кернеуін жүктемеге қосады. Нәтижесінде ud бірполярлы импульсті кернеу жүктемеде әрекет етеді, бұл қайталама орамалардың фазалық кернеулерінің бөліктері және кезең ішінде үш реттік пульсация бар.

Сұлбаның артықшылықтары: диодтардың аз саны және сәйкесінше олардағы кернеудің аз төмендеуі, сондықтан оны жоғары қуаттылықта (500 Вт – тан жоғары) төмен кернеулерді түзету үшін қолдануға болады; түзетілген кернеудің жоғары жиілігі-бұл электр желісінің үш жиілігі, бұл кейбір жағдайларда бұл тізбекті сүзгісіз пайдалануға мүмкіндік береді.

Кемшіліктері: диодтардағы айтарлықтай кері кернеу, магниттік тізбектің магниттелу құбылысына байланысты трансформаторды қолданудың төмен коэффициенті [61].



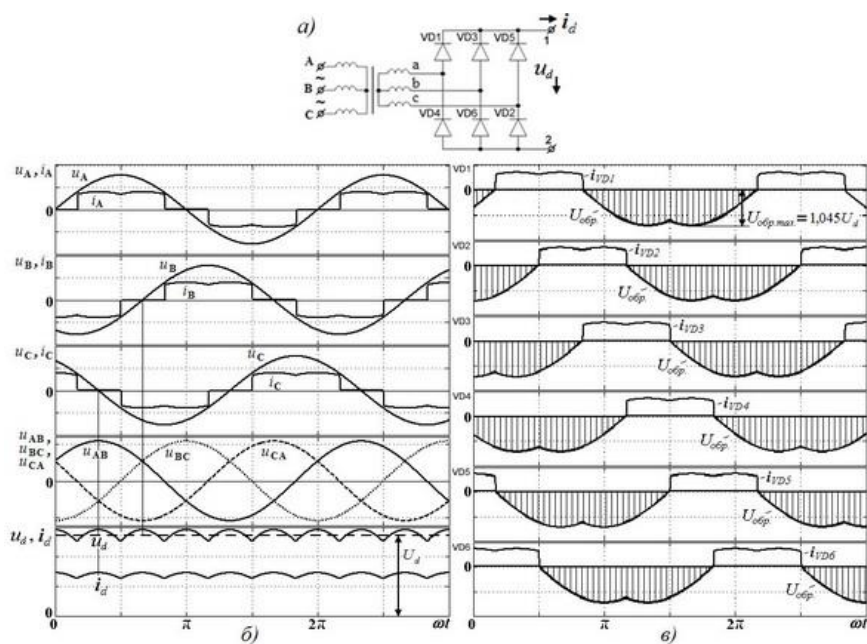
2.5 Сурет - Үш фазалы нөлдік түзету сұлбасы(жұлдыз-жұлдыз) (а) және белсенді жүктеме кезінде ондағы кернеулер мен токтардың диаграммалары (б)

2.7 Үш фазалы көпір сұлбасы (Ларионов сұлбасы)

Мостылы сұлба (2.6 (а) - сурет) трансформаторды ең жақсы қуат коэффициентіне, диодтардағы ең аз кері кернеуге және түзетілген кернеудің жоғары импульсіне (алты импульсті) ие, бұл кейбір жағдайларда бұл тізбекті сүзгісіз пайдалануға мүмкіндік береді. Сұлба түзетілген кернеулер мен қуаттардың кең ауқымында қолданылады.

Үш фазалы көпір түзеткішінің сұлбасында екі үш фазалы топ тізбектелген алты клапаннан тұратын түзеткіш көпір бар. Төменгі топта клапандар катодтармен (катод тобы), ал жоғарғы топта – анодтармен (анод тобы) қосылады. Жүктеме клапандардың катодтары мен анодтарының қосылу нүктелері арасында қосылады. Сұлба трансформатордың бастапқы және екінші орамаларын жұлдыз немесе үшбұрыш арқылы қосуға мүмкіндік береді.

2.6 (б, в) - суретте идеализацияланған үш фазалы көпір түзеткішінің жұмысын түсіндіретін кернеу мен ток диаграммалары көрсетілген [28].



2.6 Сурет - Түзеудің үш фазалы көпір сұлбасы (Ларионов сұлбасы) (а) және белсенді жүктемемен жұмыс істеу кезіндегі кернеулер мен токтардың диаграммалары (б, в)

Түзеткіштің екі тобының әрқайсысы үш фазалы түзеткіштің жұмысын орта нүктемен қайталайды, сондықтан U_2 трансформаторының қайталама орамасының бірдей кернеу мәні U_2 үш фазалы түзеткіштегі орташа нүкте сияқты, берілген түзеткіштің u_d түзеткішінің орташа түзетілген кернеуі екі есе көп болады немесе керісінше, U_d мәні бірдей U_2 мәні екі есе аз болады.

Орташа нүктесі бар үш фазалы түзеткіш тізбегінде жүктеме тогы трансформатордың қайталама орамасының фазалық кернеуінің әсерінен, ал көпір тізбегінде – сызықтық кернеудің әсерінен пайда болады. Мұндағы жүктеме тогы екі клапан арқылы өтеді: біреуі – катод тобының трансформаторының нөлдік нүктесіне қатысты анодтың ең жоғары потенциалы, екіншісі – анод тобының катодтың ең төменгі потенциалы. Басқаша айтқанда, түзеткіш көпірдің екі қиылысқан клапандары өткізгіш күйде болады, олардың арасында ең үлкен сызықтық кернеу өткізгіш бағытта әрекет етеді [64].

Қуат кернеуі кезеңінде клапандардың алты ауысуы орын алады және тізбек алты циклде жұмыс істейді, сондықтан оны көбінесе алты цикл деп атайды. Сонымен, түзетілген кернеу алты есе пульсацияға ие, дегенмен әр клапанның өткізгіштік бұрышы орташа нүктесі бар үш фазалы тізбекпен бірдей, яғни $2\pi/3$ (120°). Бұл жағдайда екі клапанның бірлескен жұмысының интервалы $\pi/3$ (60°) құрайды.

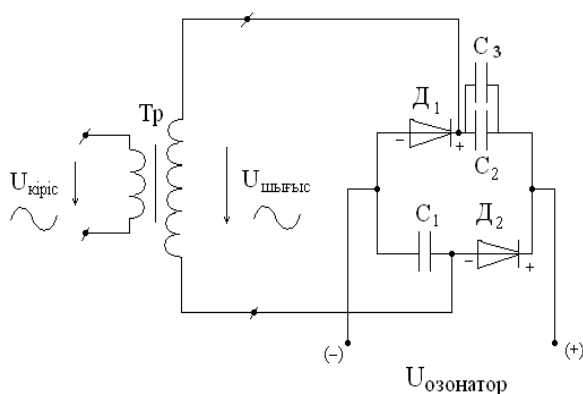
Трансформатордың қайталама орамасының ток қисығы осы фазаға қосылған екі клапанның токтарымен анықталады. Клапандардың бірі анод тобына, екіншісі катод тобына кіреді. Екінші ток-берілген фазаның екі клапаны жабылған кезде $\pi/3$ (60°) импульстар арасындағы кідіріспен айнымалы. Қайталама токтағы тұрақты компонент жоқ, сондықтан көпір

тізбегіндегі трансформатордың магниттік тізбегінің мәжбүрлі магниттелу ағыны жасалмайды [37].

2.8 Тәжіленуші электродқа түсетін кернеудің (периодты синусоидалы емес кернеу) шамасын теориялық тұрғыда зерттеу

Озонатордағы тәжіленуші оң және теріс полюсті электродтар айналасында тәжі – разряд тудыру үшін жоғарғы кернеу қажет. Ол үшін тораптан келіп тұрған кернеудің (220 В) шамасын бірнеше киловольт (21,7 кВ) шамасына көтеру үшін кернеу ұлғайтқыштың электрлік сұлбасы жасалынды. Жоғарғы кернеу түрлендіруге арналған генератордың электрлік сұлбасы төмендегі 2.7- суретте келтірілген.

Генератордың құрылысы өте қарапайым мұнда сыйымдылығы 0,1 мкФ К75 типтес жоғары вольтті үш конденсатор, КЦ201Е типтес жоғары вольтті екі диод және ТГМ 1020 УХЛ1 - типтес жоғарлатқыш трансформатор қолданылды. Сұлбаның жұмыс істеу қағидасы мынадай: тораптан келіп тұрған 220 В кернеуді жоғарлатқыш трансформатор көмегімен 10 кВ-қа ұлғайтып алып, жартылай өткізгіш көпірлі сұлба арқылы кернеу тағы 2,17-есе шамасына дейін көтеріледі.



а)

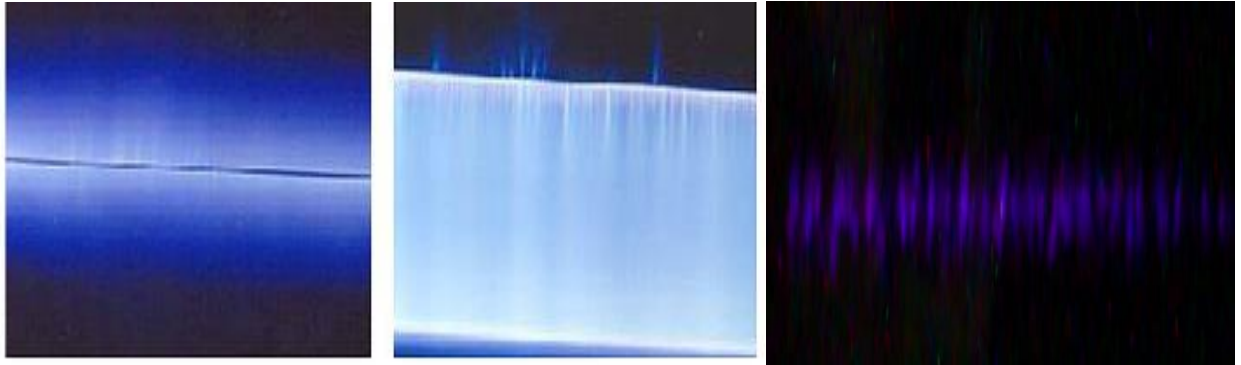
б)

2.7 Сурет - Жоғарғы кернеуге түрлендіруге арналған генератордың электрлік сұлбасы (а) мен фотосуреті (б)

$$U_{\text{озонатор}} = 2.17 * U_{\text{шығыс}} \quad (2.11)$$

Көтерілген кернеудің оң және теріс полюсті тәжіленуші электродқа келетін шамасы 21,7 кВ төңірегінде болады. Осы кезде озонатор ішіндегі

электродтар арасында тәжі разряд пайда болады. Оның физикалық бейнесін төмендегі 2.8 - суреттен байқауға болады. Разрядтың бұл түрі ток көзінің қуаты, доғалық немесе солғын разрядты жалғастыруға жетпеген жағдайда пайда болады [63].



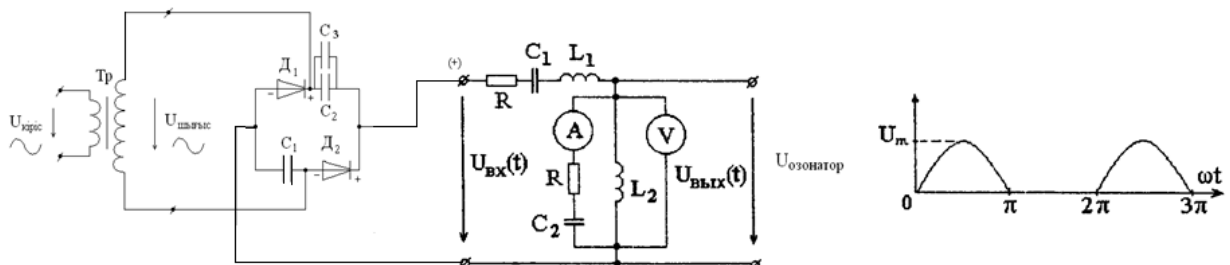
2.8 Сурет - Тәжі разрядтың физикалық бейнесі

Өрістің осындай жоғарғы кернеуінің әсерінен электродтар арасында азғантай электр тоғы пайда болып газ разряды жүреді. Ал тоқтың шамасы $10^{-6} - 10^{-3}$ А – ге тең.

Озонатордың шығысындағы озонның концентрациясын көп мөлшерде алу үшін электродтарға келетін кернеудің шамасы жоғары болғаны дұрыс [4].

2.9 Кіріс кернеуді $u(t)$ Фурье қатарына жіктеу

Еселегіш сұлбанын параметрлері келесідей: $f = 300$ Гц; $\omega = 1884$ с $^{-1}$; $L_1 = 0,02$ Гн; $L_2 = 0,002$ Гн; $R = 90$ Ом; $C_1 = 10$ мкФ = $10 \cdot 10^{-6}$ Ф; $C_2 = 50$ мкФ = $50 \cdot 10^{-6}$ Ф; $U_m = 110$ В.



2.9 Сурет - Периодты синусоидалы емес кернеуге қосылған сызықты электр тізбегі

$$U(t) = \begin{cases} |U_m \sin \omega t|, & 0 < \omega t < \pi; \\ 0, & \pi < \omega t < 2\pi. \end{cases} \quad (2.12)$$

2.12 формуладан Фурье қатарының мүшелерін табу үшін келесі формуланы қолданамыз:

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n \omega t + b_n \sin n \omega t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(n \omega t - \varphi_n), \quad (2.13)$$

2.13 формула бойынша мұндағы функцияның периодтағы орташа мәні немесе нөлдік гармоникалық деп аталатын тұрақты компонент;

$$A_0 = \frac{a_0}{2} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) dt; \quad (2.14)$$

2.14 формулаға сәйкесінше косинус және синусоидалы құрамдастардың амплитудаларын келесідей есептеуге болады:

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) \cos n \omega t dt, \quad (2.15)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) \sin n \omega t dt;$$

спектрдің n-ші гармоникасының амплитудасы:

$$A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}; \quad (2.16)$$

n-гармониканың бастапқы фазасы:

$$\varphi_n = \arctg \frac{b_n}{a_n}; \quad (2.17)$$

бірінші гармониканың бұрыштық жиілігі:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}; \quad (2.18)$$

2.18 формула бойынша мұндағы:

f – спектрдің бірінші гармоникасының немесе негізгі жиіліктің циклдік жиілігі,

T – $f(t)$ функциясының қайталану периоды,

t_0 - кез келген ерікті түрде таңдалған уақыт моменті (әдетте $t_0 = 0$),

$n = 1, 2, 3, \dots$ – гармоникалық сан.

DC (нөлдік гармоникалық).

$$U_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u(\omega t) d\omega t = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi U_m \sin \omega t d\omega t = \frac{-U_m \cos \omega t}{2\pi} \Big|_0^\pi = \frac{U_m}{\pi}. \quad (2.19)$$

Кіріс кернеуінің алғашқы бес гармоникасына таралуы:

$$\begin{aligned} U_{dx}(t) \approx U_0 + u^{(1)}(t) + u^{(2)}(t) + u^{(4)}(t) + u^{(6)}(t) &= \frac{U_m}{\pi} + \frac{U_m}{2} \sin \omega t + \\ \left(-\frac{2U_m}{3\pi}\right) \cos 2\omega t + \left(-\frac{2U_m}{15\pi}\right) \cos 4\omega t + \left(-\frac{2U_m}{35\pi}\right) \cos 6\omega t &= \frac{U_m}{\pi} + \frac{U_m}{2} \sin \omega t + \\ + \frac{2U_m}{3\pi} \sin\left(2\omega t - \frac{\pi}{2}\right) + \frac{2U_m}{15\pi} \sin\left(4\omega t - \frac{\pi}{2}\right) + \frac{2U_m}{35\pi} \sin\left(6\omega t - \frac{\pi}{2}\right). & \quad (2.20) \end{aligned}$$

Әр гармониканың кешенді кедергісі:

$$\begin{aligned} Z_{dx}^{(0)} &= \infty; I_1^{(0)} = I_2^{(0)} = I_3^{(0)} = 0 \\ Z_{dx}^{(k)} &= R + j\left(k\omega L_1 - \frac{1}{k\omega C_1}\right) + \frac{jk\omega L_2 * (R - j\frac{1}{k\omega C_2})}{jk\omega L_2 + (R - j\frac{1}{k\omega C_2})}; \\ Z_{dx}^{(1)} &= 90,157 - j11,568 \text{ Ом} = 90,896 * e^{j7,31} \text{ Ом}; \\ Z_{dx}^{(2)} &= 90,631 + j56,399 \text{ Ом} = 106,747 * e^{j31,89} \text{ Ом}; \\ Z_{dx}^{(4)} &= 92,479 + j152,275 \text{ Ом} = 178,158 * e^{j58,73} \text{ Ом}; \\ Z_{dx}^{(6)} &= 95,396 + j238,728 \text{ Ом} = 257,083 * e^{j68,22} \text{ Ом}. \quad (2.21) \end{aligned}$$

Әр гармониканың кешенді тогы:

$$\begin{aligned}
 I_{1m}^{(1)} &= \frac{U_m^{(1)}}{Z^{(1)}} = \frac{U_m}{2} = \frac{55}{90,896 * e^{-j7,31}} = 0,6051 * e^{j7,31} \text{ A}; \\
 I_{1m}^{(2)} &= \frac{U_m^{(2)}}{Z^{(2)}} = \frac{\frac{2U_m}{3\pi} * e^{-j90}}{Z^{(2)}} = \frac{23,343 * e^{-j90}}{106,747 * e^{j31,89}} = 0,2187 * e^{-j121,89} \text{ A}; \\
 I_{1m}^{(4)} &= \frac{U_m^{(4)}}{Z^{(4)}} = \frac{\frac{2U_m}{15\pi} * e^{-j90}}{Z^{(4)}} = \frac{4,669 * e^{-j90}}{178,158 * e^{j58,73}} = 0,0262 * e^{-j148,73} \text{ A}; \\
 I_{1m}^{(6)} &= \frac{U_m^{(6)}}{Z^{(6)}} = \frac{\frac{2U_m}{35\pi} * e^{-j90}}{Z^{(6)}} = \frac{2,001 * e^{-j90}}{257,083 * e^{j68,22}} = 0,0078 * e^{-j158,22} \text{ A}; \quad (2.22)
 \end{aligned}$$

Токтың таралу формуласына сәйкес индуктивтік арқылы өтетін ток гармоникасы (ток бөлгіш):

$$\begin{aligned}
 I_{2m}^{(1)} &= I_{1m}^{(1)} * \frac{R - jX_{C2}^{(1)}}{R + j(X_{L2}^{(1)} - X_{C2}^{(1)})} = 0,6075 * e^{j4,93} \text{ A}; \\
 I_{2m}^{(2)} &= I_{1m}^{(2)} * \frac{R - jX_{C2}^{(2)}}{R + j(X_{L2}^{(2)} - X_{C2}^{(2)})} = 0,2190 * e^{-j126,69} \text{ A}; \\
 I_{2m}^{(4)} &= I_{1m}^{(4)} * \frac{R - jX_{C2}^{(4)}}{R + j(X_{L2}^{(4)} - X_{C2}^{(4)})} = 0,0260 * e^{-j158,28} \text{ A}; \\
 I_{2m}^{(6)} &= I_{1m}^{(6)} * \frac{R - jX_{C2}^{(6)}}{R + j(X_{L2}^{(6)} - X_{C2}^{(6)})} = 0,0076 * e^{-j172,39} \text{ A}; \quad (2.23)
 \end{aligned}$$

Токтың таралу формуласына сәйкес сыйымдылық арқылы өтетін ток гармоникасы (ток бөлгіш):

$$\begin{aligned}
 I_{3m}^{(1)} &= I_{1m}^{(1)} * \frac{jX_{L2}^{(1)}}{R + j(X_{L2}^{(1)} - X_{C2}^{(1)})} = 0,0253 * e^{j101,66} \text{ A}; \\
 I_{3m}^{(2)} &= I_{1m}^{(2)} * \frac{jX_{L2}^{(2)}}{R + j(X_{L2}^{(2)} - X_{C2}^{(2)})} = 0,0183 * e^{j33,32} \text{ A}; \\
 I_{3m}^{(4)} &= I_{1m}^{(4)} * \frac{jX_{L2}^{(4)}}{R + j(X_{L2}^{(4)} - X_{C2}^{(4)})} = 0,0043 * e^{-j66,59} \text{ A}; \\
 I_{3m}^{(6)} &= I_{1m}^{(6)} * \frac{jX_{L2}^{(6)}}{R + j(X_{L2}^{(6)} - X_{C2}^{(6)})} = 0,0019 * e^{-j81,26} \text{ A}; \quad (2.24)
 \end{aligned}$$

Тізбек тармақтарындағы токтардың лездік мәндері:

$$i_1(t) = 0,605 \sin(\omega t + 7,3^\circ) + 0,219 \sin(2\omega t - 121,9^\circ) + 0,026 \sin(4\omega t - 148,7^\circ) + 0,0078 \sin(6\omega t - 158,2^\circ) \text{ A};$$

$$i_2(t) = 0,608 \sin(\omega t + 4,9^\circ) + 0,219 \sin(2\omega t - 126,7^\circ) + 0,026 \sin(4\omega t - 158,3^\circ) + 0,0078 \sin(6\omega t - 172,4^\circ) \text{ A};$$

$$i_3(t) = 0,0253 \sin(\omega t + 101,7^\circ) + 0,0183 \sin(2\omega t - 33,3^\circ) + 0,0043 \sin(4\omega t - 66,6^\circ) + 0,0019 \sin(6\omega t - 81,3^\circ) \text{ A.} \quad (2.25)$$

Амплитудалық кернеудің кешенді мәні

$$U_{\text{шығу } m}^{(0)} = U_{L2m}^{(0)} = 0;$$

$$U_{\text{шығу } m}^{(1)} = U_{L2m}^{(1)} = jX_{L2m}^{(1)} * I_{2m}^{(1)} = j1885 * 0,002 * 0,6075 * e^{j4,93} = 2,290 * e^{j94,93} \text{ B};$$

$$U_{\text{шығу } m}^{(2)} = U_{L2m}^{(2)} = jX_{L2m}^{(2)} * I_{2m}^{(2)} = j2 * 1885 * 0,002 * 0,2190 * e^{-j126,69} = 1,651 * e^{-j36,69} \text{ B};$$

$$U_{\text{шығу } m}^{(4)} = U_{L2m}^{(4)} = jX_{L2m}^{(4)} * I_{2m}^{(4)} = j4 * 1885 * 0,002 * 0,0260 * e^{-j158,28} = 0,392 * e^{-j68,28} \text{ B};$$

$$U_{\text{шығу } m}^{(6)} = U_{L2m}^{(6)} = jX_{L2m}^{(6)} * I_{2m}^{(6)} = j6 * 1885 * 0,002 * 0,0076 * e^{-j172,39} = 0,172 * e^{-j82,39} \text{ B}; \quad (2.26)$$

Электродинамикалық амперметр мен вольтметрдің көрсеткіші:

$$I_A = \frac{\sqrt{[I_{3m}^{(1)}]^2 + [I_{3m}^{(2)}]^2 + [I_{3m}^{(4)}]^2 + [I_{3m}^{(6)}]^2}}{2} = 0,022 \text{ A};$$

$$U_V = \frac{\sqrt{[U_{L2m}^{(1)}]^2 + [U_{L2m}^{(2)}]^2 + [U_{L2m}^{(4)}]^2 + [U_{L2m}^{(6)}]^2}}{2} = 2,02 \text{ B.} \quad (2.27)$$

Торалтан келіп тұрған активті қуатты келесідей есептейміз:

$$P_{ист} = P_{ист}^{(0)} + P_{ист}^{(1)} + P_{ист}^{(2)} + P_{ист}^{(4)} + P_{ист}^{(6)} = U_0 I_1^{(0)} + U^{(1)} I_1^{(1)} \cos \varphi^1 + \\ + U^{(2)} I_1^{(2)} \cos \varphi^2 + U^{(4)} I_1^{(4)} \cos \varphi^4 + U^{(6)} I_1^{(6)} \cos \varphi^6 = 0 + 16,5 + 2,17 + 0,03 + 0,003 \\ = 18,7 \text{ Вт.} \quad (2.28)$$

Ток пен кернеу гармоникасы арасындағы фазалық ығысу:

$$\varphi^{(k)} = \varphi_{U_{кіру}}^{(k)} - \varphi_{I_1}^{(k)}. \quad (2.29)$$

Жүктемедегі активті қуат:

$$P_{нагр} = I_1^2 * R + I_2^3 * R = 0,455^2 * 90 + 0,022^2 * 90 = 18,7 \text{ Вт.} \quad (2.30)$$

Мұндағы токтың әсерлік мәні:

$$I_1 = \sqrt{I_1^{(0)} + I_1^{(1)} + I_1^{(2)} + I_1^{(4)} + I_1^{(6)}} = 0,455 \text{ А;} \\ I_3 = I_A = 0,022 \text{ А.} \quad (2.31)$$

Сонда қуаттар балансы келесідей:

$$P_{ист} = P_{нагр} = 18,7 \text{ Вт.} \quad (2.32)$$

Кіріс кернеудің әсерлік мәні:

$$U = \sqrt{U_0^2 + [U^{(1)}]^2 + [U^{(2)}]^2 + \dots + [U^{(k)}]^2 + \dots} \approx \\ \approx \sqrt{U_0^2 + [U^{(1)}]^2 + [U^{(2)}]^2 + [U^{(4)}]^2 + [U^{(6)}]^2} = \\ \sqrt{U_0^2 + \frac{[U_m^{(1)}]^2 + [U_m^{(2)}]^2 + [U_m^{(4)}]^2 + [U_m^{(6)}]^2}{2}} = \\ \sqrt{35,014^2 + \frac{55^2 + 23,343^2 + 4,669^2 + 2,001^2}{2}} = 54,99 \text{ В.} \quad (2.33)$$

2.11 Тәжіленуші электродқа келіп тұрған кернеудің формасын тәжірибе жүзінде анықтау

Пішіндік коэффициенті:

$$k_{\phi} = \frac{U}{U_c} = \frac{55,0}{35,0} = 1,57; \quad (2.34)$$

Амплитудалық коэффициенті:

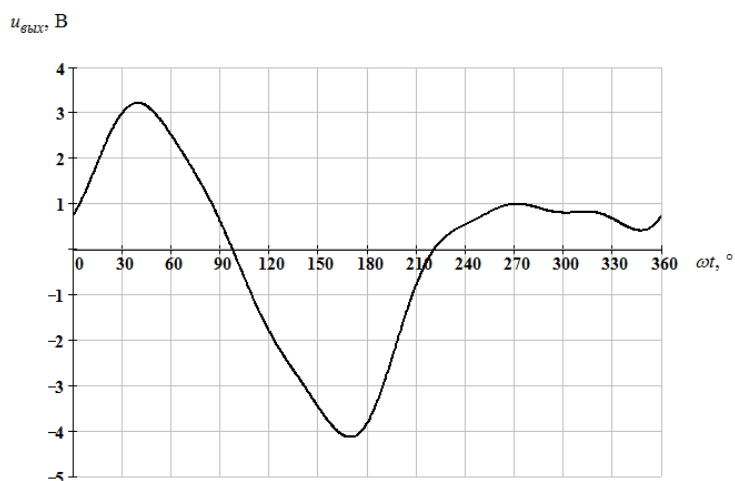
$$k_a = \frac{U_{max}}{U} = \frac{110}{55} = 2; \quad (2.35)$$

Бұрмалау коэффициенті:

$$k_U = \frac{U^{(1)}}{U} = \frac{\frac{U_m^{(1)}}{\sqrt{2}}}{U} = \frac{38,9}{55,0} = 0,707. \quad (2.36)$$

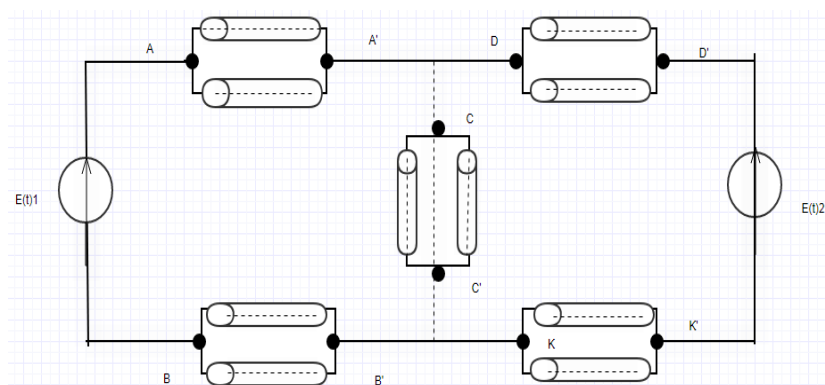
Алынған шығыс кернеуінің аналитикалық өрнегіне сәйкес оның өзгеру графигін MatLAB бағдарламасы көмегі арқылы саламыз.

$$U_{шығыс}(t) = 2,290\sin(\omega t + 94,9^\circ) + 1,651\sin(2\omega t - 36,7^\circ) + 0,392\sin(4\omega t - 68,3^\circ) + 0,172\sin(6\omega t - 82,4^\circ) \text{ В.} \quad (2.37)$$



2.10 Сурет – Синусоидалы емес периодты шығыс кернеуінің графигі

Бахтаев теоремасы бойынша:



2.11 Сурет – Озонатор қондырғысының құрылымдық сұлбасы

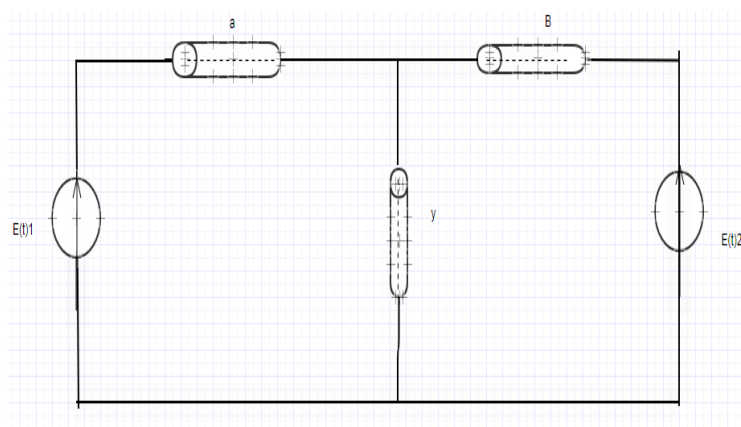
Егер құрылымдық сұлбадағы түтіктің материалы мен геометриялық өлшемі өзара тең болса, онда $E(t)_1$ және $E(t)_2$ жоғарғы жиілікті генератордың әсерінен туындайтын $G_{(O_3)}$ – озонның концентрациясын былай теориялық тұрғыда есептеуге болады. Ол үшін сұлбаны ықшамдап аламыз.

$$\frac{A * A'}{A + A'} + \frac{B * B'}{B + B'} = \alpha$$

$$\frac{c * c'}{c + c'} = \beta$$

$$\frac{D * D'}{D + D'} + \frac{K * K'}{K + K'} = \gamma$$
(2.23)

2.38 – өрнектен 2.12-суреттегі құрылымдық сұлбаны келесідей ықшамдауға болады:



2.12 Сурет – ЭТРО-03 қондырғысының ықшамдалған сұлбасы

2.38 өрнектен келесідей жүйе құрамыз:

$$\begin{aligned} I'(\alpha + \beta) - I'' * \beta &= E(t)_1 \\ -I' * \beta + I''(\beta + \gamma) &= E(t)_2 \end{aligned} \quad (2.39)$$

2.39 – өрнекті Крамер әдісі бойынша былай есептеуге болады:

$$T' = \begin{vmatrix} (\alpha + \beta) & -\beta \\ -\beta & (\beta + \gamma) \end{vmatrix} = (\alpha + \beta) * (\beta + \gamma) - \beta^2$$

$$T'' = \begin{vmatrix} E(t)_1 & -\beta \\ E(t)_2 & (\beta + \gamma) \end{vmatrix} = E(t)_1 * (\beta + \gamma) - \beta E(t)_2 \quad (2.40)$$

$$T''' = \begin{vmatrix} (\alpha + \beta) & E(t)_1 \\ -\beta & -E(t)_2 \end{vmatrix} = -E(t)_2 * (\alpha + \beta) + \beta E(t)_1$$

2.40– өрнектен $A - A'$, $B - B'$, $C - C'$, $D - D'$, $K - K'$ буындарындағы электродтардан өтетін тоқты келесідей есептеуге болады:

$$I' = \frac{T''}{T'} \quad (2.41)$$

$$I'' = \frac{T'''}{T'}$$

2.41 – өрнектен I' , I'' - токтар белгілі болса, онда α , β , γ – түтік бойынан өтетін токтарды былай есептеуге болады.

$$I_{(\alpha)} = I', I_{(\gamma)} = I'', I_{(\beta)} = I' + I'' \quad (2.42)$$

2.42 – өрнек бойынша әр электродтағы токтың шамасы 5 mA – тең болса озонның өнімділігі 1г/сағ-тең екенін байқауға болады.

3 ЖИЛІГІ 5-6кГц ЭТРО-03 ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

Су мен ауаны дезинфекциялау кезінде озонаторды пайдалансақ (басқа тәсілдерге қарағанда) тиімді нәтижелерге қол жеткізуге болады. Озонмен зарарсыздандыру басқа да препараттарға қарағанда көп есе тиімді және тезірек әрекет ете алады. Бұдан басқа, озон кеңістіктегі заттардың құрылымын өзгертпей, микроорганизмдерді, сондай-ақ түрлі иістерді жояды.

Озонды өндіруге қарапайым ауаны пайдаланамыз, озондау процесінде озон қалдықтары қайтадан оттегіге айналады. Бұл озондау тәсілінің тағы бір артықшылығын көрсетеді. Қазіргі әлемде экологиялық фактор зарарсыздандыру құралдарын таңдауда шешуші болып келеді, сондықтан экологияға зиян келтірмеу озонаторларды ауа мен суды дезинфекциялау үшін неғұрлым қолайлы етеді. Озондаудың тағы бір артықшылығы - озонатордың жұмыс істеу барысында ешқандай қалдық болмайды.

Озонаторлардың әртүрлі түрлері қоршаған ауадан немесе оттегіден озон алуға мүмкіндік береді. Бұл міндетті бірнеше жолмен жүзеге асыруға болады:

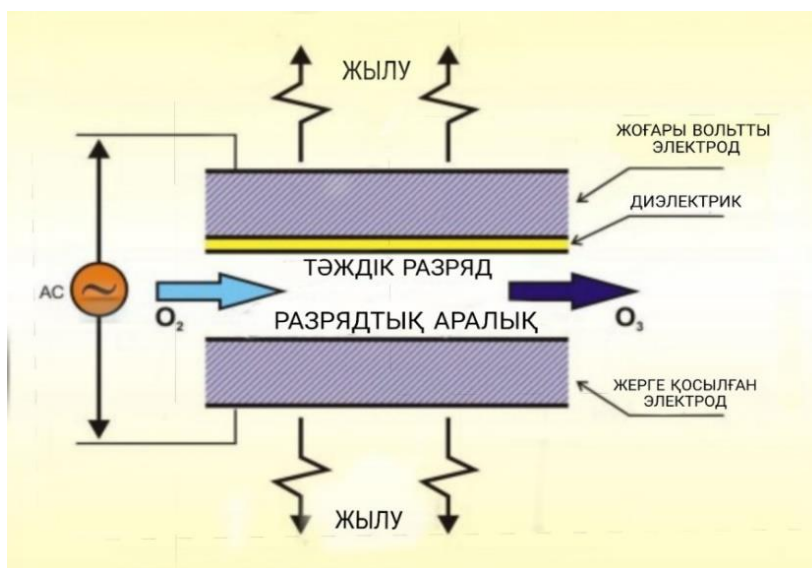
Тұрақты электр разрядтары кезінде озон алу:

- а) тыныш разряд;
- б) тосқауыл разряды (барьерный);
- в) доғалы разряд;
- г) тәждік разряд (коронный разряд).
- д) ультракүлгін сәуле шығару кезінде озон алу
- е) химиялық реакциялар арқылы озон алу.

Зерттеулер жасай отырып, біздің елімізде суды тазалауда озондаудың тәждік разряд түрінің тиімділігіне көз жеткізуге болады. Тәждік разряд (корона - әлсіз көгілдір-күлгін шам) газда екі электродтар – жоғары вольтты және жерге қосылған, саңылаумен (разрядтық аралық) бөлінген және диэлектрик арасындағы қатты біртекті емес электр өрісінде пайда болады (3 - сурет).

Тәждік разряд негізіндегі озонаторлардың артықшылығы бірінші кезекте конструкцияның қарапайымдылығы және "разрядтық аралықтың" шектелмеуі болып табылады. Газды қосымша кедергісіз, мысалы, осьтің бойымен сыммен кең құбыр арқылы айдауға болады.

Озон алудың бұл жолы ең сенімді және тиімді болып табылады және сондықтан өнеркәсіптік жағдайларда кеңінен таралған. Өндірілетін озон концентрациясына энергия шығынының оңтайлы арақатынасымен ерекшеленеді [4].



3 Сурет – Тәждік разрядтың конструкциясы

Тәждік разрядты қолдану арқылы плазмохимиялық реакторлар өнеркәсіптік ауқымда қолданылады. Тәждік разрядындағы озон синтезі жоғары энергетикалық тиімділікпен жүреді. Бұл тәсіл конструкцияның қарапайымдылығымен маңызды болып табылады, себебі диэлектрлік кедергіні (шыны, керамика, эмаль және т.б.) разрядтық аралыққа енгізу қажет емес. Тәждік разрядты озонаторлар шикізат ретінде атмосфералық ауаны пайдалануға мүмкіндік береді, өйткені бұл разряд барьерлік разрядқа қарағанда газдың ылғалдылығы мен тазалығына айтарлықтай аз сезімталдыққа ие. Озонның тәждік разрядтағы синтезі барьерлік тәртіптегідей энергия шығыны кезінде күрт біртекті емес электр өрісінде жүреді. Разрядтық контурды оңтайландыру арқылы 10-18кВт*сағ/кг энергия шығыны арқылы 5г/м³ дейінгі концентрацияларда озонды синтездеуге қабілетті 15-25 кВ кернеудегі тұрақты тәж алуға болады. Қазіргі уақытта наносекундтық тәждік разрядтағы озонның генерациясына үлкен қызығушылық танытылуда.

Тәждік озонатордың артықшылықтары:

- диэлектрлік кедергілердің болмауына байланысты жоғары сенімділік;
- төмен аэродинамикалық кедергі, өйткені электродтық қашықтық 8-10 мм құрайды;
- озон алу кезінде пайдаланылатын ауаның ылғалдылығына әлсіз тәуелділігі;
- пайдаланылатын ауаны алдын ала дайындау талап етілмейді;

- кедергі (барьерный) разрядының озонаторымен салыстырғанда қуат шығыны төмен және өнімділігі жоғары [2].

Енді тәждік озонаторлардың бірнеше түріне сипаттама бере кетейік:

3 Кесте – Тәждік озонаторлар түрлері:

Озонатор түрі	Өндіруші	Өнімділігі, г/сағ	Кернеу, кВ	Қуаты, кВт	Энергия шығыны
Озонатор (эмаль)	Пат. №40160, АҚШ	450	6	0,99	410
Озонатор (эмаль)	МГУ, Россия	480	7	2,6	190
ОП-121	Зд Курган-Химмаш	1600	16	22	45
ОПЧ-61	Дзержинский ГЗИ-Химмаш	5000	12	90	78

Кестеде көріп отырғанымыздай, өнімділігі артқан сайын оған кететін қуат шығыны да арта түседі. Осыған қарай отырып, біздің міндетіміз өнімділігіне де көңіл бөле отырып, қуат шығынын азайту және сенімділік және ыңғайлылықты алдыңғы орынға қою болып табылады.

Жүз жылдан астам уақыт дәстүрлі барботаж тәсілі бойынша суды озондаудың теориялық аспектісі әзірленіп келеді. Ол әртүрлі деңгейде өтетін процестерді қамтиды: атап айтқанда молекулалық, кіші көлемде, физикалық-химиялық әсер ететін аппараттардың жұмыс аймақтарында. Барботаждық әдістің негізгі кемшіліктері тазалау ұзақтығы және озонның үлкен шығыны болып табылады.

Суға әсер ететін озонның қандай да бір шығынын есептеу және судың құрамына қарай осы әрекеттің шарттарын анықтау қажет екенін айта кетуге болады. Озондаудың экономикалық жағын қарау кезінде бірінші кезекте озонның қандай да бір мөлшерін талап ететін судың сапасына көңіл аудару қажет. Озондауға келетін болсақ, халықтың денсаулығы үшін суды залалсыздандырудың дұрыс қойылуы аса маңызды болғандықтан, әсіресе осы істе үлгі көріністер мен амалдарды талапқа сай орындау керек.

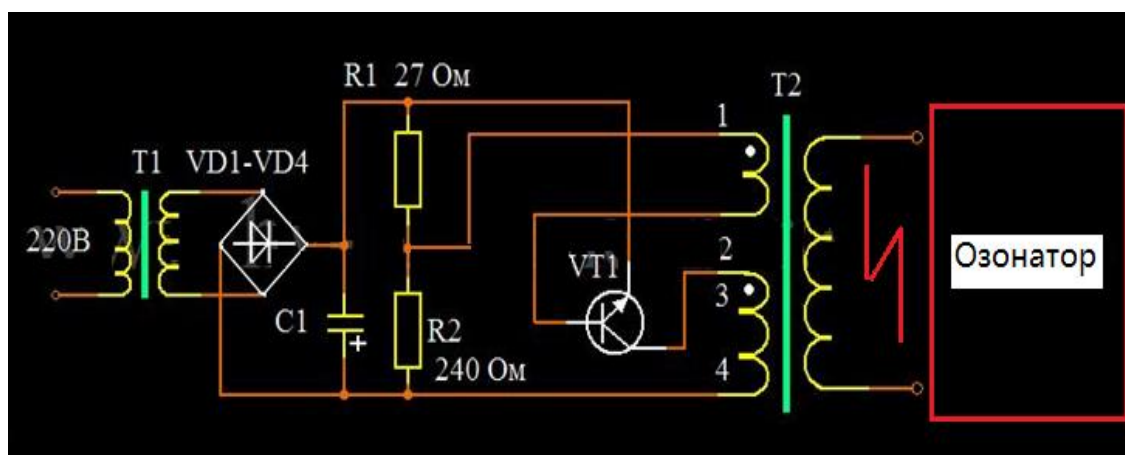
Бүкіл әлемде озондау жүйесінің келесі жиынтығы қабылданған: контактілі камера, компрессиялық жабдықтар, ауаны тазарту және кептіру агрегаттары, озонатор және озон деструктор.

Қазіргі қолданылып жүрген озонаторлардың көлемі өте үлкен және олар дербес қондырғылар болып табылады.

Кез келген озонатор негізгі екі бөліктен: озон генераторынан және электр қуатын беретін көзден тұрады [7].

Ал енді ең алдымен тәждік разрядтағы озонаторымызды іске қосу үшін жоғарғы кернеудегі қорек көзін 3.1 - суретте көрсетілген сұлба бойынша жинап аламыз. Одан кейін ауа кептіргіш агрегатын және компрессиялық

камерасын дайындаймыз. Эксперимент жасай отырып ең тұрақты және сенімді кедергісі жоғары диэлектрик – нихром екеніне көз жеткізуге болады.



3.1 Сурет – Жоғарғы жиіліктегі озонатор қондырғысының электрлік сұлбасы

Басқа елдердегі тәжірибеден дәлелденгендей Қазақстандағы өзен суларын озондау арқылы тазалау ел тұрғындарын таза ауыз сумен қамтамасыз етуде мол мүмкіндіктер береді.

Суды түрлі конфигурациялы механикалық аэрациялау құрылғылары бар озонмен залалсыздандыру тәсілдері мен құрылғылары белгілі. Зиянды заттар ерітілген күйде болғандықтан, тотығу газ тәрізді заттармен жүргізіледі, онда араласу тәсіліне байланысты басқа да тең жағдайларда залалсыздандыру бірнеше минуттан бірнеше тәулікке дейін жүргізілуі мүмкін.

Осы жоғарғы кернеудегі тәждік озонатор қондырғысының өнімділігін арттырғанымызбен, оның пайдаланатын қуаты көбірек болады. Сондықтан, қуат шығынын азайту үшін баламалы күн энергиясын пайдаланамыз. Біздің озонаторымыздың пайдаланатын қуат шығынына қарай 3кВт күн батареясын аламыз. Күн энергетикасы энергия көзінің сарқылмайтын түрі болып табылады, әрі экологиялық жағынан еш зияны жоқ [8].

Су тазалаудың басқа тәсілдеріне қарағанда, озонмен зарарсыздандыру көп есе тиімді және тезірек әрекет ете алады. Озондау әдісін пайдаланудың артықшылықтары:

- 1) құрамында хлоры бар реагенттердің әсеріне төзімді патогенді микроорганизмдер мен бактериялық ластанған суды тиімді зарарсыздандыру;
- 2) антропогендік ластанудан суды тиімді тазарту;
- 3) гумин қышқылдарының ыдырауы есебінен судың түсінің төмендеуі және мөлдірлігінің артуы;

- 4) қоршаған ортаға залал келтірмейтін қауіпсіз және экологиялық технология;
- 5) жалпы су тазарту қондырғылары жұмысының жоғары сенімділігі.

Озонатор қондырғыларының ерекшеліктері су тазалау станцияларында ауыз суды тазалау, медицина саласында, ауыл шаруашылығында әртүрлі жабдықтар мен ғимараттардағы зиянды заттардан залалсыздандыру үшін қолданады. Қазіргі кезде көптеген шетелдік және отандық озонатор қондырғыларының басты кемістігі құрылысы күрделі, өнімділігі төмен, экономикалық шығыны жоғары болып келеді. Шетелдік СНГ, Франция, ФРГ, АҚШ, Жапонияда озонаторлардың көпшілігі тосқауыл разрядта, әрі жоғарғы жиілікте жұмыс жасайды. Озонаторлардың конструкциясы шыны түтіктерден тұрады, олардың саны 100-500-ге дейін болады. Ондағы төменгі теріс электрод таттанбайтын пішіні цилиндр тәрізді болаттан жасалады. Оның ішкі бетіне графит немесе алюминий қапталып, жоғары кернеулі электрот болып қызмет жасайды, өндірісте түтіккі озонаторлар «Венсвах» (АҚШ), «рейлигаз» (Франция), «Гебриэл - Герман» (ГФР) СНГ-да «ПО - 3», «ПО - 121», «ОПТ - 315» және т.б. бар [3].

Ал осыған дейінгі отандық Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ - да жасалған ЭТРО-01 және ЭТРО-02 озонатор қондырғылары өндірістік жиілік 50Гц жұмыс жасаған.

Қазіргі кезде өндірістік мақсатта жоғарғы өнімділікті яғни сағатына он даған және жүздеген кг озон синтездейтін құрылғылар қолданылады. Бұл мәселені шешудің бірден - бір жолы жоғарғы жиілікті озонаторлар қолдану арқылы шешіледі.

Ал ұсынылып отырылған ЭТРО-03 озонатор қондырғысы электрлік тәжі разрядқа негізделген. Сол сияқты қондырғының жиілігі 6кГц, ал кернеуі 7кВ қоректенеді.

Электрлік тәжі разрядқа негізделген «ЭТРО-03» озонатор қондырғысының тиімділігін, яғни озонның концентрациясын арттыру мақсатында қондырғының жиілігін 1-6кГц – ке дейін өзгертіп, Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ-дың «Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар» кафедрасының ғылыми зертханасында тәжірибелік жұмыстар жүргізілді.

Озон - оттегінің аллотропиялық түр өзгерісі. Жалпы оттегі табиғатта екі жағдайда кездеседі бірі O_2 екіншісі O_3 . Озон электр разряды әсерінен пайда болады. Яғни озонды өндіретін құрылғылар озонаторлар деп аталады. Озонатор шықпасында яғни электр разряды әсерінен төмендегідей реакция пайда болады.

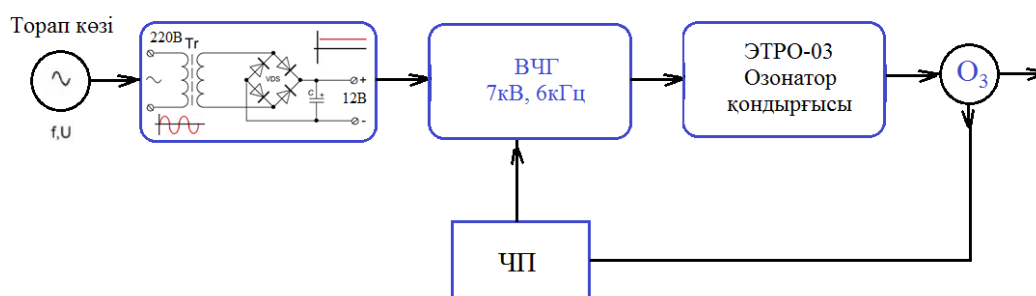


Бір элементтің бірнеше жай зат күйінде болу құбылысы аллотропия деп аталады. Озонның формуласы O_3 , салыстырмалы молекулалық массасы 48, оттегінен 1,5 есе ауыр ($48 : 32 = 1,5$), суда аз еритін, $-112^\circ C$ -да қайнайтын, $-193^\circ C$ -да балқитын газ күйінде қою-көк түсті, ал қатты күйінде көктен қара-

күлгін түске дейін боялады. Озон күшті тотықтырғыш болғандықтан ауадағы бактерияларды жояды және сонымен қатар ауыз суды, құдықтарды, өндірістік сарқынды суларды тазарту әрі залалсыздандыру мақсатында қолданылады.

ЭТРО-03 қондырғының функционалдық сұлбасы келесідей (3.2-сурет):

Тораптан түзеткіш кірісіне айнымалы $U_1=220\text{В}$ кернеуі беріледі де, ол трансформатордың көмегімен қажетті $U_2=12\text{В}$ кернеуге дейін өзгертіледі. Трансформатордан алынатын айнымалы $U_2=12\text{В}$ кернеуі вентильдік топ VDS арқылы толықсыған $U_{\text{шығ.}}=12\text{В}$ кернеуге түрленеді. Түзетілген $U_{\text{шығ.}}=12\text{В}$ кернеу тұрақты және айнымалы құраушылардан тұрады. Оның айнымалы бөлігі (толықсуы) тегістеуші сүзгі (конденсатор С) арқылы қажетті деңгейге дейін азайтылады да сүзгінің шығысындағы $U_c=12\text{В}$ кернеуінде өте аз толықсу болады. Алынған кернеу ВЧГ беріледі. ВЧГ генератор шықпасында кернеу 7кВ (жиілігі 7кГц) жүктемеге яғни ЭТРО-03 қондырғысына беріледі. Озонатор шықпасындағы озонның концентрациясын ЧП блогы арқылы реттеуге болады.

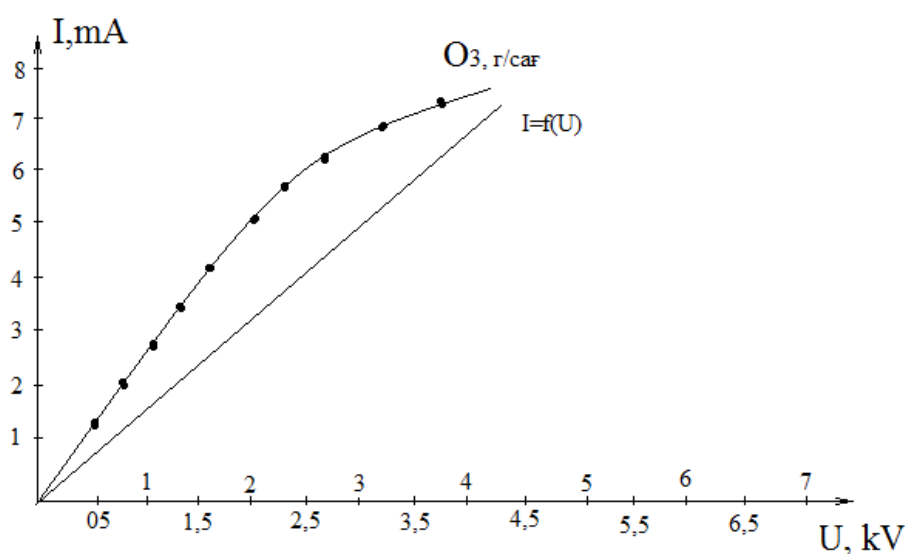


3.2 Сурет - ЭТР-03 қондырғысының функционалдық сұлбасы

Тәжірибе барысында құрылғының Вольт – амперлік сипаттамасы қарастырылып, зерттелді (3.4-сурет). Ол жерде озонатордың ВЧГ генератор шықпасындағы кернеу 0-7кВ дейін арнайы реттегіш TDGC2-3К трансформатор көмегімен өзгертілді (5-кесте). Сол кезде тәжі разрядтаушы электрод бойынан өтетін токтың күрт артқанын байқауға болады. Сәйкесінше озонатор шықпасындағы озонның концентрациясының өсуін байқауға болады (3.3-сурет).

3.1 Кесте - Ток пен кернеу бойынша тәжірибе нәтижелері

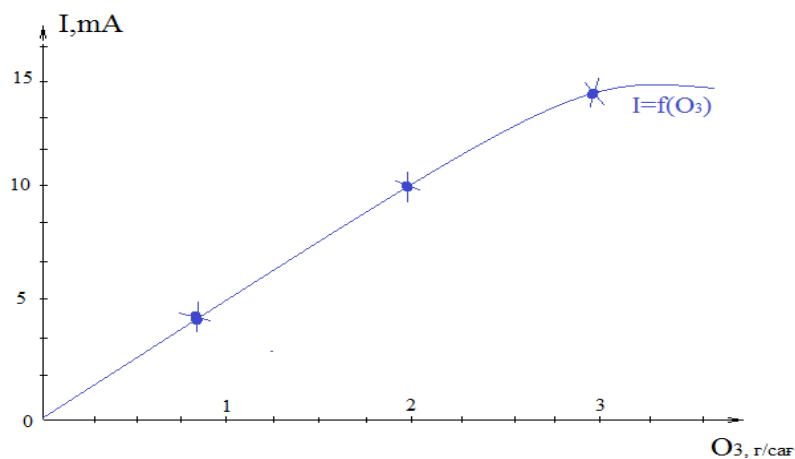
№	Ток күші (I, mA)	Кернеу (U, kV)	O ₃ , (г/сағ)
1	1	0,5	0,2
2	2	0,8	0,4
3	3	1,2	0,6
4	4	1,5	0,8
5	5	1,8	1
6	6	2,5	1,2
7	7	3	1,4
8	8	3,78	1,6



3.3 Сурет - ЭТРО-03 қондырғысының Вольт-амперлік сипаттамасы

Бұл зерттеу жұмысы кезінде оң және теріс электродтардың арасындағы өткізгіштік анықталды $Y=1/Z= 1,4 \cdot 10^{-6}$ См, $Z=714$ кОм.

Озонаторларда кернеу үлкен болғанымен олардың энергия шығыны аз болады себебі тәжіленуші электродтардың бойынан өтетін токтың шамасы өте төмен $I=5 \dots 10$ mA болады. Екі электродтың арасында $2 \dots 2,5$ см саңылау болғандықтан негізгі кедергінің қызметін ауа атқарады. Ауаның электр тогын өткізгіштігі оның температурасына, тығыздығына және ылғалдылығына байланысты екені белгілі. Егер озонатор ішінде ауа құрғақ болса онда озонатор дұрыс жұмыс жасайды. Ал ауа ылғалданатын болса өтімділік артып, доғалық разряд яғни қысқа тұйықталып озонатор істен шығады. Сондықтан озонаторға ауа мен оттегін жіберген кезде алдын ала кептіріп, салқындатып, ауа сүзгісінен өткізіп дайындап алу қажет.

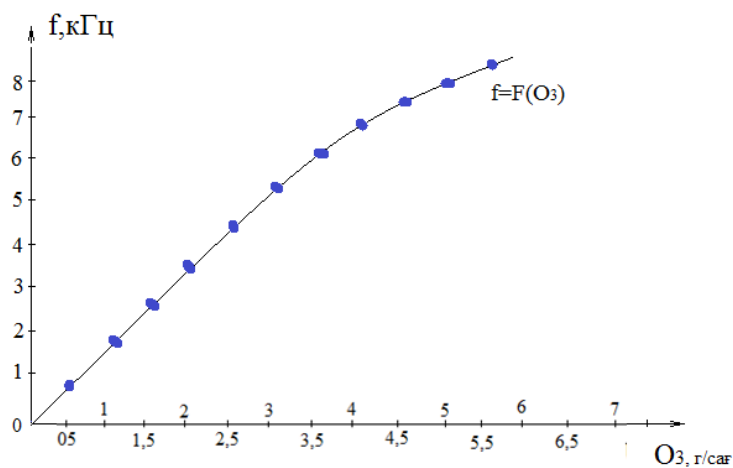


3.4 Сурет - Тәжіленуші электрод бойынан өтетін ток пен озон концентрациясы арасындағы байланыс

Озонатор шықпасындағы озонның концентрациясын ұлғайтудың бірден - бір жолы жиілікті өзгерту.

3.2 Кесте – Жиілікке байланысты тәжірбие нәтижелері

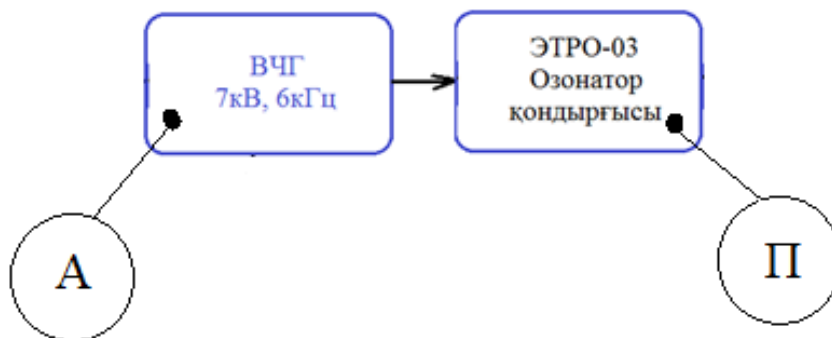
№	Жиілік (f, кГц)	Озон (O ₃ , г/сағ)
1	1	0,2
2	2	0,4
3	3	0,6
4	4	0,8
5	5	1
6	6	1,2
7	7	1,4
8	8	1,6



3.5 Сурет - Жиілік пен озон концентрациясы арасындағы байланыс

3.6 – суретпен б-кестеден байқайтынымыз ВЧГ – дың жиілігін 1-8кГц – ке дейін өзгерткенде озонның концентрациясы жиілікке тура пропорцианал екенін байқауға болады.

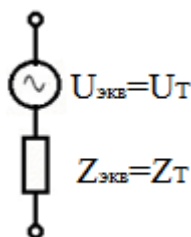
Озонатордағы тәжіленуші электродтардың бойынан өтетін токты (3.7-сурет) Тевенин теоремасы немесе активті екі ұштық теоремасы арқылы есептейміз. Алдымен, ВЧГ блогын активті ал ЭТРО-03 озонатор қондырғысы бар блокты пассивті деп екіұштық ретінде қарастырайық.



3.6 Сурет - Активті және пассивті екі ұштық

Бұл жерде пассивті екіұштық ретінде озонатордың тәжіленуші электродтары көлденең қимасының ауданы $S=0.1\text{мм}^2$ нихромнан жасалған өткізгіштер.

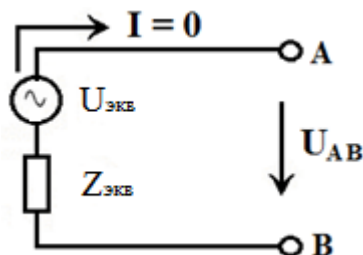
Тевенин теоремасы бойынша, кез келген активті екіұштықты эквивалентті генератор (эквивалентті кернеу көзі) ретінде көрсетуге болады.



3.7 Сурет - Эквивалентті кернеу көзі

3.7 – сурет $U_{эКВ}$ – эквивалентті кернеу көзі; $Z_{эКВ}$ – эквивалентті электр энергия көзінің ішкі кедергісі; U_T – Тевенин атындағы кернеу.

Бұл тізбектің бөлігі тұйықталмаған немесе ажыратылған бөлігі болып саналады. Сол себептен тізбектің тогы нөлге тең.



3.8 Сурет - Ажыратылған тізбек

$Z_{ЭКВ}$ кедергідегі кернеу $Z_{ЭКВ} \cdot I = 0$ нөлге тең болғандықтан $U_{AB} = U_{ЭКВ}$ теңдік пайда болады да мұндай ажыратылған тізбектің күйі бос жүріс болып (б.ж.) саналады.

$$U_{ЭКВ} = U_{AB \text{ б.ж.}} = (\varphi_A - \varphi_B)_{\text{б.ж.}} \quad (3.1)$$

Активті екіұштықтан пассивті екіұштыққа көшкен кезде, активті элементтерді тізбектен шығарып, тек қана пассивті элементтерді қалдырамыз.

$$Z_{AB \text{ бос жүріс}} = Z_{ЭКВ} \quad (3.2)$$

Тевенин теоремасы бойынша $U_{ЭКВ} = U_{AB \text{ бос жүріс}}$; $Z_{ЭКВ} = R_{AB \text{ бос жүріс}}$. Онда озонатордағы тәжіленуші электрод бойынан өтетін токты былай есептейміз.

$$I_{(O_3)} = \frac{U_{AB \text{ б.ж.}}}{Z_{AB \text{ б.ж.}} + Z_{\text{Электрод}}} \quad (3.3)$$

4 ЖИЛІГІ 5-6кГц ЭТРО-03 ҚОНДЫРҒЫСЫН ЭКОНОМИКАЛЫҚ ТҮРҒЫДАН БАҒАЛАУ

Еліміздегі экологиялық мәселелерді шешу үшін озонды технологияны қолданудағы ғылыми – техникалық базаны құру қажет. Осыған байланысты, озонды технологияның жаңа үрдістері мен аспаптарын құру үшін жоғары нәтижелі озон генераторларын қарастыру мәселесі маңызды. Қазіргі кезде елімізде озонатор жасайтын кәсіпорындар болмағандықтан, көптеген тұтынушылар қымбат болса да шетелдік озонаторларды сатып алуға мәжбүр. Мысалы 1999 жылы қыркүйек айында ТМД елдерінде бір озонметрдің өзі 150 – 200 мың теңге тұратын. Қазіргі кезде мұндай озонаторлардың бағаларының құны 10 – 20 есе өсіп кеткенін аңғаруға болады. Сонымен қатар озонаторды сырттан тасып орнату қосымша шығындарды туғызатыны сөзсіз. Ал осындай шығындарды болдырмау үшін Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің Электротехника кафедрасында жаңа үлгідегі электрлік тәжі разрядқа негізделген озонатор жасалды. Озонатордың экономикалық тиімділігін есептеп салыстыру үшін мынадай екі нұсқа қарастырылды:

1. Ресейдің Дзержинск қаласының «Техозон» кәсіпорнынан шыққан өнімділігі 10 г/сағ озон өндіретін ТМ - 10 типтес озонатор;

2. Еліміздің Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ - нің электротехника кафедрасында жасалған өнімділігі 100г/сағ озон өндіретін ЭТРО - 03 типтес озонатор – қарастырылды.

Жоғарыда келтірілген екі вариант бойынша 24 сағат бойы қоймадағы суды залалсыздандыру кезінде озонаторға жұмсалатын энергия шығынын келесі теңдік бойынша есептейміз:

Бастапқы нұсқа бойынша (Ресей):

$$\mathcal{E}_{\text{э.э.}} = P \cdot C \cdot t = 0.3 \cdot 12.2 \cdot 24 = 87.84 \text{ тГ} \quad (4)$$

Сәйкесінше екінші нұсқа бойынша(Қазақстан):

$$\mathcal{E}_{\text{э.э.}} = P \cdot C \cdot t = 0.176 \cdot 12.2 \cdot 24 = 51.5 \text{ тГ} \quad (4.1)$$

4.1 – формула бойынша мұндағы: P – озонатордың қуаты, C – электр энергияның құны.

Сонымен қатар жыл бойы 69 120 м³ қоймадағы суды залалсыздандыру үшін озонаторға жұмсалатын шығынды есептеуге болады. Мысалы 1 м³ қоймадағы табиғи суға 120 мг озон қажет деп алсақ, онда 69 мың 120 м³ суға 8294400 мг немесе 8294,4 г озон қажет. Бір жылда залалсызданатын судың мөлшері 69 120 м³ мұндай көлемдегі суға жұмсалатын озонның мөлшерін есептеуге болады. Ол үшін бір күнде залалсызданатын судың мөлшері мен оған жұмсалатын озонның мөлшерін анықтап алу керек.

Бір күнде залалсызданатын судың мөлшері 192 м³ ал бұл суға жұмсалатын озонның мөлшері 23,04 г озон қажет. Осы қағидаға сүйене отыра бір жылда залалсызданатын суға жұмсалатын озонның мөлшерін келесі теңдік бойынша анықтауға болады:

$$G_{1.жыл} = 23.04 \cdot 360 = 8294.4 \text{ (г.озон)} \quad (4.2)$$

Бір жылда 69 120 м³ суды залалсыздандыру үшін жоғарыда келтірілген екі варианттың жылдық шығынын есептеуге болады. Ол үшін екі вариантта келтірілген озонаторлардың 1 г озон өндеу үшін жұмсалатын шығынын анықтау қажет.

1-ші нұсқа бойынша (ТМ-10).

$$10\text{г} - 0,3 \text{ кВт}$$

$$\underline{1\text{г} - x \text{ кВт}}$$

$$1\text{г}_{\text{озон}} = 0,03 \text{ кВт}$$

$$I_{\text{озон}} = 0.03 \cdot 12.2 = 0,366, \text{ тг} \quad (4.3)$$

Осыдан жылдық шығынды (F_1) келесі теңдік бойынша анықтаймыз (1-ші вариант):

$$F_1 = 0.366 \cdot 8294.4 = 3035.75 \text{ тг} \quad (4.4)$$

2-ші нұсқабойынша (ЭТРО-03).

$$10\text{г} - 0,176 \text{ кВт}$$

$$\underline{1\text{г} - x \text{ кВт}}$$

$$1\text{г}_{\text{озон}} = 0,0176 \text{ кВт}$$

$$I_{\text{озон}} = 0.0176 \cdot 12.2 = 0,215, \text{ тг} \quad (4.5)$$

Осыдан жылдық шығынды (F_2) келесі теңдік бойынша анықтаймыз (2-ші вариант):

$$F_2 = 0.215 \cdot 8294.4 = 1780.97, \text{ тг} \quad (4.6)$$

Сонымен 10 г/сағ озон өндіретін ТМ-10 типтес Ресейлік озонатордың өнімділігі ЭТРО – 03 озонаторы мен салыстырғанда 1,5 есе қымбат тұрады.

Бұдан ЭТРО-03 озонатор қондырғысының техникалық және экономикалық жағынан тиімді екенің байқауға болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертациялық жұмысымда жиілігі 5-6кГц ЭТРО-03 қондырғысының тиімділігін зерттеу жұмыстары қарастырылды. Қондырғының құрылысы мен функционалдық, электрлік және технологиялық сұлбалары зерттелді. Сол сияқты озонның жиілікке, токка, кернеуге қатынастары тәжірибе жүзінде зерттелді. Жалпы озонды өңдеу технологиясы бойынша қазіргі кездегі әлемдегі өндіріс ошақтарына, ғылыми әдебиеттерге шолу жұмыстарын жүргізе отыра олардың ерекшеліктері мен кемістіктеріне ғылыми сараптамалар жүргізілді. Сараптамадан кейін сол кемістіктер бойынша тәжірибелік ғылыми әртүрлі эксперименттер жүргізілді. Мысалы ток (I , mA) пен кернеу (U , kV), жиілік бойынша (f , кГц) озонның өзгеруі (O_3) зерттелді.

Жоғарыда басқа елдердегі тәжірибеде атап өтілгендей Қазақстандағы өзен суларын озондау арқылы тазалау ел тұрғындарын таза ауыз сумен қамтамасыз етуде мол мүмкіндіктер береді. Озондау арқылы, оның ең тиімді түрлерінің бірі тәждік разряд негізіндегі озонаторлар арқылы өндірістік ластанған суларды кешенді түрде тазартуға болады. Сондықтан да бұл тақырып маңызды да өзекті болып табылады. Электр қуатын жеткізу қиын, шеткері аймақтар үшін суды озондауда дәстүрлі емес, табиғи қуаттарды, атап айтқанда, жел, күн сәулесін пайдалануға болады. Қазақстанның географиялық орналасуы бойынша елімізде жел және күн сәулесі баршылық. Осындай мүмкіндіктерді тиімді пайдалану қажет. Бұдан шығатын қорытынды суды озондау тәсілімен тазарту күн тәртібінен түспек емес.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. <https://official.satbayev.university/ru/industrial-engineering/eeet>
2. https://www.yaneuch.ru/cat_35/otteg-zhne-ony-sylystary/355411.2540809.page2.html
3. Ш.А.Бахтаев, А.А.Боканова, Г.В.Бочкарева, Г.К.Сыдыкова. Физика и техника коронноразрядных приборов. Алматы 2007, 278с.
4. Ш.А.Бахтаев, Г.К.Сыдыкова, А.Ж. Тойгожинова, К.Коджабергена. Коронный разряд на микроэлектродах. Алматы 2017, 212с.
5. <http://www.radiomexanik.spb.ru/9.-analiz-tsepey-postoyannogo-toka/9.-teorema-tevenina.html>
6. <http://journals.ioffe.ru/articles/viewPDF/33073>
7. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Самойлович В.Г. "Озонирование в процессах очистки вода" Москва ДеЛи принт 2007 г.
8. ЭТРО-01 Инновациялық патент
9. ЭТРО-02 Инновациялық патент
10. Драгинский В. Л., Алексеева Л. П., Самойлович В.Г. Озонирование в процессах очистки воды. - М.,ДеЛи принт, 2007
11. Кожин В. Ф., Кожин И. В. Озинирование воды. – М., Стройиздат, 1974
12. Исаков В. Д. // -М., НТЦ «Информатика», Эврика №7, 1996 с.20-21
13. Исаков В., Д., КутуеваЕ. В. //Екатеринбург: УрО РАН, 1999, «Урал: Наука, Экология». –с.346-349
14. НИИ машиностроения // - М., ГУП «ВИМИ», 2000, Новые технологии и оборудование в водоснабжении и водротведении/ Сб. Материалов Госстрой, НИИКВОВ/ с.21-24
15. Амиров Р.Х., Асиновский Э.И., Самойлов И.,С., Шепелин А.В. Синтез озона в наносекундном коронном разряде // Материалы 8 всесоюзной конференции «Физика низкотемпературной плазмы» - Минск. – 1991 –ЧЗ. с.91.
16. Амиров А.,Х., Самойлов И.,С., Шепелин А.В. Синтез озона и разложение формальдегида в импульсинной короне. // Материалы конференции «Физика и техника плазмы». – Минск, 1994. с. 321
17. Ланцов В., Владимиров Е. Қуатты жоғары вольтты қуат көзі. 1 бөлім // Электрлік электроника. 2010. № 5.
18. Kostikov Б. Г., Никитин І. жоғары вольтты электр жеткізу Е. көздері. М.: Радио және байланыс. 1986 ж.
19. Березин О. Қ, Kostikov В. Г., Shakhnov Б. А. Қуат электроника жабдықтау. М .: Үш L. 2000.
20. Владимиров Е.Н. , Ланцов В.В. , Лебедева О.К. Микропроцессорлық басқарумен жоғары қуатты жоғары вольтты

коммутациялық электрмен жабдықтау // Қазіргі заманғы электроника. 2007. № 7.

21. Блинов Н.Н. рентгендік тамақтандыру құрылғылары. М.: Энергетика. 1980 жыл.

22. Акимов А. В. және басқалар. Атом ғылым мен мәселелері технологиясы. Сериялар: Ядролық физика бойынша зерттеулер (38). 2001. № 3.

23. www.deantechnology.com

24. www.spellmanhv.com

25. Ланцов В., Эраносян С. Ресейдегі қуат құрылғыларының сенімділігі: мифтер мен шындықтар, проблемалар мен шешімдер. 5- бөлім. Қуат көздерін ауыстыру // Power Electronics. 2009. №3.

26. Голдина Р.А., Девонисский В.Ю. Төмен қуатты жоғары вольтты түзеткіштер. М.: Энергетика. 1976 жыл.

27. Ланцов В.В., Эраносян С. Энергетикалық құрылғылардың электрондық компоненттік базасы. 1 бөлім // Электрлік электроника. 2009. № 5.

28. Бас А.А., Миловзоров В.П., Мусолин А.К. Источники вторичного электропитания с бестрансформаторным входом. – М.: Радио и связь, 1987. – 160 с.: ил.

29. Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Основы преобразовательной техники: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1980. – 424 с., ил.

30. Забродин Ю.С. Промышленная электроника: Учебник для вузов. – М.: Высш. школа, 1982. – 496 с., ил.

31. Розанов Ю.К. Основы силовой электроники. М.: Энергоатомиздат, 1992.

32. Бахтаев Ш.А. Озонатор на коронном разряде. Изв. МН-АН РК, сер. физ.-мат. 1998, № 6, 2 стр.

33. Кожаспаев Н.К., Боканова А.А. и др. Озонная технология и охрана окружающей среды. – Алматы, 2001. – 120 стр.

34. Боканова А.А., Мырзабекова А.М. Очистка воды от нефтепродуктов // Научн.- техн. сборник. «Новости науки Казахстана.» №2 Алматы, 2003, - с 64.

35. Боканова А.А., Мырзабекова А.М., Нурпеисова М.Б. и др. Пузырьковые характеристики газосодержащих жидкостей // Комплексное использование минерального сырья. - № 1. Алматы, 2004, с.3-8.

36. Боканова А.А. Исследование резонансных явлений в плазме чехла коронного разряда. – Алматы: Вестник КазНТУ, 2005. №3. – С. 51-63.

37. Кожаспаев Н.К., Бахтаев Ш.А., Боканова А.А., Бочкарева Г.В., Озоновые очистители воды. Тр. межд. экол. конгресса.– Санкт–Петербург–2000г.
38. Кожаспаев Н.К., Бахтаев Ш.А., Боканова А.А., Новые процессы и аппараты озонной технологии. Тр. межд. научно–техн. конференции.– АИЭС–2002г.
39. Ш.А.Бахтаев., А.А.Боканова., Г.В.Бочкарева., Г.К.Сыдыкова. Физика и техника коронноразрядных приборов. 190 б. Алматы 2007.
40. С.Б.Балабатыров., Ж.О.Тобаяқов., Н.Қ.Қожаспаев “Электротехниканың теориялық негіздері” Алматы 2001ж.
41. Г.Я.Мякишев., Б.Б.Буховцев “Жалпы физика” Алматы 1997ж.
42. В.Л.Драгинский.,Л.П.Алексеева., В.Г.Самойлович ”Озонирование в процессах очистки вода” Москва ДеЛи принт 2007г.
43. Пат. Япония № 51 -111492. Обработка воды на микрокапсулах целлюлозы, содержащих адсорбент. – 1976.
44. Овчаренко Ф.Д., Поляков В.Е., Тарасевич Ю.И. Ионнообменные равновесия и термодинамика ионного обмена на мантмориллоните с участием ионов переходных металлов. Украинский химический журнал. 1975 – 1. 5 -10бет.
45. Пат. Россия № 2176617. Способ очистки сточных вод от тяжелых металлов, 2001.
46. Б.А.Бірімжанов ”Жалпы химия” Алматы 1970 ж. 455-б.
47. Ксенофонов Б.С. Химия и основы технологии очистки воды. – М.: МГИЭТ, 1997. – 91 бет.
48. Капцов Н.А. Коронный разряд. - М.: ОГИЗ Гостехиздат, 1947.
49. Акишев Ю.С., Грушин М.Е., Дерюгин А.А., Трушкин Н. И. Интегральные и локальные характеристики протяженной положительной короны в воздухе в режиме нелинейных колебаний: эксперимент // Физика плазмы. - 1999. -Т. 25. - №11.- с. 942.
50. Кучинский Г.С. и др. Изоляция установок высокого напряжения: Учебник для вызов/ Г.С. Кучинский, В.Е. Кизеветтер, Ю.С. Пинталь; Под общ. ред. Г.С. Кучинского. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
51. СанПиН 2.1.4.559-96. питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения.
52. Вейцер Ю.И., Минц Д.М. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки вод. - М.: Строиздат, 1975.

53.Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. – Киев.: Наукова думка, 1986.

54.Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод.- Киев.: Высшая школа, 1986.

55.Белан А.Е. Технология водоснабжения. - Киев.: Наукова думка, 1985.

56.Г.Х.Керейбаева “Табиғи және ағынды суларды тазарту технологиясының негіздері”. - Алматы, 2008.

57. Клячко В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. – М.: Стройиздат, 1971.

58.Коган Б.Ф. и др. Справочник по растворимости. Кн.1.-М.,1961. Т.1.

59.Masschelein W.J. Processes unitaires du treatment de l'eau potable.-Ed. CEBEDOC. - Liege, 1996.

60.Horvath M.L., Bilirki Land Hutter. Ozone Ed. Akademia Kiado.-Buda pest, 1985.

61.Masschelein W.J. Processes unitaires du treatment de leau potable. – Ed. CEBEDOC. – Liege, 1996.

62.Masschlein W.G. The state of art in use of chlorine dioxide and ozone in the treatment of water. – Water S.A. – 1980, 60 – № 3.

63.Schechter D.S., Singer Ph. C.Formation Of Aldehydes During Ozonation. – Ozone Sci. and Engin. – 1995, 17. - № 1.

64.Weinberg H., Glaze W. et al. Formation and Removal of Aldehydes in Plants that Use Ozonation. J: Awwa, 85, № 5, 1993.

Магистерлік диссертация

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Ақылжан Перизат Бағдатқызы
7M06201 - Телекоммуникациялар

Тақырыбы: «Жиілігі 5-6 кГц электрондық қондырғының кернеу ұлғайтқыш сұлбасын зерттеу»

Жоғарғы жиілікте жұмыс жасайтын электрондық қондырғылардың құрылымы, экономикалық тиімділігі өзекті тақырыптардың бірі болып табылады. Жиілігі 5-6 кГц болатын ЭТРО-03 озонатор қондырғысы арқылы, қазіргі заманның ауқымды мәселесін, мысалы суды озондау, шешуге болады.

Берілген магистерлік жұмыстың бірінші бөлімінде 50-ден аса әлемдік әдебиеттер мақалаларға шолу жасалып талданды. Екінші бөлімінде жиілігі 5-6 кГц жоғары вольтты кернеу ұлғайтқыш құрылғының функционалдық және электрлік сұлбасы теориялық тұрғыда қарастырылды.


Үшінші бөлімінде жиілігі 5-6 кГц жоғары вольтты кернеу ұлғайтқыш құрылғының макеті жиналып (ЭТРО-03 қондырғысы), әр түрлі ғылыми тәжірибелік жұмыстар жүргізілді.

Магистерлік диссертация 76 А4 беттен, 7 кестеден, 39 суреттен, пайдаланылған әдебиеттер саны 64-тен тұрады. Эксперименттік нәтижелер «Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар» кафедрасының зертханалық қондырғысында алынды. Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған.

Бұл диссертациялық жұмыс жоғары оқу орындарының талаптарына сай, тақырыбы да өзекті деп санаймын. Магистерлік диссертация «өте жақсы» (100) деп бағаланып, жоба авторы Ақылжан Перизат Бағдатқызы 7M06201 – «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «техника ғылымдарының магистрі» академиялық дәрежесіне ұсынамын.

Ғылыми жетекші

Ассистент профессор, т. ғ. к.

 А.А. Абдықадыров

«25» 05 2022 ж.

Сарапшы пікірі

Магистрант: Ақылжан Перизат Бағдатқызы

Мамандығы: 7М06201 «Телекоммуникациялар»

Магистерлік диссертацияның тақырыбы: Жиілігі 5-6 кГц электрондық қондырғының кернеу ұлғайтқыш сұлбасын зерттеу.

Магистерлік диссертация 76 А4 беттен, 7 кестеден, 39 суреттен, пайдаланылған әдебиеттер саны 64-тен тұрады.

Берілген магистерлік жұмыста кернеу көбейткіштерінің түрлері, қолданыс аясы, артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылды. Жоғарғы жиілікті кернеу көбейткіштеріне сипаттама берілді. Жиілігі 5-6 кГц электрондық қондырғының тиімділігін зерттеу жұмыстары жүргізілді. Қондырғының құрылысы мен функционалдық, электрлік және технологиялық сұлбалары зерттелді. Сол сияқты озонның жиілікке, токка, кернеуге қатынастары тәжірибе жүзінде зерттелді. Жалпы озонды өңдеу технологиясы бойынша қазіргі кездегі әлемдегі өндіріс ошақтарына, ғылыми әдебиеттерге шолу жұмыстарын жүргізе отыра олардың ерекшеліктері мен кемістіктеріне ғылыми сараптамалар жүргізілді.

Бірінші бөлімде тақырыпқа сай әдебиеттерге шолу жасалды.

Екінші бөлімде жиілігі 5-6 кГц жоғары вольтты кернеу ұлғайтқыш құрылғының функционалдық және электрлік сұлбасы теориялық тұрғыда қарастырылды.

Үшінші бөлімде жиілігі 5-6 кГц жоғары вольтты кернеу ұлғайтқыш құрылғының макеті жиналып (ЭТРО-03 қондырғысы), әр түрлі ғылыми тәжірибелік жұмыстар жүргізілді.

Бұл диссертациялық жұмыс жоғары оқу орындарының талаптарына сай, тақырыбы да өзекті деп санаймын. Магистерлік диссертация «өте жақсы» (95) деп бағаланып, жоба авторы Ақылжан Перизат Бағдатқызы 7М06201 – «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «техника ғылымдарының магистрі» академиялық дәрежесіне ұсынылады

Техника ғыл.канд.,
АЭЖБУ профессоры



Чечимбаева К.С.

**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: Ақылжан Перизат Бағдатқызы

Тақырыбы: Жиілігі 5-6 кГц электрондық қондырғының кернеу ұлғайтқыш сұлбасын зерттеу

Жетекшісі:

1-ұқсастық коэффициенті (30): 5.8

2-ұқсастық коэффициенті (5): 4.5

Дәйексөз (35): 0.5

Әріптерді ауыстыру: 52

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 57

Ақ белгілер: 7

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:

2022-05-27

Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ақылжан Перизат Бағдатқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Жиілігі 5-6 кГц электрондық қондырғының кернеу ұлғайтқыш сұлбасын зерттеу

Научный руководитель:

Коэффициент Подобия 1: 5.8

Коэффициент Подобия 2: 4.5

Микропробелы: 57

Знаки из других алфавитов: 52

Интервалы: 0

Белые Знаки: 7

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 укрывтия 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:

2022-05-27

Дата



Сұңғат Марқсұлы

проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ақылжан Перизат Бағдатқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Жиілігі 5-6 кГц электрондық кондырғының кернеу ұлғайтқыш сұлбасын зерттеу

Научный руководитель:

Коэффициент Подобия 1: 5.8

Коэффициент Подобия 2: 4.5

Микропробелы: 57

Знаки из здругих алфавитов: 52

Интервалы: 0

Белые Знаки: 7

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:

2022-05-27

Дата

Заведующий кафедрой

