

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
Бүркітбаев ат. Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ОӘК 621.3

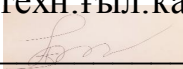
Қолжазба нұсқасында

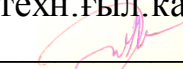
Әбдікүл Тоқтар

Магистрі академиялық дәрежесін іздену үшін

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация тақырыбы Жиілігі 13 кГц ЭТРО – 03 электр қондырғысының
кернеу ұлғайтқыш сұлбасын зерттеу
Мамандық 6М071900 – «Радиотехника, электроника,
телекоммуникациялар»

Ғылыми жетекші,
техн. ғыл. канд., ассистент-профессор
 А.А. Абдықадыров
«02» ____ 07 ____ 2020 ж.

Оппонент,
техн. ғыл. канд., АУЭС доценті
 Касимов А.О.
«02» ____ 07 ____ 2020 ж.

Нормобақылаушы:
Сениор-лектор, доктор PhD
 А. Хабай
«03» ____ 07 ____ 2020 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
ЭТЖҒТ каф. меңгерушісі
____ И. Сырғабаев
« ____ » ____ 2020 ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
Бүркітбаев ат. Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрландыру институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы
6М071900 – «Радиотехника, электроника, телекоммуникациялар»

БЕКІТЕМІН

ЭТжҒТ каф. меңгерушісі

_____ И. Сырғабаев

« _____ » _____ 2020 г.

**магистерлік диссертация орындауға
ТАПСЫРМА**

Магистрант *Әбдіқұл Тоқтар*

Тақырыбы: *«Жиілігі 13 кГц ЭТРО – 03 электр қондырғысының кернеу ұлғайтқыш сұлбасын зерттеу»*

Университет ректорының 10.12.2019 ж. № 475-М бұйрығымен
бекітілген.

Дайын диссертацияны тапсыру уақыты *«5» шілде 2020 ж.*

Магистерлік диссертацияға берілген алғашқы мәліметтер: *1) Кернеу қойбеткіштер; 2) Жоғары вольтты түзеткіштер; 3) Жоғары вольтты кернеуді көбейткіштер.*

Диссертациялық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) Жоғары вольтты блоктар, модульдер және олардың компоненттері;*
- б) Жоғары вольтты резисторлар және жоғары кернеу бөлгіштер;*
- в) Жаңа озонатор қондырғыларын дайындау.*

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

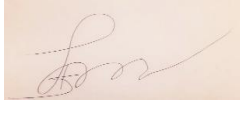
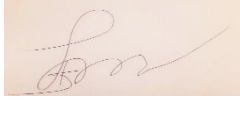
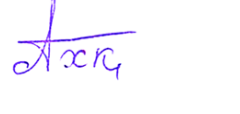
- а) Параллельді көбейткіш;*
- б) Кернеуді көбейту сұлбалары;*
- в) ЭТРО-02 құрылғысы функционалдық сұлбасы (Өнімділік 100 кг/сағ);*
- г) Электрлік тәжді озонатор құрылымы;*

Ұсынылатын негізгі әдебиет 23 атау: 1) Ланцов В., Владимиров Е. Қуатты жоғары вольтты қуат көзі. 1 бөлім // Электрлік электроника. 2010. № 5.; 2) Kostikov Б. Г., Никитин І. жоғары вольтты электр жеткізу Е. көздері. М.: Радио және байланыс. 1986 ж.; 3) Березин О. Қ, Kostikov В. Г., Shakhnov Б. А. Қуат электроника жабдықтау. М.: Үш L. 2000

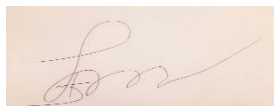
магистерлік диссертацияны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Кернеу көбейткіштер	04.01.2020 -25.01.2020	орындалды
Жоғары вольтты конденсаторлар	20.01.2020 -25.02.2020	орындалды
Жаңа озонатор қондырғыларын дайындау	25.02.2020 – 01.07.2020	орындалды

Диссертациялық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған бөлімдерге қойған
қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диссертация жұмысының тақырыбын талдау	А.А.Абдыкадыров, ЭТжҒТ каф.ассистент- профессоры	10.01.2020 ж.	
Теориялық ақпарат	А.А.Абдыкадыров, ЭТжҒТ каф.ассистент- профессоры	03.02.2020 ж.	
Норма бақылау	PhD докторы, ЭТжҒТ каф.сениор-лекторы Хабай А.	20.06.2020	

Ғылыми жетекші



А.А.Абдыкадыров

Магистрант



Т.Әбдікүл

Мерзімі

«02» шілде 2020 г.

АҢДАТПА

Бұл диссертациялық жұмыста кернеу көйбеткіштер сұлбаларын талданған. Жоғары вольтты конденсаторлар келтірілген. Жиілігі 13кГц болатын ЭТРО-03 электр қондырғысы кернеу ұлғайтқыш сұлбаларын зерттелген. Жаңа озонатор қондырғылары дайындалған.

Қондырғыдағы электржетекті автоматты түрде басқару мәселелері қарастырылған. Арнайы жоғары вольтты күшейткішті есептелген.

Ауаны озондаудың автоматтандырылған қондырғысын эксперименттік зерттеу жасалды.

АННОТАЦИЯ

В данной диссертационной работе проанализированы схемы умножителей напряжения. Перечислены высоковольтные конденсаторы. Исследована схема усилителя напряжения электроустановки ЭТРО-03 с частотой 13 кГц. Были разработаны схемы озонатора.

Рассмотрены вопросы автоматического управления электроприводом в агрегате. Специально разработанный усилитель высокого напряжения. Проведено экспериментальное исследование автоматизированной установки озонирования воздуха.

ABSTRACT

In this dissertation, the voltage multiplier circuits are analyzed. High voltage capacitors are listed. The circuit of the voltage amplifier of the ETRO-03 electrical installation with a frequency of 13 kHz is studied. Ozonizer circuits have been developed.

The issues of automatic control of the electric drive in the unit are considered. Specially designed high voltage amplifier. An experimental study of an automated air ozonation unit was carried out.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Кернеу көбейткіштер	9
1.1 Кернеу қойбеткіштер сұлбаларын талдау	9
1.2 Жоғары вольтты блоктар, модульдер және олардың компоненттері	20
1.3 Жоғары вольтты трансформаторлар	21
1.4 Жоғары вольтты түзеткіштер	25
2 Жоғары вольтты конденсаторлар	28
2.1 Трансформаторлы-түзеткіш модульдері (ТТМ)	30
2.2 Жоғары вольтты кернеуді көбейтгіштер	30
2.3 Жоғары вольтты резисторлар және жоғары кернеу бөлгіштер	33
2.4 Жоғары вольтты блоктарды жобалау ерекшеліктері	37
2.5 Жиілігі 13кГц болатын ЭТРО-03 электр қондырғысы кернеу ұлғайтқыш сұлбаларын зерттеу	40
3 Жаңа озонатор қондырғыларын дайындау	45
3.1 Озонатор қысымын реттеу	48
3.2 Қондырғыдағы электржетекті автоматты түрде басқару	51
3.3 Тәжді электродты тәжірибе арқылы зерттеу	53
3.4 Арнайы жоғары вольтты күшейткішті есептеу	57
3.5 Академик В. В. Власовтың әдістемесі бойынша жоғары вольтты кернеу күшейткішін есептеу	60
4 Ауаны озондаудың автоматтандырылған қондырғысын эксперименттік зерттеу	65
4.1 Озонның өнімділігі мен меншікті энергетикалық шығымын эксперименттік анықтау	65
Қорытынды	75
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	76

КІРІСПЕ

Бұл жұмыста әртүрлі электронды құрылғыларда қолданылатын кернеуді көбейтудің негізгі нұсқалары сипатталған және есептік арақатынастар келтірілген. Бұл материал көбейткіш қолданылатын аппаратураны әзірлеумен айналысатын радиоәуесқойларға қызықты болады.

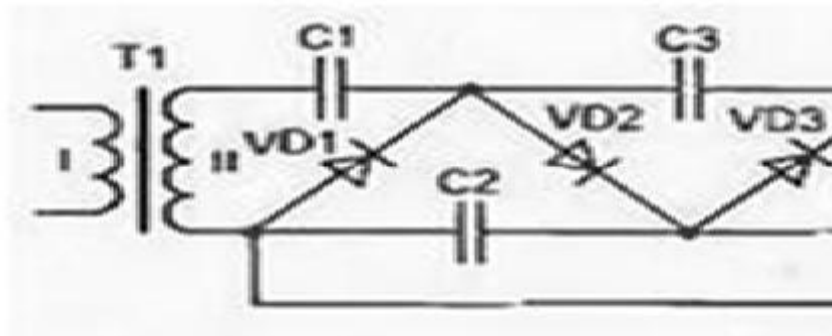
Қазіргі заманғы радиоэлектрондық құрылғыларда көбейткіштер кеңінен қолданылды. Олар теледидар және медициналық аппаратурада (кинескоптардың анод кернеуінің көздері, қуаты аз лазерлерді коректендіру), өлшеу техникасында (осциллографтар, радиоактивтік сәулелену деңгейі мен дозасын өлшеуге арналған аспаптар), түнгі көру аспаптары мен электр шокты құрылғыларда, тұрмыстық және кеңселік электрондық құрылғыларда (ионизаторлар, "Чижевскийдің люстрасы", ксерокөшіру аппараттары) және техниканың басқа да көптеген салаларында қолданылады. Бұл көбейткіштердің басты қасиеттері - аз габариттер мен массада кернеу кезінде бірнеше ондаған және жүз мың вольтты қалыптастыру мүмкіндігі. Олардың тағы бір маңызды артықшылығы - есептеу және дайындау оңай.

1 Кернеу көбейткіштер

1 Кернеу койбеткіштер сұлбаларын талдау

Кернеуді көбейтуші белгілі бір жолмен қосылған диодтар мен конденсаторлардан тұрады және тұрақты токтың жоғары кернеуіне төмен вольтты көздің айнымалы тогы кернеуінің түрлендіргіші болып табылады.

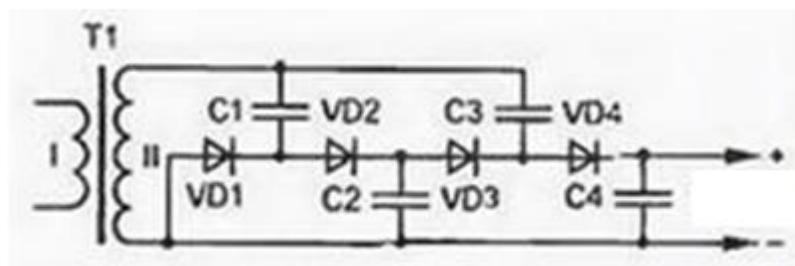
Оның жұмыс істеу принципі 1 суреттен түсінікті, онда бір периодтық көбейткіш сұлбасы келтірілген. Онда болып жатқан процестерді кезең-кезеңмен қарастырайық.



Сурет 1.1 – Тізбекті көбейткіш

Кернеудің теріс жартылай периодының әрекет етуі кезінде C1 конденсаторы VD1 ашық диод арқылы қоса берілген u кернеуінің амплитудалық мәніне дейін зарядталады. Келесі кезеңде-теріс жартылай период - диод VD3 арқылы $2U$ кернеуге дейін C3 конденсаторы зарядталады. Және соңында $2U$ кернеуге дейінгі кезекті оң жартылай период кезінде C4 конденсаторы зарядталады.

1.1-суретте бейнеленген көбейткіш тізбекті көбейткіштерге жатады. Сондай-ақ, конденсатордың аз сыйымдылығын көбейту сатысына талап ететін параллельді кернеу көбейткіштері бар. 2 суретте мұндай бір кезеңді көбейтудің схемасы келтірілген.

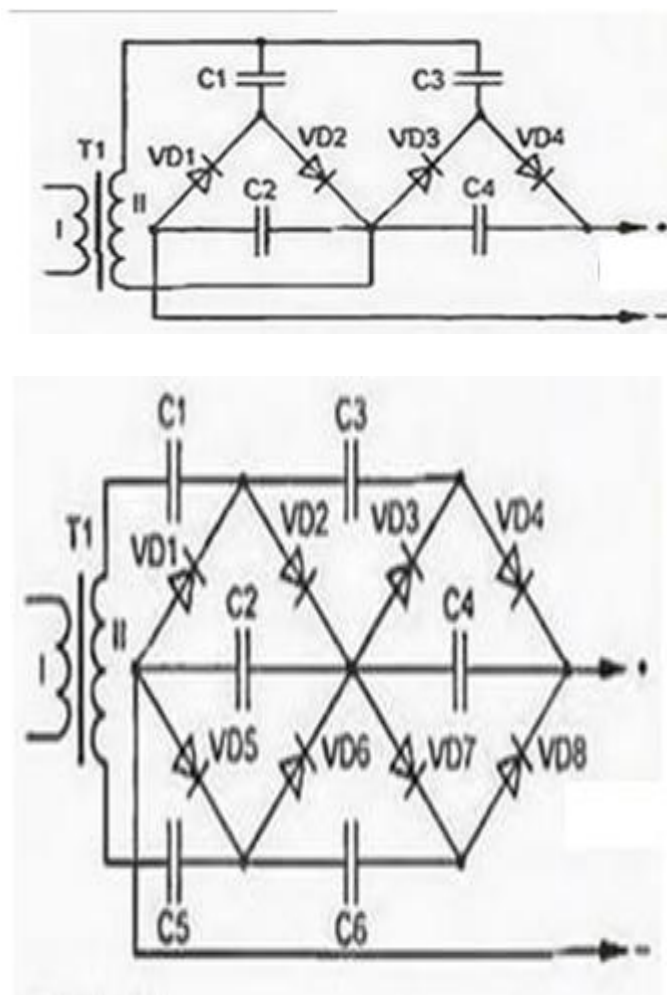


Сурет 1.2 – Параллельді көбейткіш

Ең жиі тізбекті көбейткіштер қолданылады. Олар әмбебап болады, диодтар мен конденсаторлардағы кернеу біркелкі бөлінген, көбейту

сатыларының көп санын жүзеге асыруға болады. Параллельді көбейткіштердің де өз артықшылықтары бар. Алайда, олардың конденсаторлардағы кернеуді көбейту сатылары санын көбейтумен арттыру сияқты кемшілігі, оларды шамамен 20 кВ Шығыс кернеуіне дейін қолдануды шектейді.

1.3-ші және 1.4-суреттерде қос периодтық көбейтгіштер сұлбалары келтірілген. Бірінші күшейткіштің қасиеттеріне (сурет 1.3) келесілерді жатқызуға болады: C1, C3 конденсаторларына тек амплитудалық кернеу салынған, диодтарға жүктеме біркелкі, шығу кернеуінің жақсы тұрақтылығына қол жеткізіледі. Екінші көбейтгіш, оның схемасы 1.4 суретте келтірілген. Олар жоғары қуатты қамтамасыз ету мүмкіндігі, дайындау қарапайымдылығы, компоненттер арасындағы жүктемені біркелкі бөлу, көбейту сатыларының көп саны сияқты қасиеттер ерекшеленеді.



Сурет 1.3, 1.4 - Қос периодтық көбейткіштер сұлбалары

Кестеде параметрлердің типтік мәндері және кернеуді көбейтудің қолданылу саласы келтірілген.

Кесте 1.1 - Параметрлердің типтік мәндері және кернеуді көбейтудің қолданылу саласы

Шығыс кернеу, В	Шығыс қуаты, Вт	Кіріс кернеуінің типтік мәндері, В	Біржарты периодты көбейткіш	Екіжарты периодты көбейткіш
1000	<50 50...200 >200	200...500 500 500	+	+ +
2500	<50 50...200 >200	250...500 1000 1000	+	+ +
5000	<50 50...200 >200	250...2500 2500 2500	+	+ +
10000	<50 50...200 >200	2500...5000 5000 5000	+	+ +
20000	<50 50...200 >200	2500...10000 5000...10000 5000...10000	+	+ +
30000	<50 50...200 >200	2500...10000 5000...10000 5000...10000	+	+ +
50000	<30 30...100 >100	5000...10000 5000...10000 5000...15000	+	+ +
75000	<30 ≥30	7500...15000 5000 артық	+	+
100000	<30 ≥30	7500...15000 5000 артық	+	+
150000	<30 ≥30	7500...15000 5000 артық	+	+

Көбейткішті есептеу кезінде оның негізгі параметрлерін көрсету керек: шығыс кернеуі, шығыс қуаты, кіріс айнымалы кернеуі, талап етілетін габариттер, жұмыс шарттары (температура, ылғалдылық).

Сонымен қатар, кейбір шектеулерді ескеру қажет: кіріс кернеуі 15 кВ артық болмауы мүмкін, айнымалы кернеу жиілігі 5 шегінде шектелген... 100 кГц. шығу кернеуі-150 кВ артық емес, жұмыс температурасының аралығы -55 - тен +125*С дейін, ал ылғалдылығы-0...100 %. Іс жүзінде, қуаты 50 Вт-қа дейін көбейткіштер жасалады және қолданылады, дегенмен 200 Вт немесе одан жоғары мәндерге қол жеткізуге болады.

Көбейткіштің шығыс кернеуі жүктеме тогына байланысты. Кіріс кернеуі мен жиілігі тұрақты болған жағдайда, ол мынадай формуламен анықталады: $U_{вых} = N \cdot N_{вх} - [1 (N^3 + 9N^2/4 + N/2)]/12FC$, мұнда I - жүктеме тогы. A ; N - көбейту сатыларының саны; F - кіріс кернеуінің жиілігі. Гц; C - сатының конденсаторының сыйымдылығы, Ф. Шығыс кернеуін, токты қоя отырып, сатылардың жиілігі мен санын, одан саты конденсаторының талап етілетін сыйымдылығын есептейді.

Бұл формула тізбекті көбейткішті есептеу үшін келтірілген. Сол шығыс тогын алу үшін параллельде қажетті сыйымдылық аз болады. Егер конденсатордың бірізді сыйымдылығы 1000 пФ болса, онда үш сатылы параллельді көбейту үшін $1000 \text{ пФ} / 3 = 333 \text{ пФ}$ сыйымдылығы қажет болады. Мұндай көбейткіштердің әрбір келесі сатысында үлкен номиналды кернеуі бар конденсаторларды қолдану керек.

Диодтағы кері кернеу және тізбекті көбейткіштегі конденсаторлардың жұмыс кернеуі кіріс кернеуінің толық өлшеміне тең.

Көбейткішті практикалық іске асыру кезінде оның элементтерін таңдауға, оларды орналастыруға және оқшаулау материалдарына ерекше назар аудару керек. Конструкция көбейткіштің сенімділігін төмендететін, оның істен шығуына әкелетін корондық разрядтың туындауын болдырмау үшін сенімді оқшаулауды қамтамасыз етуі тиіс.

Егер Шығыс кернеуінің полярлығын өзгерту қажет болса, диодтардың қосу полярлығын кері өзгертуге болады.

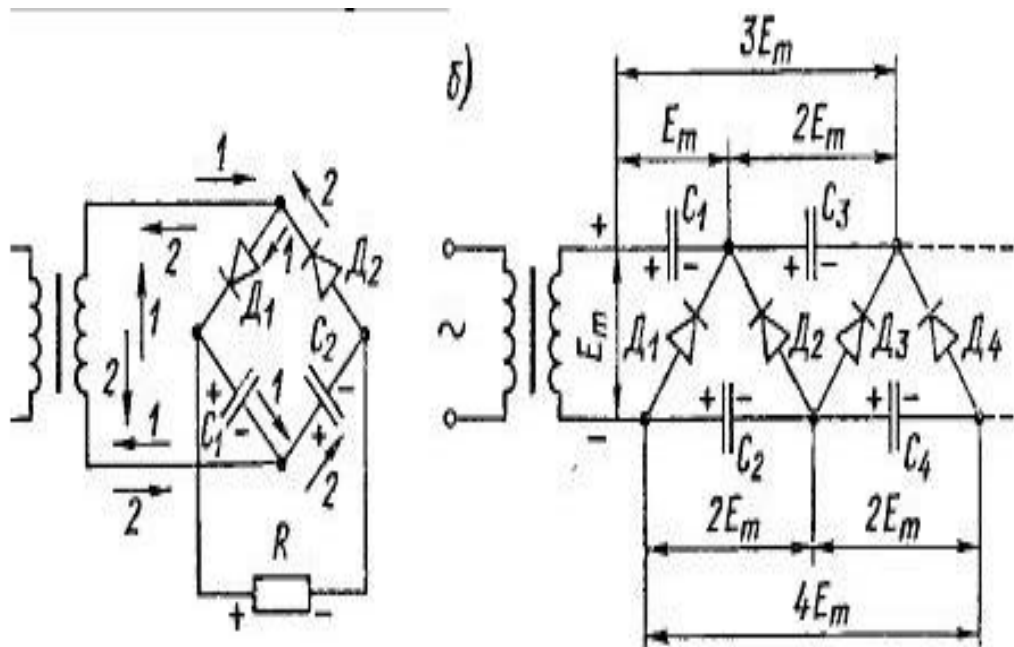
Түзеткіш - айнымалы токты тұрақты токқа түрлендіруге, сондай-ақ түзетілген кернеуді тұрақтандыру мен реттеуге арналған құрылғы.

1.5- суретте трансформатордың ортаңғы нүктесімен қосарланған кернеу орамасы жоқ болады, бірақ жартылай толқынмен түзетумен қатар түзеткіш кернеуді екі есе арттырады

Бірінші жартылай периодында диод D_1 арқылы, кернеу тура, конденсатор C_1 қайталама орамның амплитудалық кернеуіне дейін шамамен зарядталады. Екінші жартылай периодқа тікелей кернеу диодында D_2 болады және сол арқылы C_2 конденсаторы зарядталады.

C_1 және C_2 конденсаторлары тізбектей қосылған және олардың жиынтық кернеуі трансформатордың екі амплитудалық кернеуіне тең. Сол максималды кері кернеу әрбір диодта болады. C_1 және C_2 конденсаторлардың зарядымен бір мезгілде олардың R жүктемесі арқылы разряды болады, соның салдарынан конденсаторлардағы кернеу төмендейді.

R жүктемесінің кедергісі аз болған сайын, яғни жүктеме тогы көп болған сайын және C_1 және C_2 конденсаторлардың сыйымдылығы аз болған сайын, олар соғұрлым тез ыдырайды және соғұрлым олардың кернеуі төмен болады. Сондықтан кернеуді екі есе арттыруға болмайды. Конденсаторлардың сыйымдылығы 10 мкФ кем емес және жүктеме тогы 100 мА көп емес болғанда, трансформатормен берілетін кернеуден 1,7 немесе тіпті 1,9 есе көп кернеуді алуға болады.



Сурет 1.5 - Түзеткіштердің екі еселеумен (а) және кернеуді есепке алумен (б) схемалары

Электр тізбегінің артықшылығы - конденсаторлар түзетілген токтың қиғаштарын тегістейді.

Түзеткіштердің сұлбаларын кернеуді кез келген санға көбейту арқылы жүзеге асыруға болады. 1,б – Суретте кернеуді есепке алатын және төрт диод пен төрт конденсатор бар схема көрсетілген. Тақ жарты кезеңдерде C_1 конденсатор D_1 диоды арқылы трансформатор E_T кернеуінің амплитудасының мәніне дейін зарядталады. Зарядталған конденсатор C_1 көзі болып табылады.

Сондықтан трансформатордың кернеу полярлығы кері болатын жұп жартылай периодтарға C_2 конденсаторы диод D_2 арқылы шамамен екі еселенетін кернеуге $2E_T$ дейін зарядталады. Бұл кернеу тізбектелген трансформатордың және C_1 конденсаторының жиынтық кернеуінің ең жоғарғы мәні болып табылады.

Сонымен қатар, C_3 конденсаторы D_3 диод арқылы тақ жартылай периодқа да $2E_T$ кернеуіне дейін зарядталады, ол C_1 , трансформатордың және C_2 тізбектелген қосынды кернеуі болып табылады (бұл жағдайда C_1 және C_2 кернеулері бір-біріне қарама-қарсы әрекет ететінін ескеру қажет).

Мұндай жолмен талдай отырып, C_4 конденсаторы D_4 диод арқылы жұп жартылай периодқа зарядталады деп табамыз. Тағы да $2E_T$ кернеуге дейін, ол C_1 , C_3 , трансформаторда және C_2 кернеулердің сомасы болып табылады. Әрине, конденсаторлардың көрсетілген кернеуге дейінгі заряды түзеткішті қосқаннан кейін бірнеше жартылай период ішінде біртіндеп жүреді. Нәтижесінде C_1 және C_4 конденсаторларынан есептік кернеу $4E_T$ алуға болады.

C_1 және C_3 конденсаторларынан бір мезгілде $3E_T$ кернеуін алуға болады. Егер сұлбаға сол принцип бойынша қосылған конденсаторлар мен

диодтар қосылса, онда $C1$, $C3$, $C5$ және т.б. конденсаторлардың қатарынан так сан рет (3, 5, 7 және т. б.) ұлғайтылған кернеулер алынады, ал $C2$, $C4$, $C6$ және т. б. конденсаторлардың қатарынан жұп сан рет (2, 4, 6 және т. б.) ұлғайтылған кернеулер алуға болады.

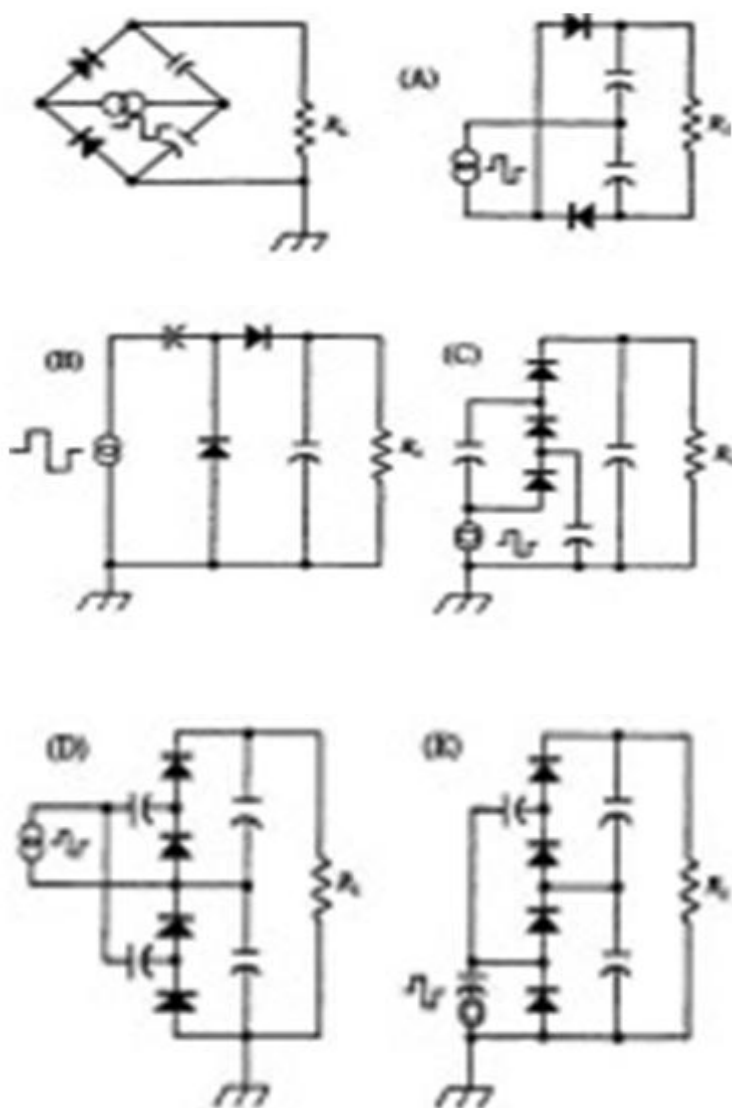
Жүктемені қосқанда конденсаторлар ажыратылады және оларға кернеу төмендейді. Жүктеме кедергісі аз болған сайын, конденсаторлар соғұрлым тез ыдырайды және соғұрлым төмен кернеу болады. Сондықтан жүктеме кедергісінің жеткіліксіз болуы кезінде мұндай схемаларды пайдалану тиімсіз болады.

Іс жүзінде мұндай схемалар шағын жүктеме токтарында ғана кернеудің тиімді көбейтілуін береді. Әрине, конденсаторлардың сыйымдылығын арттырса, үлкен токтарды алуға болады. Келтірілген сұлбаның артықшылығы жоғары вольтты трансформаторсыз жоғары кернеулерді алу мүмкіндігі болып табылады. Сонымен қатар, конденсаторлардың жұмыс кернеуі тек $2E_T$ болуы тиіс, кернеу қанша рет көбейтілетініне қарамастан және әрбір диод тек $2E_T$ -ке тең ең жоғары кері кернеу кезінде жұмыс істейді.

Соңғы уақытқа дейін кернеуді көбейткіштер бағаланбаған. Көптеген әзірлеушілер бұл схемаларды шам технологиясы тұрғысынан қарайды, сондықтан кейбір тамаша мүмкіндіктерді жіберіп отырады. Теледидардағы кернеу есептегіштері мен бекітгіштерді қолдану сәтті шешім болғаны жақсы. Бақытымызға орай, біз ИИП-де рентгендік сәулеге байланысты мәселелерді шешудің қажеті жоқ, бірақ кернеуді көбейту схемасы жиі жоғары жиілікті коммутацияны қолданып және алынып тасталған әдеттегі әдістермен айқын шекке жеткеннен кейін өлшемдерді одан әрі төмендету үшін пайдалы болуы мүмкін. 60 Гц жиілікте жұмыс жасайтын трансформаторлар. Басқа жағдайларда, кернеу көбейткіштері қайталама трансформаторды қолдана отырып қосымша шығыс кернеуді алуға мүмкіндік береді.

Көптеген оқулықтар кернеуді көбейткіштер кемшіліктерінде толық тоқтайды. Олар кернеудің тұрақтылығы нашар және тым күрделі деп мәлімдейді. Бұл кемшіліктердің мәлімдемесі негізге ие, бірақ ол әрдайым 60 Гц жиіліктегі синусоидалы кернеулермен жұмыс істейтін түтік тізбектерін пайдалану тәжірибесіне негізделген. Кернеу көбейткіштерінің қасиеттері олар синусоидалы емес кернеулерден гөрі тікбұрышты, әсіресе жоғары жиіліктермен жұмыс істегенде едәуір жақсарады. Коммутация жиілігі 1 кГц және одан да 20 кГц болса, кернеу мультипликаторы өзінің мүмкіндіктерін асыра бағалауға лайық. Егер квадрат толқыны үшін шыңы мен түбірінің орташа квадраттық мәні тең болатындығын ескерсек, мультипликатор тізбегіндегі конденсаторлардың синусоидалы толқындармен салыстырғанда зарядтың жинақталу уақыты әлдеқайда ұзын болады. Бұл кернеудің жоғарылауында және сүзгілеуді жақсартуда көрінеді. Өте жақсы тұрақтылық синусоидалы кернеумен де мүмкін, бірақ үлкен конденсаторлардың арқасында ғана мүмкін болады. Кейбір пайдалы кернеу мультипликативті тізбектері суретте көрсетілген. Суретте бірдей тізбектің екі түрлі бейнесі. (А) құрылымды құру тәсілі кейде жаңылыстыруы мүмкін екенін көрсетеді.

Қазіргі уақытта тұрақтылық кернеу көбейткіштерінде үлкен проблема болып табылмаса да, бір немесе бірнеше кері байланыс ілмектері тұрақты токтың кернеуін түпкілікті тұрақтандыруды қарастыратын жүйеде өте жақсы тұрақтылық қажет емес. Атап айтқанда, кейбір кернеу көбейткіштері 50 пайыздық инверторлық циклмен өте жақсы жұмыс істейді. Тиісті кернеу кондиционерлері тұрақтандырылмаған қуат көзі ретінде ұсынылады, әдетте кері байланыс ілмектері бар тұрақтандыру тізбегінен бұрын. Әдетте бұл пайдалану тұрақты кернеу түрлендіргішіне тұрақты кернеумен байланысты. Мысалы, 60 Гц желілік кернеуді түзетуге және екі есе арттыруға болады. Содан кейін бұл тұрақты кернеу тұрақты кернеудің тұрақтыға күшті түрлендіргішінде қолданылады, оны импульсті тұрақтандырғыш түрінде жасауға болады.



Сурет 1.6 - Кернеуді көбейту сұлбалары а, в, с, д, е

Кернеуді көбейту жақсы инверторды жасауды жеңілдетеді. Инвертор трансформаторы бір ғана трансформация коэффициентімен жақсы жұмыс істейді. Бұл шамадан айтарлықтай ауытқулар, әсіресе кернеудің жоғарылауы

кезінде, трансформатордың орамдарында шашыраудың айтарлықтай үлкен индуктивтілігінің пайда болуына әкеп соғады, онсыз инвертордың тұрақсыз жұмысын тудырады. Мысалы, инверторлармен және түрлендіргіштермен эксперимент жасаған адамдар қарапайым схеманың жұмысында ең ықтимал ақаулар жиілігі есептеуден ерекшеленетін тербелістер екенін жақсы біледі. Ал шашыраудың индуктивтілігі ауыстырып қосқыш транзисторлардың бұзылуына әкелуі мүмкін. Бұл проблеманың алдын алуға болады, кернеу көбейткішін қолдану арқылы трансформация коэффициенті шамамен бір трансформаторды пайдалану үшін.

Суреттегі екі схема да (А) электрлік бірдей. Әр түрлі тізбектерді жерге қосудың рұқсат етілген және рұқсат етілмеген нұсқаларына назар аударыңыз-кейбір жағдайларда генератор мен жүктеме бір саңылау нүктесін пайдалана алмайды.

Синусоидальды кернеулермен жұмыс жасағанда, кернеу көбейткіштері кернеудің ең жоғары мәндерімен жұмыс жасайтындығын есте ұстаған жөн. Осылайша, кернеуі 100 В болатын кіріс кернеуімен жұмыс істейтін кернеудің екі еселігі $2 \times 1,41 \times 100 = 282 \text{ V}$ жүктеме кернеуін береді, егер конденсаторлардың сыйымдылығы үлкен болса және жүктеме салыстырмалы түрде аз болса болса, нәтиже кірістің тиімді кернеуінің үш есе өсуіне ұқсайды. Ұқсас дәлел басқа көбейткіштерге де қатысты.

Егер барлық конденсаторлардың сыйымдылығын және кірісіндегі синусоидалы кернеуді тең қабылдайтын болса, онда кернеуді көбейткіштер мынадай шамаға ие болуы тиіс кем дегенде 100, мұнда ($\cos \theta = 2K /$, жұмыс жиілігі герцте көрсетілген, фаралардағы сыйымдылық, а – қосылуы мүмкін ең төменгі жүктемеге сәйкес келетін оңдардағы тиімді кедергі болуы тиіс. Бұл жағдайда шығу кернеуі ең жоғары қол жетімді тұрақты кернеудің кемінде 90% - ын құрайды және салыстырмалы түрде әлсіз өзгереді. Тік бұрышты пішінді кернеу үшін $\cos \theta$ шамасы 100-ден аз болуы мүмкін.

Кернеуді көбейткіштердің схемасын таңдау кезінде жерге тұйықтауға назар аудару керек. Генератор символы әдетте трансформатордың екінші орамасын білдіреді. Егер жүктеме шықпаларының бірі жерге тұйықталса, онда бір жартыпериодты сұлбаларда трансформатордың бір шықпасының жерге тұйықталуы мүмкін, ал екі жартыпериодты да жоқ. Екі жартыпериодты сұлбалар екі полярлы шығымы бар көздерді алуға ыңғайлы, онда бір шығу жолы жерге қатысты жолақтық әлеуетке ие, ал екіншісі теріс және әрбір шығу жолында толық шығу кернеуінің жартысы бар.

Суретте көрсетілген схемалар бірдей және екіжартыпериодты кернеудің екі еселенуімен екіжартыпериодтым түзеткіш болып табылады. Суреттің В сұлбасы бұл бір жартыпериодты түзеткіш, кернеудің екі еселенуімен. С сызбасы бір кезеңді үштік ретінде жұмыс істейді. D сызбасында екі кезеңді есептегіш көрсетілген, ал E суреттегі бір кезеңді есепке алушы кернеуді көбейткіштер, олар жоғары кернеумен кинескоптарды қамтамасыз ететін кері жүрісті қоректендірудің телевизиялық көздерінде кеңінен қолданылады. Олар сондай-ақ Гейгер есептегіштерінде, лазерлерде, электростатикалық сепараторларда және т. б. пайдаланылады.

Кернеудің екі жартыпериодты көбейткіштері жақсы тұрақтылық пен бір жартыпериодтыққа қарағанда аз пульсациялау болса да, жоғары жиіліктегі тікбұрышты тербелістер қолданылса, іс жүзінде айырмашылықтар аз болады. Үлкен сыйымдылықтағы конденсаторларды пайдалана отырып, әрқашан кернеудің тұрақтылығын жақсартуға және пульсациялауды азайтуға болады. Жалпы, 20 кГц және одан жоғары жиіліктегі жерге қосудың жалпы нүктесінің бір жартыпериодты көбейткіштедің болуы конструкторды таңдауға анықтаушы ретінде әсер етеді.

Қарапайым каскадтардың көп санын біріктіре отырып, өте жоғары тұрақты кернеуді алуға болады. Бұл әдіс жаңалық болмаса да, жартылай өткізгіш диодтарды пайдалана отырып, оны жүзеге асыру шын мәнінде қыздыру тізбектерінен оқшаулаудың міндеттерін және құнын күрделендіретін бұрынғы шам түзеткіштерінен оңайырақ болып шықты. Көп каскадты кернеуді көбейткіштердің екі мысалы суретте көрсетілген. Олар кіріс айнималы кернеуінің амплитудалық мәнін сегіз есе көбейтеді. Схемасында бір де бір конденсаторда кернеу 2К шамасынан аспайды. Суретте кіру және шығу үшін жалпы жер нүктесі болып табылады. Алайда, конденсаторлардың номиналды кернеулері схеманың шығуына жақындай түсуіне қарай біртіндеп жоғарылауы тиіс. 60 Гц жиілігінде бұл мөлшері мен бағасының өсуіне әкеледі, бірақ жоғары жиіліктерде бұл кемшіліктер аз сезіледі. Екі тізбектегі диодтар Е максималды кіріс кернеуіне төтеп беруі керек, бірақ сенімділігі үшін номиналды кернеуі Е-ден кемінде бірнеше есе жоғары диодтар қолданылуы керек. Осы тізбектерде әдетте бірдей сыйымдылығы бар конденсаторлар қолданылады. Сыйымдылық неғұрлым үлкен болса, соғұрлым тұрақтылық жақсырақ болады және аз шағылыс болады. Алайда, үлкен конденсаторлар диодтарға максималды ток шамаларына қатысты жоғарылатылған талаптар қояды.

Суретте көрсетілген схема электроникада өзгерту үшін өте пайдалы болды. Ескеру керек, ол бір полярлы импульс тізбектерінен жұмыс істейді. Бұл Кок-рофт-Уолтон кернеуін көбейту схемасы, ол әдебиетте жиі кездеседі. Барлық конденсаторлар бірдей сыйымдылық пен бір номиналды кернеу Е болуы мүмкін, бірақ келесі тәсілді қолдану жақсы:

Алдымен шығыстық конденсатордың сыйымдылығын есептейміз

$$C_0 = \frac{I_0 t}{V}, \quad (1.1)$$

мұндағы q — ампердегі Шығыс тогы;

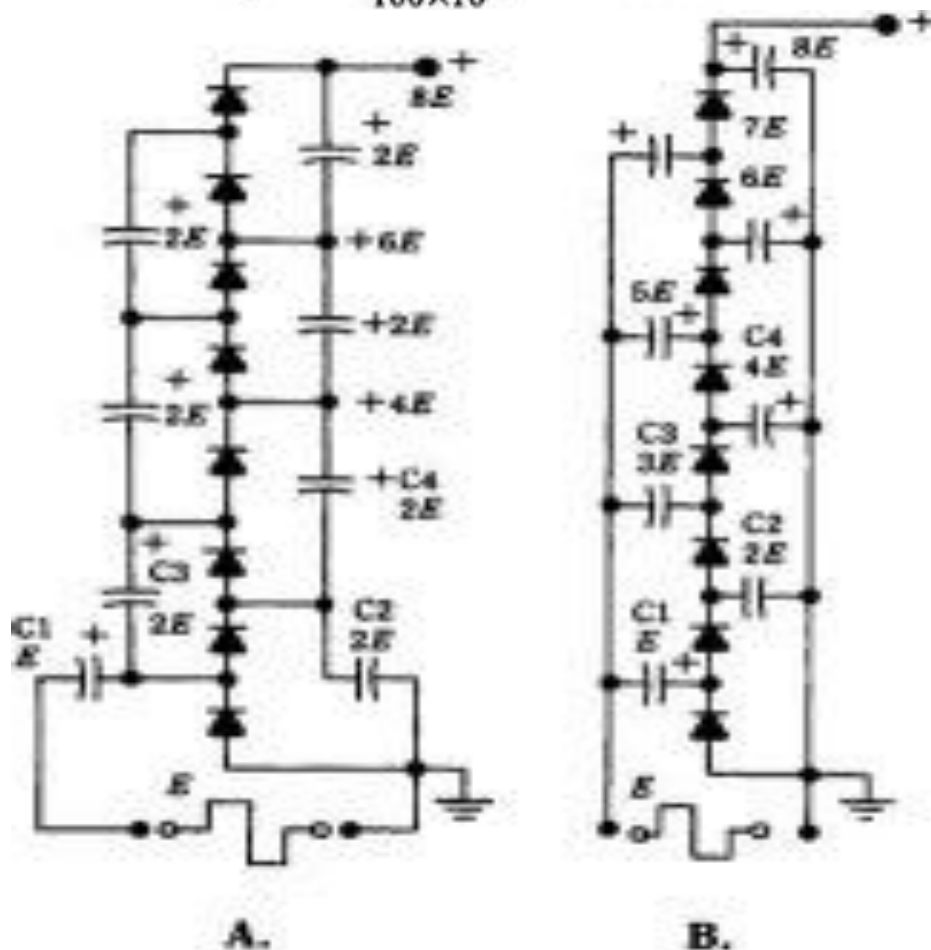
a / – микросекундтардағы бір полярлы импульстің ұзақтығы.

Мысал ретінде = 40 мА болсын. Егер сіз жиілігі 20 кГц тең деп қабылдасаңыз, онда t 20 кГц кері шамасының жартысын құрайды, немесе

$$t = \frac{1}{2 \times 20 \times 10^3} = 25 \times 10^{-6} \text{ c}$$

V кернеу ретінде пульсацияның ең жоғары шамасы қабылданады. Сіз 100 мВ мөлшерін санауға болады, сонда

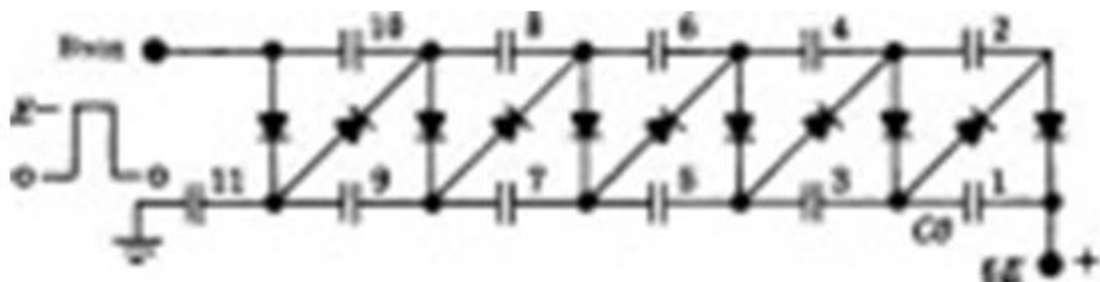
$$C_0 = \frac{40 \times 10^{-3} \times 25 \times 10^{-6}}{100 \times 10^{-3}} = 10 \text{ мкФ}$$



Сурет 1.7 - Көп каскадты кернеуді көбейтудің екі нұсқасы. (А) бұл схемада бір де бір конденсаторда 2Е Жоғары кернеу жоқ. (В)

Бұл схеманың ерекшелігі кіру және шығу үшін жерге тұйықтаудың жалпы нүктесі болып табылады. Электр тізбегінің кірісіне жақындаған кезде конденсаторлардың сыйымдылығы С соңғы конденсаторының сыйымдылығымен салыстырғанда бірнеше есе артады. Бұл есептеулер қарапайым, бірақ егер сіз оларға мұқият назар аудармасаңыз, дәл болмауы мүмкін. Электр тізбегіндегі конденсаторлардың қасындағы сандарға назар аударыңыз. Бұл сыйымдылықтың нақты мәнін алу үшін С сыйымдылығын көбейту қажет болатын коэффициенттер. Осылайша, 2 санымен тағайындалған конденсатордың сыйымдылығы 2С немесе біздің мысалда 10 мкФ x 2 = 20 мкФ болады. Конденсатордың сыйымдылығы 5С немесе 50 мкФ құрайды. Алғашқы конденсатордың 1С немесе 10 микрофарад сыйымдылығы бар.

Бұл сандар қайдан келеді? Олар тізбек бойымен токтардың салыстырмалы мәнін білдіреді. Егер конденсаторлардың жанында суреттегі сандар жоқ болса, мына өрнек арқылы оларды анықтауға болады (2/1-1). Мұнда p кіріс кернеуінің көбейту коэффициентін ұсынады. Әлбетте, алты $p = 6$ көбейткіште. Сіз кіріс конденсаторынан бастайсыз және $2P = 11$ деп табасыз. Содан кейін конденсаторлардың төменгі қатары бойымен жалғастырыңыз 2/1-3, 2/2-5, 2/1-7, 2/2-9 ақырында, үшін - (2/2-11). Содан кейін, осы процедураны орындаңыз, бірінші конденсатордан бастап сол жақта жоғарғы қатарда. Бұл жолы, көбейткіштер, келесі: 2/2-2, 2/2-4, 2/2-6, 2/2-8 ақырында, оң жақ 2/2-10 тұйықтағыш конденсатор үшін.



Сурет 1.8 - Бір полярлы импульстер көзінен жұмыс істейтін кернеуді алтыға көбейткіш

Конденсаторлармен қатар сандардың тағайындалуы мәтінде түсіндірілген.

Кіріс алдында конденсаторлардың шығу жолына жақынға қарағанда үлкен сыйымдылығы бар, ол, әрине, кірерде жеткілікті үлкен болуы тиіс зарядты секірумен байланысты. Бір цикл ішінде зарядтың 2/2-1 тасымалдануы шығады. Мұндай тасымалдардың әрқайсысында энергияның табиғи жоғалуы болады. Егер конденсаторлардың сыйымдылықтары жоғарыда айтылғандай есептелген болса, бұл энергия шығыны аз.

Кез келген кернеуді көбейткіштің бірінші сынағы ауыспалы автотрансформатормен немесе кіріс кернеуін бірқалыпты арттыруға мүмкіндік беретін қандай да бір басқа құрылғымен өткізілуі тиіс. Әйтпесе, токтың секіру диодтары бұзылуы мүмкін. Бұл ережені сақтаудың қатаңдығы конденсаторлардың сыйымдылығы, қуат деңгейі, жиілігі, ESR конденсаторлар және, әрине, диодтардың номиналды жоғары тогы сияқты факторларға байланысты. Мүмкін, көбейткіштің кірісінде терморезисторды немесе реле есімімен қосылатын резисторды қоюға болмайды. Екінші жағынан, көптеген жағдайларда қорғаныссыз жұмыс істеуге болады, себебі үлкен шындық токтармен жұмыс істейтін диодтар жеткілікті. Кейде, "көрінбейтін" қорғаныс, мысалы, кіріс трансформаторы токтың үлкен секіруін қамтамасыз ете алмайды.

Жоғары кернеулермен жұмыс кезінде диодтар бойынша тікелей кернеудің төмендеуі үлкен емес. Төмен кернеу кезінде кернеудің жиынтық

төмендеуі диодтар арқылы қажетті шығыс кернеуіне қол жеткізуге жол бермейді және кернеу көбейткішінің ПӘК едәуір төмендетеді. Диодтардың кері қалпына келу уақыты кіріс кернеуінің жиілігімен сәйкес келетініне көз жеткізіңіз. Әйтпесе, есептелген кернеу мультипликаторы «жұмбақ» болмайды.

1.2 Жоғары вольтты блоктар, модульдер және олардың компоненттері

ВВИП құрылымдары мен схемаларын қараған кезде, оларға кіретін жоғары вольтты (ВВ) блоктар мен модульдердің негізгі сипаттамалары мен ерекшеліктері, сондай-ақ жоғары вольтты компоненттердің параметрлері туралы кейбір мәліметтер келтіріледі. Аталған жұмыстар бұрыннан жарияланған. Олар қазіргі уақытта да белгілі бір мәннен айырылып қалмаса да, онда осы саладағы қазіргі заманғы жетістіктер ескерілмеген. Осыған байланысты авторлар жалпылама сипаттағы ақпаратты да, нақты ВВ-блоктардың, модульдердің және оларда пайдаланылған компоненттердің, оның ішінде шетелдік өндірістің техникалық шешімдерінің мысалдарын да береді. [1] көрсетілгендей, талдау негізінен кең таралған, қуаты 100 Вт-тан 3-5 кВт-қа дейінгі және кернеуі 60 кВ дейінгі ВВИП ВВ-блоктарына қатысты, сондай-ақ авторлардың практикалық тәжірибесі негізінде жүргізіледі.

Жалпы жағдайда жоғары вольтты блокқа кіреді:

- жоғары вольтты (ВВ) трансформатор,
- жоғары вольтты түзеткіш немесе ВВ түзеткіш-көбейткіш (ВВУ),
- қорғаныс компоненттері (ток шектегіш резисторлар, разрядтағыштар, реле),
- жоғары кернеулі бөлгіш (ДВН),
- қыздыру тізбектері немесе торлар қоректендірудің жоғары потенциалды трансформаторлары (мысалы, РТ үшін)

Импульстік шығымы бар ВВИП-те қосымша жоғары вольтты қалыптау тізбектері бар (қалыптастыратын желілер, басқарылатын және басқарылмайтын ажыратқыштар және т.б.) [5-7]. Жоғары вольтты компоненттер мен модульдерді көптеген компаниялар шығарады, алайда Ресейде авторлардың қолда бар ақпараттары бойынша, жоғары вольтты модульдер мен компоненттердің жеткілікті кең номенклатурасын мақсатты түрде өндіретін фирмалар жоқ. Көптеген өндірушілер басқалардың қатарында жоғары вольтты компоненттердің жекелеген түрлерін шығарады: диодтар, түзеткіш бағаналар, құрастырмалар, конденсаторлар, резисторлар және т. б. Сонымен қатар, олардың көпшілігі болып табылады дистрибьюторлар шетелдік компаниялар. Шетелде жағдай жақсы. Dean technology компаниялар тобы өзінің еншілес компаниялары — HVCA (High Voltage Component Associates), СКЕ және HVPSI (High Voltage Power Solutions) қызметінің арқасында жоғары вольтты компоненттердің кең номенклатурасын шығарады.

HVCA жоғары вольтты диодтарды, кернеуді көбейтгіштерді, түзеткіштерді, түзеткіш көпірлерді жобалау мен өндіруге маманданған. СKE-үлкен кернеу мен токтарға арналған кремний түзеткіштерді, металл-оксидті варисторларды, селен супрессорларын, кремний карбиді негізіндегі варисторларды, жоғары вольтті керамикалық конденсаторларды өндіруші. Spellman компаниясы ВВИП кең гаммасын шығарумен қатар, кейбір ВВ-модульдерді, моноблоктарды және керек-жарақтарды шығарады.

1.3 Жоғары вольтты трансформаторлар

ВВ трансформаторының ерекшелігі, ең алдымен, екінші реттік жоғары вольтты ораманы арнайы іске асырудан тұрады: секциялау, әр секцияның трапециялы орамасы, оқшаулағыш шайғыштармен секцияларды бөлу және т.б., кернеуі 50-60 кВ-қа дейінгі ВВИП үшін трансформатордың бір орамындағы жоғары кернеудің шамасы. жалпы 2–8 кВ ішінде таңдалған. Бұл орамадағы кернеудің одан әрі артуы трансформатор дизайнын қиындатуға әкелетіндігіне байланысты. Сонымен қатар, CS орамасының паразиттік сыйымдылығы айтарлықтай артады. Жоғары кернеудің қажетті шамасын қамтамасыз ету үшін ВВИП түрлі әдістер қолданылады, мысалы, трансформатордың бірнеше орамдары жоғары вольтты блоктағы түзеткіш модульдерді каскадты тізбекті қосу арқылы комплексацияланады [2]. Бір жоғары вольтты орама болған кезде кернеуді көбейтетін [3] қолданылады. Жоғары вольтты орама орамдарының санын ұлғайтпай, көбейтгіш шығысындағы кернеудің біршама көтерілуі резонанстық немесе квазирезонанстық инверторлардың сұлбаларын қолданған кезде де мүмкін.

Төмен вольтты, ВВ-трансформаторларда көлемі бойынша (оқшаулау қабатының қалыңдығы мен сапасы) қарағанда үстіңгі жағынан сапалы оқшаулауды қамтамасыз ету қиынға соғады. ВВ-трансформаторлардың өзінде немесе барлық ВВ-блогымен жиынтықта келесі оқшаулама түрлері қолданылады: май (май-бедергіш), газ және қатты жанатын.

Майлы оқшаулау

Бұл жағдайда қабаттардың бастапқы оқшауламасы және қуатты трансформатордың орамасы жұқа кәбілдік (конденсаторлық) қағазбен (қалыңдығы 0,08–0,1 мм) орындалады. Екінші (негізгі) оқшаулама трансформатордың тазартудың жоғары дәрежелі трансформаторлық майы бар арнайы бак-қа орналастырумен жүргізіледі.

Ресейде қолданылатын майлардың маркалары: ТКп (ТУ 38.101890-81), селективті тазарту майы (ГОСТ 10121-76), Т-1500У (ТУ 38.401-58-107-97 (ТУ 38.1011025-85), ВГ (ТУ 38.401978-98), АГК (ТУ 38.1011271-89), МВТ (ТУ 38.401927-92). Бұл май маркаларында диэлектрлік шығындар бұрышының $TG = 2,2 \rightarrow 0,5$ ($T = 90^{\circ}C$ кезінде) тангенс бар. Осылайша, МВТ трансформаторлық майы гидрокаталитикалық процестерді қолдана отырып, парафинді мұнайдардан өндіріледі. Ол ионол қоспасынан тұрады, IIIA класты

майларға МЭК 296 стандартының талаптарын қанағаттандырады, бірегей төмен температуралы қасиеттерге, диэлектрлік шығындар бұрышының төмен тангенсіне және тотығуға қарсы жоғары тұрақтылығына ие. Май ажыратқыштарында және арктикалық орындалған трансформаторларда қолдануға ұсынылады [4].

Трансформаторлық майлардың диэлектрлік беріктігі негізінен талшықтар мен судың болуымен анықталады, сондықтан механикалық қоспалар мен майлардағы су толығымен болмауы тиіс. Майдың қату температурасы (-45°C және төмен) төмен температура жағдайында олардың қозғалысын сақтау үшін қажет. Жылудың тиімді бұрылуын қамтамасыз ету үшін трансформаторлық майлар әртүрлі маркалар үшін тұтану температурасы $+95$, $+125$, $+135$ және $+150^{\circ}\text{C}$ төмен емес тұтқырлыққа ие болуы тиіс. Трансформаторлық майлардың ең маңызды қасиеті-тотығуға қарсы тұрақтылық, яғни ұзақ жұмыс кезінде майдың параметрлерін сақтау қабілеті. Ресейде қолданылатын трансформаторлық майлардың барлық сорттары антиоксидтік қоспамен ингибирован, ол ретінде 2,6-дитретикалық бутилпаракрезол (сондай-ақ ионол, агидол-1 және т.б. атауларымен белгілі) қолданылады. Халықаралық электротехникалық комиссия (296 жарияланым) "трансформаторлар мен ажыратқыштарға арналған жаңа мұнай окшаулау майларына арналған Спецификация" стандартын әзірледі. Стандарт трансформаторлық майлардың үш класын қарастырады:

- оңтүстік аудандар үшін (қату температурасы -30°C жоғары емес),
- солтүстік аудандар үшін (қату температурасы -45°C жоғары емес),
- арктикалық аудандар үшін (қату температурасы -60°C) •

Класты белгілеудегі "А" әрпі майдың құрамында тотығу ингибиторы бар екенін көрсетеді, әріптің болмауы майдың ингибиторы жоқ екенін білдіреді.

Трансформаторлық майлар салыстырмалы "жұмсақ" жағдайларда жұмыс істейді. Көптеген қуатты трансформаторлар пленкалы диафрагмалармен немесе майды оттегіден (ауадан) окшаулайтын азот қорғанысымен жабдықталған. Тотығу өнімдерін жою кезінде майдың қызмет ету мерзімі көп есе артады. Бұл мақсатқа пайдалану кезінде трансформаторларға қосылатын силикагельмен толтырылған адсорберлер қызмет етеді. Электр аппараттарын толтыру алдында трансформатор майы терең термовакuumдық өңдеуден өтеді. Тазалық сыныбы ретінде анықталатын механикалық қоспалардың болуы кернеуі 220 кВ дейінгі жабдық үшін 11-ден кем болмауы және кернеуі 220 кВ жоғары жабдық үшін 9-дан кем болмауы тиіс [5]:

- 15 кВ дейін-30 кВ;
- 15-35 кВ-35 кВ;
- 60-150 кВ-55 кВ;
- 220-500 кВ-60 кВ;
- 750 кВ-65 кВ.

Трансформаторлық майларды жабдыққа құйғаннан кейін май құюға дейінгі майға қарағанда 5 кВ төмен сынамалы кернеудің рұқсат етілген мәні.

Тазалық класының бір бірлігіне нашарлауына және ауа құрамының 0,5% - ға өсуіне жол беріледі.

Май (майжарьерлік) оқшаулаудың жетіспеушілігі, іс жүзінде ВВИП пайдалану кезінде арнайы қондырғыда (мысалы, центрифугада) майды айдауға және тазартуға тура келеді. Бұл ретте кабельді қағаз да жоғары сапалы болуы керек, яғни ол қабыршықтанбауы, ылғалға төзімді болуы, ластанбауы және электр оқшаулау қасиеттері бойынша тексеруден өтуі тиіс. Жұмыста Петербург кәсіпорындарының бірінде авторлар жұмыс істеген практикадан мысал келтірілген. 1998 жылдың күзінде ЖВ-блоктардың бір партиясын кезекті шығару кезінде электр беріктігіне сынау кезінде сынау кернеуінің екі есе (50 кВ орнына 25 кВ) төмендеуі тіркелді. Талдау кабельдік қағаз сақтау ережелерін өрескел бұза отырып сақталғанын көрсетті: герметикалық орамда емес, ылғалдылығы жоғары болғанда жылытылмайтын үй-жайда. Нәтижесінде ол ылғалға "сорған", бұл трансформаторлық майдың электр беріктігінің параметрлерін төмендетті. Қағаз орамасын жақсарту және оны сақтау бойынша шаралар қабылданды, сондай-ақ трансформаторлардың катушкаларын орау алдында қағазды міндетті түрде кептіру енгізілді. Алдағы уақытта бұл аспектіде проблемалар туындаған жоқ.

Газды оқшаулау [6].

Газ оқшауламасы ретінде, мысалы, элегаз, хладон қолданылды. Технологиялық жағынан мұндай оқшаулауды орындау майға қарағанда одан да қиын. Біріншіден, өндірістік процестердің технологиялылығы мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету қажет. Екіншіден, трансформаторлар корпустарының және ВВ-блоктардың герметикалығына кепілдік беру, онда газ ұзақ уақыт пайдалану кезеңінде артық қысымда болады. Сондықтан оқшаулаудың бұл түрі отандық ВВ-блоктарда кең таралған жоқ.

Қатты оқшаулау

Эпоксидті компаундтармен және басқа да материалдармен (мысалы, "Виксинтом") құю негізіндегі қатты оқшаулау ВВ-трансформаторларды және жалпы ВВ-блоктарды құрастыру кезінде кеңінен қолданылады. Эпоксидті компаундтар эпоксидті шайырлар, толтырғыштар және қатайтқыштар негізінде жасалады. Қатырылған шайырлар металдарға, шыныға және басқа да материалдарға жоғары адгезиямен, механикалық беріктікпен, химиялық және суға төзімділікпен, жақсы диэлектрлік көрсеткіштермен сипатталады. Эпоксидті шайырлар кәдімгі жағдайларда, сондай-ақ төмен (-15 °С дейін) немесе жоғары (+60...+125 °С) температураларда қатая алады. Қатайтқыш ретінде полиаминдер, көп негізді қышқылдар және олардың ангидридтері, көпатомды фенолдар, үшінші аминдер қолданылады. Эпоксидті шайырлардың ерекше ерекшелігі-ұшпа заттардың бөлінбеуі және аз шөгу (0,1–3%). Эпоксидті-диандық құю компаундтары өрт қауіпсіздігін жақсартатын және өнімнің өзіндік құнын төмендететін толтырғыштармен қолданылады. Герметикалық немесе құйма оқшаулау жоғары механикалық және электрлік беріктікті, ылғалға төзімділікті, кеңею мен жылу өткізгіштіктің шағын термиялық коэффициенттерін қамтамасыз ете отырып, орамның орамаларын жақсы цементтейді. Эпоксидті-Диан компаундтардың әлсіз жері-ультрақұлгін

сәулеленуге нашар тұрақтылық, бұл ВВ-блокларды сыртқы қолданғанда ғана маңызды. Мысалы, өздігінен өшетін эпоксидті компаунд "ЭКС" (патент РФ № 2056452) сымның диаметрі 0,025 мм дейін өрт қауіпсіз орындалған көп қабатты орау бұйымдарын ЖЗ және НВ сіңдіруге және құюға арналған. Оның негізгі сипаттамалары: электрлік беріктігі- $U^* = 30 \text{ кВ / мм}$; меншікті көлемді электр кедергісі $\rho = 1 \times 10^{15} \text{ Ом} \cdot \text{см}$; $TG = 0,014$ ($F = 1 \text{ МГц}$ және $T = +20 \text{ }^\circ\text{C}$ кезінде); жұмыс температурасының аралығы $T -60...+125 \text{ }^\circ\text{C}$. қатаю уақыты — 16 ч ($T = +90 \text{ }^\circ\text{C}$ кезінде). Бұл компаундтардың негізгі артықшылықтары: механикалық жүктемелерге әлсіз сезімталдық, жеткілікті жақсы игерілген техпроцесстер, әскери мақсаттағы өнімдердегі ВВИП үшін өте маңызды [7].

Басқа компаунд "Виксинт" — кремний органикалық, жұмсақ және серпімді құю. Ол орау және басқа да радиоэлектрондық бұйымдарды қорғау үшін қолданылады. Компаунд мөлдірлігі бұйымдардың ақауын және жөндеуін оңай жүргізуге мүмкіндік береді. Бірнеше "Виксинта" маркалары бар. Мысалы, "Виксинт ПК-68" (ТУ 38.103508-81) келесі сипаттамаларға ие: $U^* \geq 15 \text{ кВ/мм}$ ($T = +20...+25 \text{ }^\circ\text{C}$; салыстырмалы ылғалдылық — 65% артық емес); $\rho = 10^{13} \text{ Ом} \cdot \text{см}$; $TG \leq 0,025$ ($f = 106 \text{ Гц}$); температуралық режим $T = -60...+200 \text{ }^\circ\text{C}$.

ВВ-трансформаторлардың конструктивтік орындалуы.

Ол төмен вольтты трансформаторларға қарағанда әртүрлі. ВВ-трансформаторларда "габариттік көлемде" жиі бос кеңістік жоғары вольтты түзеткіш модульдер мен компоненттерді орналастыру үшін пайдаланылады. Бұл ВВ-блоқты ықшамдау ғана емес, бірақ аз емес дәрежеде — Сыртқы жоғары потенциалды қосылыстарды барынша азайту ұмтылысымен байланысты. Жоғары вольтты техника мен ВВ-трансформаторлардың маңызды талабы, атап айтқанда — жоғары әлеуетке ие бөлшектердің, компоненттер мен модульдердің "өткір", "тегістелмеген" контурларын алып тастау. ($3 \times 200 \text{ В/400 Гц}$) және ВВ-блоқтың құрылымдық орындалуы мысал ретінде 12 кВ/14 кВт ВВИП-те трансформаторлық-түзеткіш модульді (ТВМ) көрсетуге болады [3].

Қазақстанда [8] келтірілген есептеу мысалы ВВ-трансформатордың қуаты $10 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ демалыс кернеуі 24 кВ жиілігінде жұмыс істейтін шамамен 40 кГц. Есептеу кезінде $\Delta B = 0,15 \text{ Тл}$ өзекшедегі жұмыс индукциясының мәні қабылданды. Шығындарды барынша азайтуды ескере отырып, 2000нм1-17 материалынан феррит өзекшесі таңдалды (бірақ, негізінен, 1500нм3 немесе 2000нм3 сәйкес келеді). Одан әрі есептеу нәтижесінде терезесі $7,2 \times 8 \text{ см}$ және Қима ауданы 6 см^2 болатын ПК 72×28 типті магнит өткізгіш анықталды. Өзекшенің көлемі $V_c = 250 \text{ см}^3$, салмағы $G_c = 1125 \text{ г}$ (феррит тығыздығы $4,5 \text{ г/см}^3$ кезінде). Есептік шығындар: $P_c = 31,5 \text{ Вт}$, Мыстың орамасы — $P_m = 16,74 \text{ Вт}$ (беттік әсердің коэффициентін ескере отырып $K_{\sim} = 1,140 \text{ кГц}$). Осылайша, есептік пәк шамасы $h_p = 0,99$. Трансформатордың жалпы салмағы шамамен 4,3 кг.

1.4 Жоғары вольтты түзеткіштер

ЖЗ-түзеткіштерді жобалау туралы жалпы мәліметтер, мысалы, [2, 3, 11] жұмыстарында келтірілген. ЖЗ-түзеткіштер арнайы жоғары вольтты диодтарда (бағандарда) және конденсаторларда орындалады. Төменвольтті түзеткіштерге қарағанда, қуатты ВВ-түзеткіштерде 8-10 кВ Жоғары кернеу кезінде ВВ-диодтарды жүйелі-параллельді қосу әлдеқайда жиі қолданылады. Бұл, біріншіден, шығарылатын және жеткізілетін орташа "жоғары вольтты" диодтардың кең номенклатурасын, әсіресе әскери мақсаттағы аппаратураны пайдалануға ұмтылумен байланысты. Екіншіден, ВВ-блоктардың және жалпы ВВИП-дің үлкен қуатын қамтамасыз ету оңайырақ. Тізбектелген диодтардың санын анықтау кезінде мынадай шарттарды сақтау қажет [9]:

- диодтардың әрқайсысының URRM рұқсат етілген ең жоғары кері қайталанатын кернеуінің шамасы (техникалық шарттар бойынша) диодтағы ықтимал ең жоғары жұмыс кернеуінен 1,7–2 есе артық болуы тиіс •);

- аномальды үлкен немесе керісінше, ір ағу тогының аз мәні бар диодтар (бағаналар) жарамсыз болуы және осы типті түзеткіш модульдерде пайдаланылмауы тиіс.

Диодтарды параллель жалғағанда шарттар сақталуы тиіс:

- диодтардың әрқайсысының рұқсат етілген ең жоғары орташа тікелей тогының $I_F(AV)$ шамасы диодтың мүмкін болатын ең жоғары жұмыс тогынан 1,7–2 есе артық болуы тиіс;

- аномальды үлкен немесе керісінше, UFM кернеудің тікелей төмендеуінің аз мәні бар диодтар жарамсыз болуы және осы типті түзеткіш модульдерде пайдаланылмауы тиіс.

Мұндай шаралар диодтарды тізбектей қосу кезінде (25-30 кВ кернеулеріне дейін) шунтталатын жоғары вольтты Резисторларды және параллельді симметриялаушы Резисторларды пайдаланбай-ақ жүргізуге мүмкіндік береді. 30 кВ астам ЖЗ-түзеткіштердің шығу кернеулерінде диодтарды өтпелі процестер кезінде және басқа да штаттан тыс жағдайларда қауіпті асқын кернеулердің туындауын болдырмау үшін конденсаторлармен шунттау қажет. 4.электр жетегі және электр жетегі.

Жоғары вольтты диодтар мен бағандар [10].

Қарапайым ЖЗ-түзеткіш үшін (түзеткіш-көбейтгіш емес) URRM диодының ең жоғары кернеуі және $I_F(AV)$ ең жоғары тура тогы шығу жоғары кернеуінің және жүктеме тогының ең жоғары ықтимал мәндерінен артық болуы тиіс [11]. Сонымен қатар, диодтардың f_{max} максималды жиілігі (t_{rr} кері кедергісін қалпына келтіру уақытын ескере отырып) ВВ-түзеткіштің максималды жұмыс жиілігінен артық болуы маңызды. Қатаң айтқанда, ВВ-диодты анықтау деп санауға болады барлық диодтар, олардың шамасы кернеу URRM асса, 1000 В. Диодтардың с URRM = 1200; 1400; 1800 — телегей теңіз. Жұмыста [12] отандық және шетелдік өндірістің қуатты диодтарының параметрлері келтірілген. Мысалы, Д122-40-(12-18) типті отандық төмен жиілікті диодтар келесі параметрлерге ие: URRM = 1200-1800 В, $I_F(AV)$ = 40

A, UFM = 1,35 В, fmax = 1,5 кГц (trr = 7,2 мкс). Арасында тез істейтін (fast) диодтардың кетуіме, мысал үшін, арналған диод HFA30PB120 фирманың International Rectifier параметрлерімен: URRM = 1200 В, IF(AV) = 30 А, UFM = 3, trr = 37 нс. 3.SQL-дің негізгі параметрлері: URRM = 1200 В, IF(AV) = 10 А, UFM = 1,8 В, QR = 61 нКл қалпына келтіру заряды. Одан әрі тек арнайы ВВ-диодтар мен URRM кем емес кері кернеулі бағаналарды қарастырамыз.

Кесте 1.2 - Жоғары вольтті диодтар мен отандық және шетелдік өндірістің түзеткіш бағаналарының негізгі параметрлері

Атауы (өндіруші)	URR M, кВ	IF(AV), А	IFSM, А	UFM, В	IR, мк А	trr, нс	fmax, кГц	Ескертпе
2Ц106А-Г/ТЭ (ОАО «ТЭЗ»)	4; 6; 8; 10	0,02	—	25	3,5	100	—	Түзу баған АЕЯР.432120.490 ТУ. Т = — 60...+125 °С; габариты 7,5×7,5×22 мм
КЦ106А-Г (ОАО «ТЭЗ»)	4; 6; 8; 10	0,01	—	25	3,5	—	20	Түзу баған Т = — 20...+85 °С; габариты 7,5×7,5×22 мм
2Ц108А-В (ОАО «ТЭЗ»)	2; 4; 6	0,1	—	6; 6; 10	5	200	—	Түзу баған аА0.339.044ТУ
2Ц202А-Е/ТЭ (ОАО «ТЭЗ»)	2; 4; 6; 8; 10; 15	0,5	—	3,5; 7; 12	—	750	1*	Түзу баған АЕЯР.432120.396 ТУ
2Ц203А-В (ОАО «ТЭЗ»)	6; 8; 10	1,0	—	10	—	—	1	Түзу баған ТРО.336.024ТУ
BYX(101...104)G (Philips)	10	0,4...0,22 5	20...1 4	17,5...3 1	15	600...5 0	—	Диод, корпус SOD88A
BV4, BV6 (Diodec)	4; 6	0,1	15,0	5	3	—	—	Диод, корпус DO- 15
BY(4; 6; 8; 12, 16) (Diodec)	4; 6; 8; 12; 16	1,0; 1,0; 0,5; 0,3	100,0	4	1	—	—	Диод, корпус DO- 201
DD1000...1800 (Diodec)	10; 12; 14; 16; 18	0,02	10,0	40	5	150	—	Диод, корпус D3x12
R2500[F]...R5000 [F] (Rectron)	2,5; 3*; 4*; 5*	0,2	30,0	4; 5*	5	[500]	—	Диод, корпус DO- 15
HVM5**...HVM1 5 (Rectron)	5**; 10; 12; 14; 15	0,35	50,0	8**; 14	5	—	—	Диод, корпус HVM

Ресейде жоғары вольтты диодтар мен түзеткіш бағандардың негізгі өндірушісі "ТЭЗ" ААҚ ("Томилинский электронды зауыты", Томилино қ.) болып табылады [13]. Ол шығаратын номенклатурада-кц106а-Г, 2Ц106А-Г/ТЭ түзеткіш бағаналары (АЕЙР.(АА0.339.044 ТУ), 2Ц202А-Е/ТЭ (АЕЙР.432120.396 ТУ), 2Ц203А-В (ТРО.336.024 ТУ). 1-кестеде көрсетілген типті жоғары вольтты бағандардың негізгі параметрлері көрсетілген. Шетелде фирмалар жоғары вольтты диодтар шығарады және олардың номенклатурасы айтарлықтай кең. 1 кестеде Philips (Нидерланды), Diotec (Германия) және Rectron (Тайвань) фирмалары шығаратын кейбір тез әрекет ететін ВВ-диодтардың негізгі параметрлері көрсетілген. Шетелдік диодтар byx(101...104)G (Philips) және ВУ(4...16) (Diotec) [13].

2 Жоғары вольтты конденсаторлар

Нормативтік құжаттарға сәйкес, жоғары вольтты конденсаторлар - номиналды кернеуі 1600 В және одан жоғары конденсаторлар. Жоғары вольтты түзеткіштерде қолданылатын ЖЗ-конденсаторларға негізінен төмен вольтты талаптар қойылады. Айырмашылықтар, ең алдымен, U_{max} жоғары жұмыс кернеуінде және электролиттік конденсаторларды пайдаланудың практикалық мүмкіндігінен тұрады. Ресейде барлық конденсаторлардың негізгі әзірлеушісі "НИИ Гириконт" ААҚ (Санкт-Петербург) болып табылады. Қазіргі уақытта бұл кәсіпорын шығарады керамикалық жоғары вольтты конденсаторлар үлгідегі К15-10 параметрлері: Ұйықтар = 2200-15000 пФ, топ бойынша ТКЕ — Н30, U_{max} = 31,5–63 кВ типті және К15-25: Ұйықтар = 100-4700 пФ, топ бойынша ТКЕ — Н50, U_{max} = 30, 40 кВ. Кең номенклатурасын жоғары вольтті конденсаторлардың аралас диэлектрик (от К75 15 К75-101) дайындайды ЖАҚ "Элкод" (Санкт-Петербург) [12]: Ұйықтар = 5100 пФ–200 мкФ; U_{max} = 2,5–40 кВ. К15-5 типті қыш дискілі жоғары вольтты конденсаторлардың негізгі өндірушілері "Псков радиобөлшектер зауыты" ААҚ ("ПЗР Плескава" ААҚ) [18]; К73-14, К75-25 типті — "Новосибирск конденсаторлар зауыты" ЖШҚ [19] болып табылады. Кейбір отандық конденсаторлардың негізгі параметрлері 2-кестеде көрсетілген [14].

Кесте 2.1 - Отандық және шетелдік өндірістің жоғары вольтты конденсаторларының негізгі параметрлері

Тип (фирма)	Ерекшеліктері	$C_{ном}$, пФ (γ_C , %)	ΔC_T , % (диапазон T , °C)	U_{max} , кВ/ U_{max} х~, кВ ампл	$tg\delta$	RC из ол, МОм	Ескертпе
1	2	3	4	5	6	7	8
К15-5 (ОАО «ПЗР Плескава»)	Керамикалық дискілер	68–15 000 (± 5 ; ± 10 ; +80, –20)	± 5 (Н50); ± 20 (Н20, Н70)	1,6; 3; 5; 6,3	0,002 (Н50); 0,0035 (Н20, Н50)	≥ 104	ОЖО.460.147Т У Т = –25...+85 °C; габариты Ø9–40×6–9 мм
К73-14 (ООО Новосибирский 3-д конденсаторов»)	Пленкалы полиэтилен тефталаты	470–100 000 (± 5 ; ± 10 ; ± 20)	–	4; 10; 16; 25	0,008	≥ 105	ОЖО.461.143Т У (приемка «1»), [ОЖО.461.109 ТУ — приемка «5»]. Ресурс $T_p = 10000$ ч; Т = –40 (60)...+85 °C; габариты Ø9–25×25–65 мм

1	2	3	4	5	6	7	8
K75-25 (ООО «Новосибирский 3-д конденсаторов»)	–	1000– 2×106 (±5; ±10; ±20)	–	1–50	0,0025 (≤0,25 мкФ), 0,005 (≥0,5 мкФ)	(5–30)×103	ОЖО.464.002Т У (приемка «1»), [ОЖО.464.108ТУ — приемка «5»] Ресурс Тр = 1000 ч; Т = – 60...+100 °С; габариты Ø45–65×17–90×54–180 мм
DEBxx-серия (Murata)	Керамикалық дискілер	100– 10 000 (±5; ±10; +80, –20)	В (Y5P), Е (Z5U)	1; 2; 3, 15;	–	≥104	Т = – 25...+85 °С; габариты Ø4,5–7,5 мм
DECxx-серия (Murata)		22–2200	SL, В (Y5P), Е (Z5U)	6,3			Т = – 25...+85 °С; габариты Ø4,5–7,5 мм
DHS4 (D, E, F)xx (Murata)	Керамикалық цилиндрлік	190– 4800 (±10; +80, –20)	–	10–40	–	–	Т = – 20...+85 °С; габариты Ø20–60×16–39 мм; резьбовые выводы ISOM4
E5P (Z5)-серия (Hitano)	Керамикалық дискілер	100– 1000– 22000	SL, В (Y5P), Е (Z5U)	2–15	–	≥104	Аналог K15-5; габариты Ø7–24 мм; Т = – 40...+85 °С (SL); – 25...+85 °С (Y5P)

ВВ-конденсаторлар шетелде, атап айтқанда, Murata Manufacturing (Жапония), Hitano Enterprise Corp сияқты фирмалармен шығарылады. (Тайвань) [21], EPCOS (Германия) [22]. Осы фирмалардың конденсаторларының негізгі параметрлері 2-кестеде көрсетілген. Hitano Enterprise компаниясы туралы бірнеше сөз. Ол 1980 жылы құрылған, конденсаторлардың кең номенклатурасын, соның ішінде 15 кВ кернеумен керамикалық жоғары вольтты, сондай-ақ метаталлооксидті варисторларды өндіруге маманданған. "Симметрон" компаниялар тобы осы компанияның Ресей аумағындағы эксклюзивті дистрибьюторы болып табылады.

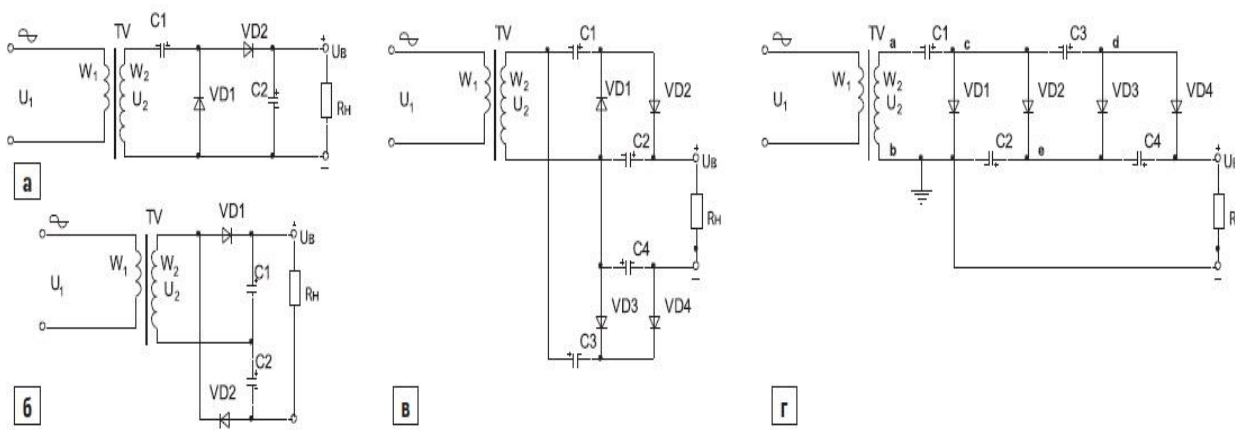
2.1 Трансформаторлы-түзеткіш модульдері (ТТМ)

ТДМ-да жоғары шығыстық кернеудің қажетті шамасына жету үшін түзеткіш модульдердің тізбекті (каскадты) қосылуы қолданылады, олардың әрқайсысы "өз" (жеке) орамымен немесе ВВ-трансформатордың орамдарымен жалғанған, мысалы [15]. Бұл ретте, "жоғары әлеуетті" ("жоғарғы") модульдерге электр оқшаулау бойынша неғұрлым қатаң талаптар қойылғанын есте сақтау керек. Жалпы алғанда, егер габариттік қуаты бойынша сәйкес келетін дара Трансформатордың магнит өткізгішін таңдау мүмкін болмаса, өзінің ВВ-трансформаторлары бар ТВМ қолдануға болады. Бірақ бұл жағдайда бір-біріне және ВВ-блоқтың корпусына қатысты ТВМ электр оқшаулауы бойынша талаптар одан да арта түседі.

(3×200 В/400 Гц) үшфазалы ВВ-трансформатормен орындалған, онда 2Ц203В диодтарындағы екі үшфазалы түзеткіш модульдерді.

2.2 Жоғары вольтты кернеуді көбейтгіштер

Жоғары вольтты түзеткіштердің схемаларында (25-30 кВ астам) кернеуді көбейтетін түзеткіштер немесе қысқартылған түзеткіштер-көбейтгіштер (ЖВУ) қолданылады. Олар диодты-конденсаторлық кернеуді көбейтеді. Әдебиетте "кернеуді көбейту" деген атау жиі қолданылады. Бірақ авторлар "түзеткіш-көбейту" деген атау мүмкін деп санайды, себебі көбейтумен бірге кернеуді түзету де жүргізіледі. Тарату симметриялы емес және кернеуді көбейтудің симметриялы схемалары алды [11]. Суретте мұндай түзеткіштердің қарапайым сызбалары көрсетілген.



Сурет 2.1 - Кернеуді көбейтумен түзеткіштердің сұлбалары: а) кернеуді екі еселеудің симметриялы емес схемасы; б) кернеуді екі еселеудің симметриялы схемасы; в) 2-текті еселеудің симметриялы емес схемасы; г) еселеудің симметриялы схемасы

Атап айтқанда, схемада (сурет 1) кернеуді екі еселеудің симметриялы емес схемасы келтірілген. V_{d1} диоды ашық кезде қоректендіретін айнымалы кернеудің бірінші жартылай периодында (мысалы, желі кернеуі) $C1$ конденсаторы $u_{2\max}$ кернеуіне дейін шамамен зарядталады. Екінші жартылай периодта, диод v_{d2} ашылғанда, $C2$ — $u_{c2} = U_{C1} + U_{2\max} \approx 2u_{2\max}$ конденсаторы зарядталады. Шын мәнінде U_{C2} шамасы трансформатордың ішкі кедергісіне, $C1$, $C2$ конденсаторлардың сыйымдылық көлеміне және қоректендіруші кернеу жиілігіне байланысты. Суретте көрсетілген кернеуді екі еселеудің симметриялық схемасы. 1б, қоректендіруші кернеудің әрбір жартылай периоды арқылы кезекпен жұмыс істейтін екі бір полупериодтық схемалардың тізбекті қосылуы болып табылады. Симметриялық емес схемада 2-текті есепке алу (сурет. 1в) бос жүріс режимінде барлық конденсаторлардың заряды қоректендіруші кернеудің екі кезеңінде жүргізіледі. Бірінші оң кезеңде $C1$ конденсаторы $U_{2\max}$ кернеуіне дейін шамамен зарядталады. Схеманың қалған бөлігі v_{d1} диодымен шунтталған және онда кернеу жоқ. Келесі жартылай периодтағы $C2$ — шамамен бәсе тізбегі бойынша $2U_{2\max}$ кернеуге дейін (TV трансформаторының екінші орамындағы және $C1$ конденсаторындағы кернеу қосындысы) зарядталады. Үшінші жартылай период бойынша a_{bed} тізбегі бойынша (трансформатордың $W2$ орамындағы кернеудің алгебралық сомасы, $C1$ және $C2$) $2u_{2\max}$ кернеуіне дейін $C3$ конденсаторы зарядталады. Төртінші жартылай периодында $C4$ конденсаторы b_{acdf} тізбегі бойынша $2U_{2\max}$ кернеуге дейін зарядталады. Осылайша, шығыс кернеуі $U_b = U_{C2} + U_{C4} \leq 4U_{2\max}$. Қосылған жүктеме кезінде барлық конденсаторлардың толық заряды кезеңдердің көп санынан өтеді. $C2$ – $C4$ конденсаторларында қарастырылған сұлбада кернеу $2U_{2\max}$ -қа жақын, ал $C1$ конденсаторында кернеу $U_{2\max}$ -қа тең. Барлық диодтарда кері кернеу $2U_{2\max}$ тең. Суреттегі есепке алудың симметриялық схемасы. 1г екі симметриялы емес екі еселеуіш сұлбасының тізбекті қосылуы болып табылады, олардың жұмысы қоректендіруші кернеудің жарты периодына бір-біріне қатысты жылжиды [16].

Трансформатор орамасының бір шығысы (полюс) көбейтудің симметриялы емес схемаларында жүктеменің жерге қосылған полюсімен жалғанады. Бұл жұмыс потенциалын және орамдар арасындағы оқшаулама талаптарын, сондай-ақ трансформатордың ағу тогының түзеткіштің өлшеу тізбегіне әсерін азайтуға мүмкіндік береді, себебі олар әдетте "жермен" жалғанған. Көбейтудің симметриялы емес схемаларының кемшіліктеріне Трансформатордың магнит өткізгішін магниттеу және пульсация жиілігі мен қоректендіруші кернеу жиілігінің мәндерінің теңдігі жатады. Симметриялы сұлбаларда трансформатордың магниттелуі принципті емес, ал пульсация жиілігі қоректендіргіш кернеудің екі еселенген жиілігіне тең. Осыған байланысты, басқа тең жағдайларда, симметриялы емес схемалармен салыстырғанда конденсаторлардың сыйымдылығын 2-4 есе азайту мүмкін.

Қорғау компоненттері.

Олардың қатарына ток шектегіш резисторлар, реле, басқарылатын немесе басқарылмайтын ажыратқыштар жатады. Отандық жоғары вольтты блоктарда ток шектегіш резисторлар ретінде әртүрлі қуатты (1-60 Вт) ТВО типті көлемді резисторлар пайдаланылады. Резисторлар импульстік жүктемелерге, бірінші кезекте импульстік асқын кернеулерге 0,4–25 кВ (қуатқа байланысты) төзімді. Олардың құрылымдық жағынан тікбұрышты кимасы және едәуір ұзындығы бар. Мысалы, ТВО-10 Вт резисторы габаритті өлшемдері бар (шықпасыз): 10,5×15×112 мм [25]. Мұндай резисторлар тізбегінің жиынтық кедергісінің ВИП жүктемесінің кедергісіне қатынасы әдетте 2-5% құрайды. Электрмагниттік реле кейде ток жүктемелерінен қорғау тораптарында қолданылуы мүмкін [17]. Бұл ретте, егер реле жоғары потенциалды болып табылмаса, оларды оқшаулау және импульстік асқын кернеулерден қорғау бойынша шаралар қабылдануы тиіс.

Басқарылмайтын ажыратқыштар жоғары вольтты шығудың асқын кернеулерінен қорғау үшін де, кері байланыс тізбектерін (ОС) қорғау үшін де, кернеудің немесе токтың өзгеруі үшін де қолданылады. Жоғары кернеудің үлкен қуаты мен үлкен шамасы кезінде ажыратқыштардың шығысына параллельді тікелей қосылуы әдетте қолданылмайды. Егер шығу төмен әлеуетті шина корпустан оқшауланған болса (мысалы, жылжымалы объектілерде), онда разрядник объектінің корпусына қатысты қосылуы мүмкін. Жоғары вольтты шығымы кезінде асқын кернеулерден ОЖ тізбегінің кіруін қорғау үшін Ажыратқышты қолдану, мысалы, ВВИП сызбасында көрсетілген [18]. Кейбір шетелдік разрядтаушылардың параметрлерін келтіреміз. Мысалы, EPCOS фирмасы ЕМ сериялы екі электрлік шағын ажыратқыштарды шығарады:

- тесу кернеуі (тұрақты ток) $U_{пр} = (90, 230, 300, 350, 400) В \pm 20\%$;
- разрядтық ток $I_{разр} = 2,5 кА$ (8/20 мкс уақыт үшін);
- оқшаулау кедергісі $R_{изол} > 10 ГОм$;
- сыйымдылығы $C < 1 пф$;
- көлемі 5,5×6 мм.

Сондай-ақ, бұл компания қуаттылығы жоғары критерийлер шығарады, мысалы N8 және F8 сериялары бірдей кернеулер үшін, бірақ разряд тогы 10 және 20 кА, сәйкесінше $\varnothing 8 \times 6$ мм.

Варисторлар, ажыратқыштармен қатар, кернеу мен ток бойынша ОС тізбектерін қорғау үшін қолданылуы мүмкін [1]. Варистор жоғары кернеуді бөлгіште (ДВН) гнв төмен вольтты иығына параллель қосылады. Жұмыста [10] авторлардың бірі осы нұсқаны сипаттады. Мысалы, P-63 отандық төмен вольтты ажыратқыштың мынадай параметрлері болады: тесік кернеуі 200-300 В; тесік кешіктірілу уақыты 0,5 мкс-тан аспайтын; оқшаулама кедергісі кемінде 500 МОм (яғни кему тогы 500 нА).

Осылайша, алмастыруға ұсынылатын варистордың параметрлері нашар емес болуы қажет, сыналатын кернеу шамасы бойынша аз болуы тиіс. Осыны ескере отырып, 594-30 (Philips) [14] үлгідегі бірнеше варисторлар зерттелген. Осы типті варисторлардың деректері: шектеу кернеуі (тесу) $U_{пр} = 38$ в тең; тұрақты шашыраңқы қуат $P_{max} = 0,4$ Вт; максималды рұқсат етілген сіңіру

энергиясы $E_{\max} \geq 9,2$ Дж (10-100 мкс уақыт). Зерттеу барысында 70-80% варисторларда ағу тогы 5-10-дан артық емес (± 12 В кернеуінде), яғни $R_{\text{изол}} > 1$ ГОм оқшаулама кедергісі анықталды. Шығыс кернеуі 30-45 кВ болатын (барлығы 16 үлгісі бар) сериялық үлгілерін сынау кезінде варисторларды қолдану нәтижелері оң болды, бұл тұтынушыларда аппаратураны пайдалану кезінде де расталды.

2.3 Жоғарывольтты резисторлар және жоғары кернеу бөлгіштер

Ресейде және ТМД елдерінде өндірілген жоғары вольтты резисторлардың ішінде біз көптеген жылдар бойы шығарылған лак-пленкалы композициялық СЗ-9 және СЗ-14 түрлерін, сондай-ақ С5-24, С5-50, С5-51, С5-58 сияқты жоғары вольтты сым резисторларын атаймыз. Олардың кейбіреулерінің негізгі параметрлерін суреттейік.

- СЗ-9: $R = 0,47-3300 \text{ МОм} \pm 5(10; 20)\%$; $\text{ТКС} \leq \pm 0,03-0,08\%/^{\circ}\text{C}$; $P_{\text{рас.мах}} - 1 \text{ Вт } 10 \text{ Вт}$; $U_{\max} — 4, 10 \text{ және } 25 \text{ кВ}$;

- С5-24: $R = 1-51 \text{ МОм} - \pm 5\%$; $\text{ТКС} \leq \pm 0,003\%/^{\circ}\text{C}$; $P_{\text{рас.мах}} = 0,5 \text{ Вт}$; $U_{\max} = 5-6,1 \text{ кВ}$.

2001 жылы Ресейде Р1-32, П1-32-1М (АВШК.434110.018ТУ), С2-33НВ (ОЖО.467.173 / доп.1) жоғары вольтты жоғары кедергісі бар резисторлар өндірісі құрылды. Олар «Эркон» ААҚ (Нижний Новгород) [26] өндіріледі, оның құрамына «Резистор-НН» ЖШС (сонымен қатар Нижний Новгород) кіреді [7]. Р1-32, Р1-32-1М, С2-33НВ резисторларын игеру ауқымның кеңеюімен және С2-29, С2-36, С2-29С дәлдікпен, жоғары жиілікті С2-10, чипті резисторлармен резисторлардың шығарылуының жоғарылауымен қатар жүрді. Бұл электронды компоненттердің танымал өндірушілерімен Max-Quality Electric (Тайвань) және Western Electronics (Сингапур) серіктестіктерімен ынтымақтастық нәтижесінде мүмкін болды. Шетелдік сарапшылар жабдықты баптауға көмектесіп қана қоймай, қажетті кеңестер мен қызметкерлерді оқытуды да жүзеге асырды. Жаңа резисторлар халықаралық өлшемдерге сәйкес келеді және түрлі-түсті сақиналармен белгіленеді.

Көптеген фирмалар шетелде жоғары вольтты резисторлар шығарады: Philips [14], Vishay BC компоненттері [18], Mullard (Ұлыбритания) [19], Murata [20] және басқалары. Мысал ретінде, біз Ресейде кеңінен қолданылатын Вишай ВС компоненттерінен VR - 37 және VR - 68 типті жоғары кернеулі резисторлардың параметрлерін келтіреміз:

- VR-37: $R = 1-33 \text{ МОм} \pm 1(5)\%$; $\text{ТКС} \leq \pm 0,02 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$; $P_{\text{рас.мах}} = 0,5 \text{ Вт}$;
 $U_{\max} = 2,5 \text{ кВ эф/3,5 кВ}$;

Кесте 2.2 - Жоғары вольтты резисторлар негізгі параметрлері

Өндіруші	Ерекшеліктері	$R_{\text{ном}}$, МΩ (төзімділік $\pm \gamma R$, %)	TCS (αT R), $\pm\%$ / °C	P нәсілдері , Вт	$U_{\text{max}} = /$ $U_{\text{max}} \sim$, кВ / кВ эффект	Ескерту
1	2	3	4	5	6	7
S3-9 (Ресей)	лак-пленка композициясы	0.47–3300 (5; 10; 20)	0.03 - 0.08	1; 10	4; 10; 25	T = –60 ... + 100 °C; ресурс Tr = 10000 сағ; өлшемдері Ø 6.0–12 × 30–124 мм
S5-24 (Ресей, ТМД)	сым	1–51 (5%)	0,003	0,5	5–6.1	T = –60 ... + 70 °C; Rиз = 500 ГГм; өлшемдері Ø 16 × 54 мм
R1-32, R1-32- 1M * (АҚ «ҮЕҮ Аркон »)	жұқа пленка	1–2000 (0, 25; 0,5 Вт); 0,01–1000 (1 Вт); 0,01–100 (1 Вт) (барлығы 5; 10)	0.025– 0.05 (75 мегаға дейін)	0,25; 0,5; 1 (1 *)	1; 2; 10	AVShK.434110.018ТУ (қосымша 1). Ресурс Tr = 15000 сағ; T = –60 ... + 125 °C (P1-32) және –60 ... + 155 °C (P1-32- 1M); өлшемдері Ø 4.2– 8.6 × 10.8–20 мм
S2-33NV (АҚ «ҮЕҮ Аркон »)	жұқа пленка	1–200 (5; 10)	0,1–0,4	0,25; 0,5; 1,0	1 (0,25; 0,5 Вт); 10 (1 Вт)	ОЖО.467.173ТУ (1 қосымша). Tr = 15000 сағ; T = –60 ... + 125 °C; өлшемдері Ø 4.0–8.6 × 10.8–28 мм
VR-37 (Вишай)	металл пленка	0.1–33 (1; 5)	0,02	0,5	3,5 / 2,5	R = 1,5% (1000 сағ; +70 °C); T = –55 ... + 125 ° C; өлшемдері Ø 4,0 × 10 мм
VR - 68 (Philips Вишай)	металл пленка / металл фольга	0.1–68 (1; 5)	0,02	1	10/7	T = –55 ... + 125 °C; өлшемі Ø 6,8 × 18 мм (1 Вт)
MHR0XXXSA (Murata)	-	1–1000 (2; 5; 10; 20)	-	0.6– 1.5	3–8 ▲ (6–16) ▲▲	Қорытындылар радиалды: ▲ - түзу, ▲▲ - қалыпталған; жалпақ эпоксидті жабынды
SGT сериясы: SGT26 ... SGT154 (EBG)	-	0.1–1000 (0.1–1)	0,025 (–15 ... + 85 ° C)	1; 1,25; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6	4; 5; 6; 10; 15; 20; 25; 30	АҚШ патенті 4.859.981 MIL-STD-202: $\delta R_t \leq \pm$ 0,25% / 1000 сағ (+125 ° C); $K_R(U) \leq 2 \times 10^{-5}\%$ / V; $R_{\text{туралы}} 10000 \geq$ мегОм; T _{макс} = +225 °C (тең азаюы P жарысы); өлшемдері Ø 8,2 × 26,0–153,7 мм

1	2	3	4	5	6	7
СМН сериялары: СМН-1/4 СМН-5.0 (IRC)	... Қалың пленка	0.31-1000 (1; 2; 5)	0,01	0,25; 0,5; 1; 2; 3; 5	0,75; 1,5; 3; 5; 10; 20	MIL-R-49462; MIL-STD-202: $\delta R_t \leq \pm 1\% / 1000 \text{ сағ } (+25^\circ \text{C})$; KR (U) $-5 \times 10^{-4} \% / V$ дейін; $R_{\text{туралы}} 5000 \text{ GOhm}$; $T_{\text{max}} = +155^\circ \text{C}$ ($P_{\text{жарыстарының}}$ төмендеуі 80%); өлшемдері $\varnothing 2.2-7.5 \times 7-78$ мм

- VR-68: $R = 68 \text{ МОм} \pm 5 (1)\%$; $TKC \leq \pm 0,02 \% / ^\circ \text{C}$; $P_{\text{рас max}} = 1 \text{ Вт}$; $U_{\text{max}} = 7 \text{ кВ}$ эф/10 кВ.

2.2-кестеде келтірілген негізгі параметрлері жоғары вольтты резисторларды, отандық және шетелдік өндіріс.

Жақында көптеген шетелдік компаниялардың жоғары вольтты резисторлары туралы ақпарат қол жетімді болды. Атап айтқанда, 1960 жылы құрылған Riedon компаниясы [30] түрлі технологиялармен өндірілген резисторлардың ірі өндірушісін атап өтеміз. Компания жоғары вольтты резисторларды негізінен Германияда шығарады. Олардың номенклатурасына металдан жасалған қабыршақ (HV37) және қалың пленка (басқа барлық) резисторлар кіреді:

HV37: $R_{\text{ном}} = 0,1-33 \text{ МОм}$
 $(\pm 1\%)$; $TKC (\alpha TR) \leq \pm 0,0025 \% / ^\circ \text{C}$; $P_{\text{рас}} = 0,5 \text{ Вт}$; $U_{\text{max}} = 3,5 \text{ кВ}$;

TF2000: $R_{\text{ном}} = 100-2 \times 10^4 \text{ МОм } (\pm 1\%)$; $TKC \leq \pm 0,01 \% / ^\circ \text{C}$; $P_{\text{рас}} = 0,125-3 \text{ Вт}$; $U_{\text{max}} = 20 \text{ кВ}$;

НТЕ: $R_{\text{ном}} = 200-700 \text{ МОм } (\pm 1\%)$; $TKC \leq \pm 0,01 \% / ^\circ \text{C}$; $P_{\text{рас}} = 0,7-1,7 \text{ Вт}$; $U_{\text{max}} = 48 \text{ кВ}$.

MIL-STD әскери стандарттары негізінде өндірілген шетелдік резисторлар туралы ақпарат сөзсіз қызығушылық тудырады. IRC [31] шығарған СМН сериясының резисторлары жұмыс кернеуі 0,75–20 кВ, кедергісі - 330 ког - 1 ГГм, қуаты 0,25–5 Вт ($+70^\circ \text{C}$), толеранттылығы $\pm 1\%$ және TKS артық емес. $\pm 0.0001\% / ^\circ \text{C}$ (1×10^{-6} градус - 1). Барлық резисторлар MIL-PRE-49462 әскери стандартына сәйкес келеді. СМН сериялы резисторлар әскери техникада қолдануға арналғандықтан, олар RoHS талаптарына бағынбайды. Алайда, компания өз бастамасы бойынша қорғаныссыз дәнекерлеуге сәйкес келетін CGH маркасымен осы резисторлардың коммерциялық нұсқасын шығарады [21].

Негізгі параметрлерде отандық жоғары вольтты резисторлар шетелдіктерге қарағанда айтарлықтай нашар екеніне назар аударыңыз (кесте 3). Біріншіден, TCS (αTR) мәні, номиналды қарсылықтың (δRt) 1000 сағатқа өзгеруі (кетуі) және жұмыс кезінде максималды жұмыс кернеуінің рұқсат етілген мәні (U_{max}).

Әдетте, жоғары вольтты бөлгіш жоғары потенциалды («жоғарғы») біліктің тұрақты жоғары вольтты резисторларының тізбегінен - «PB» және «төменгі» білектің - «PB» төмен вольтты резисторларынан тұрады. DVN BB-блокта немесе модульде, ал кері байланыс күшейткіші (SLD) WWIP-ті басқарудың төмен потенциалды құрылғысында орналасқан, нәтижесінде SLD кірісіне маңызды деңгейдегі электромагниттік кедергілер («жинау») болады. Оларды жою үшін RHB білегі параллель байланыс түрінде жасалады, мысалы RHB1 және RHB2 екі резистор, олардың ішінде RHB1 BB-блокта, ал RHB2 SLD-ге тікелей жақын жерде орналасқан. VVIP өте тұрақты және дәл болуы үшін $TCS (\alpha TR \leq \pm 0.02\% / ^\circ C)$ және уақытша тұрақсыздық (дрейф), мысалы, $\delta Rt \leq \pm 1$, кіші мәндері бар жеткілікті жоғары дәлдік класындағы ($\pm 5\%$ кем емес) резисторларды таңдау керек. 1000 сағат жұмысына 5%. Сонымен қатар, оқшаулау кедергісі кем дегенде $1000 \times RB$ болуы керек [22].

Егер көрсетілген немесе ең жақсы параметрлері бар резистор болмаса, онда бірнеше нұсқаны қолдануға болады. Соңғы кезге дейін Ресейде тапсырыс берушілердің қабылдауы бар жоғары вольтты дәлдік резисторлары (қабылдау «5») әлі өндірілген жоқ. Сондықтан, [1] сипатталған жылжымалы радар үшін VVIP схемасындағы жоғары вольтты резисторлардың орнына, 12 кВ DVN бөлгіш C2-23 2 Вт / 100 кОм дәлдік резисторларынан жасалады ($TKS \leq \pm 0.005-0.015\% / ^\circ C$; $U_{max} = 750$ В), барлығы 44 дана, және C2-29 1 Вт / 82,5 кОм ($TCS \leq \pm 0.0025-0.0075\% / ^\circ C$; $U_{max} = 700$ В), барлығы 44 дана. Тағы бір нұсқа - сол тұрақтылық параметрлері бір-біріне «жақын» болған кезде сол партияның резисторларынан DVR орындау. Тағы бір уақытты қажет ететін нұсқа - резисторларды дәлдікке және TCS мәні үшін сұрыптауға байланысты. Сондай-ақ, резисторлардың КнЖ электрлік жүктеме коэффициенттерінің шектерде болуы маңызды (температураны ескере отырып): қуат бойынша КнП = 0.15–0.35; кернеу КнУ = 0.25–0.4. (КнЖ электр жүктемесінің коэффициенті бойынша біз жұмыс режиміндегі электр параметрінің мүмкін болатын мүмкін мәнінің техникалық жағдайларға немесе ерекшеліктерге сәйкес оның рұқсат етілген ең жоғары мәніне қатынасын айтамыз.) Жиналған DVN-дер кемінде 24 сағат ішінде технологиялық іске қосылуы керек, содан кейін жарылғыш қондырғы мен VVIP құрамына кіреді. тұтас.

Кедергіні төмен вольтты DVN (RHB1 және RHB2) резисторларына параллель түрде сүзу үшін шуды басатын конденсаторлар (STV) қосылады. Оларға қойылатын негізгі талаптар: жұмыс кернеуі - қорғаныс резервуарларының немесе варисторлардың «тұтану» кернеуінен кем емес, оқшаулау кедергісі - $1000 \times RHV$ кем емес, кедергілердің жиілік диапазонында төмен кедергі.

DVN сақтау мен жинауға арнайы талаптар

DVN-ді жинамас бұрын және құрастыру кезінде жоғары вольтты резисторларды сақтаудың арнайы ережелерін сақтау қажет. «Жоғары кернеу» және жоғары кернеудің тұрақтылығына қойылатын талаптар неғұрлым жоғары болса, соғұрлым осы ережелерді қатаң сақтау керек. 2002 жылы авторлардың бірі VVIP-45kV өндірістік процесін жөндеуге белсенді қатысты.

Жиналған VVIP-тің 45 кВ-тық технологиялық жаттығуы кезінде (кернеу) уақытша кернеудің мәні нұсқаулықта көрсетілгеннен бірнеше есе көп екендігі анықталды. Талдау көрсеткендей, бұл VR-68 типтегі жоғары вольтты резисторларды сақтау жағдайлары (бөлмедегі шаң мен жоғары ылғалдылық) [27]. Жағымсыз құбылысты жою үшін DVN жинау процесіне бірнеше дайындық операцияларын енгізу керек болды. Осылайша, монтаждаудың алдында VR-68 резисторлары алкоголь қоспасымен жуылып, +50 ° С температурада кептіріліп, герметикалық технологиялық контейнерге (дескератор) орналастырылды. Жинау өзі шаңсыз аймақта жүргізіле бастады.

2.4 Жоғары вольтты блоктарды жобалау ерекшеліктері

Жарылғыш блоктар мен модульдердің дизайны олардың қуатына, жоғары кернеудің шамасына және өндірушінің дәстүріне байланысты. Сонымен, жарылғыш блоктар мен қуаттылығы аз модульдерді оқшаулау үшін Vixint немесе капролонды қолдануға болады. Капролон (әйтпесе полиамид-6, ПА-6) - бұл майларға, спирттерге, сілтілерге, әлсіз қышқылдарға төзімді полимер. Оның электр беріктігі 30-35 кВ / мм, балку температурасы + 220 ... + 225 ° С, жұмыс температурасы + 40 ... + 70 ° С. Неғұрлым қуатты блоктар үшін және отандық өндіріс модулінде эпоксидті қосылыстар, газ немесе май (май кедергісі) оқшаулауы қолданылады. Оқшаулаудың кез-келген түрімен ВВ-блок немесе модуль құрылымның механикалық беріктігін және көлем ішіндегі сәулеленудің электромагниттік кедергісін оқшаулауды қамтамасыз ететін металл корпусқа орналастырылған. Бұл жағдайда шасси жерге қосылған. Жылы мұнай жағдайда (мұнай кедергі) оқшаулау орган болып табылады трансформаторлық маймен толтырылады сыйымдылығы. Жоғарғы корпус қақпағының арасы мен май деңгейі қызған кезде оның кеңеюіне мүмкіндік беретін ауа саңылауы болуы керек. Күшті жарылғыш блоктарда жұмыс кезінде майдан шығуы мүмкін зиянды газдарды жою үшін қайтарылмайтын ауа клапаны болуы керек. Әдетте, мұндай бірлік жоғарғы қақпағы жоғары вольтты терминал (қосқышы) орналасқан және төмен вольтты қосқышы жоғары вольтты үшін кері байланыс тізбектерін мөрленеді U_{voc} және жүктеме ток I_{NOC} . Қуатты жарылғыш блоктарды салқындату қуаты жоғары қуатты желдеткіштер арқылы немесе катушкалы жылу алмастырғыш арқылы өтетін су арқылы жүзеге асырылады. Ең қарапайым, бірақ ең аз сенімді әдіс - сумен жабдықтау желісінен тікелей ағатын су (тазарту сүзгілері арқылы). «Жетілдірілген» әдіс - компрессордың әсерінен тұйықталған тізбекте суды салқындату. температурасын жылыту қарапайым бақылау мұнай

биметалл асырылады жылу контакторлар температура асып кезде іске қосылады (термостат), (мысалы, $55 + \dots + 60$ жылы, $^{\circ}\text{C}$) және өшіреді, атап айтқанда, төмен әлеуетті тұйықталу HV электрмен жабдықтау. Корпус цилиндрлік немесе тікбұрышты пішінге ие болуы мүмкін, олардың ішкі электр өрісінің біркелкілігі тұрғысынан жөн. Бірақ іс жүзінде бұл технологиялық себептерге байланысты әрдайым мүмкін емес [23].

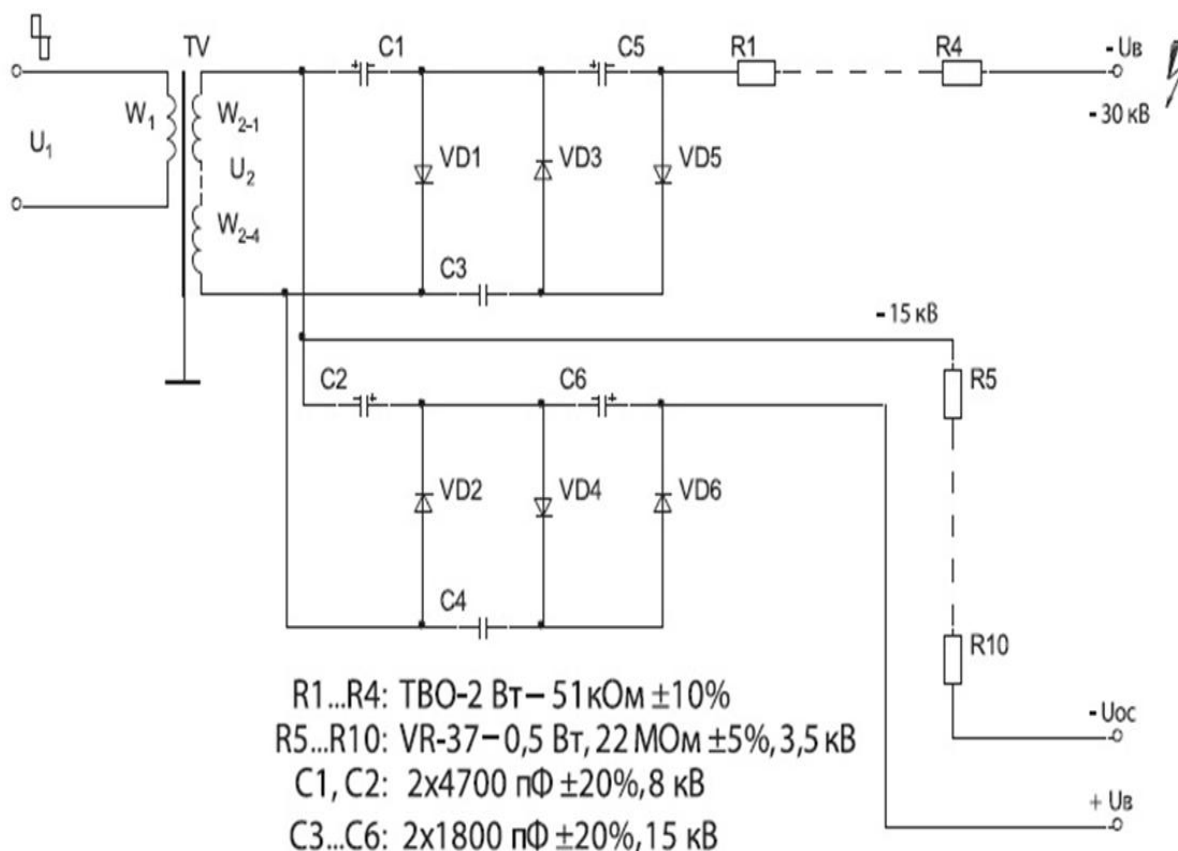
Бірқатар нұсқаларда жоғары вольтты блоктың «кабельсіз» конструктивті үйлесімі жүктемемен бірге жүзеге асырылады, мысалы, моноблок деп аталатын рентген түтігі. Мысалы, ВВ-қондырғысын RT - мен біріктіретін моноблоктар Spellman (АҚШ) өнімдерінің ассортиментінде [9], АЭС АЭС «Буревестник» (Санкт-Петербург) рентген аппараттарының кейбір түрлерінде қол жетімді.

Электр қауіпсіздігінің арнайы шаралары

Сонымен қатар, біз электр қауіпсіздігі шараларын күшейтеміз, бұл мыналарды білдіреді:

- барлық потенциалды модульдердің, қондырғылардың және компоненттердің электрлік оқшаулау сенімділігі;
- жерлендірудің сенімділігіне мерзімді бақылау;
- қорғаныс қақпақтарын ВВ-блоктан немесе RT сияқты жүктемеден алып тастау кезінде міндетті түрде бекітудің міндетті болуы.

Жоғары кернеулі блокты іске асырудың мысалы



Сурет 2.2 - Шығу кернеуі –30 кВ болатын 200 Вт- қа дейінгі жоғары вольтты түрлендіргіш түріндегі қондырғының диаграммасы

Сонымен бірге VVIP-ті электрмен жабдықтау желісінен ажырату жоспарлануда. Кейде қосымша автоматты қосқыш (тиристор, реле) өшірілгенде, VVIP түрлендіргіштің желілік түзеткішінде үлкен конденсатор заряды шығады.

Жарылғыш қондырғылардың ерекшеліктерін таныстыру соңында біз жоғары вольтты жабдықты өндіру технологиясына қойылатын кейбір талаптарды ұсынамыз. Өндірістік объектілер жылдың кез-келген уақытында тұрақты температураны ($+20 \pm 5^\circ \text{C}$ -тан төмен емес), төмен ылғалдылықты (60% -дан аспайтын) қамтамасыз ететін климаттық бақылау қондырғыларымен жабдықталуы керек. Ауадағы зиянды қоспалардың деңгейін ұстап тұру және бақылау шаралары да маңызды.

Жеңілдету үшін электр тізбегі оның анодтық тогының реттелетін тізбегін көрсетпейді, ол өзінің жарқыраған тогын өзгертеді. Жарылғыш қондырғының тұрақтандырылған шығыс параметрлері: жоғары кернеу - $6 \text{ mA} \pm 10\%$ (жұмыс режимі) және $3 \text{ mA} \pm 10\%$ (RT жаттығу режимі) анодты ток кезінде - 30 kV (-5%). жоғары кернеу (анод) тамақтану және трансформаторлық ТВ жылы ВВ-блок жалпы бар көпір ӨСБ жүзеге асырылады амплитудасы $U_1 = 300 \text{ V}$ (+30 V, -45 V) негізгі жиілігі $22 \pm 3 \text{ кГц}$. Жоғары кернеуді тұрақтандыру үшін трансформатор тізбегінің резонанстық қасиеттеріне байланысты жиілікті реттеу қолданылады. ВВ трансформаторы феррит өзектерінен жасалған түпнұсқа дизайнның магниттік өзегінде жасалынған (жеткізушінің құпия сыры). Бұрылыстар саны: бастапқы орамасы $w_1 = 155$ ($\varnothing 0,62 \text{ мм}$), екінші - $w_2 = 2100$ ($\varnothing 0,2 \text{ мм}$), екінші реттік орамасы $W_{2-1} - W_{2-4}$ бөлімнен тұрады. Сондықтан трансформация коэффициенті $K_{tr TV} = 2100/155 = 13.55$, ал екінші реттік жоғары вольтты орамадағы кернеу $U_2 = 300 \times 13.55 = 4065 \text{ V}$. Реттегіш -кернеу мультипликаторы - 30 кВ екі кернеу үштіктері үшін симметриялық көбейту схемасына сәйкес жиналады. : VD1, VD3, VD5 - C1, C3, C5 және VD2, VD4, VD6 - C2, C4, C6. Конденсатордың параметрлері күріш. 2. VD1 - VD6 диодтары ретінде алдымен KT106G тұрмыстық посттар, содан кейін Diotec-тен DD1000 жоғары жылдамдықты диодтар қолданылды (кесте 1). Осылайша, атаулы шығу кернеуі құны $U_{жылы}$ үшін есепке трансформация коэффициенті $K_{TR теледидар}$ және мультипликативті $K_{жылы}$ ВВУ болып: $U_a = K_y \times U_2 = K_{Tr TV} \times K_y \times U_1 = 13,55 \times (2 \times 3) \times 300 = 24400 \text{ В}$ [24].

Жоғары кернеулі $U_{ны}$ қажетті мәнге (30 кВ) одан әрі арттыру трансформатор тізбегінің және тұтастай алғанда ВВУ-ның резонанстық қасиеттерін пайдалану арқылы жүзеге асырылады. (Бұл жағдайда, әрине, қуат қоры шамамен 20% артады.)

Қысқа тұйықталу және спонтанды импульстің бұзылу кезіндегі токтың шамадан тыс жүктемелерін шектеу үшін РТ («газдану») [1], импульстік жарылыстың шектен тыс көтерілуіне төзімді ТБО-2 типтес төрт көлемді R1 - R4 (әрқайсысы 51 к) резеңке ВВ шығысына қосылады [1].

Жоғары (жоғарғы) иық $R_{CC DVN}$ алты резисторлар құрылған R5-R10 ($22 \text{ МОм}/3,5 \text{ кВт}$) 37 VR-түрі (кесте. Қосылған 3) «жарты» $+U_b$ (-15 кВ). Төмен

вольтты R_{nv} резисторлары (диаграммада көрсетілмеген) « $-U_{os}$ » және «жер» потенциалды шығысына қосылған және VVIP көпір инверторының басқару құрылғысында орналасқан. Яғни, жоғары кернеулі ОЖ тікелей емес, жанама және екі кернеудің де сәйкес келуін талап етеді [1]. Сондықтан қарастырылған VVIP жоғары тұрақтылыққа ие емес, бұл ADR-7 құрылғысының жұмыс жағдайына сәйкес талап етілмейді. Резистивті сенсоры анод ағымдағы $I_{мен}$ және P_T (диаграммада көрсетілгендей емес) қосылған төмен әлеуетті «+ терминал+ U_B » «жер» және сондай-ақ болып табылады бақылау құрылғы VVIP инвертор көпір.

ВВ-блок (2-сурет) құрылымдық жағынан май толтырылған цилиндрден тұрады, онда жоғары вольтты (анодтық) трансформатор, ВВU, қорғаныс резисторлары R1 - R4 және DVN жоғарғы қолының R5 - R10 резисторлары бар. DVN шығысы (« $-U_{os}$ ») және жоғары кернеулі оң шығыс «+ U_{in} » көпір инверторын басқару құрылғысына қосылды, ал теледидарлық анод трансформаторының бастапқы орамасы көпірдің инверторына тікелей қосылды. VVU теріс терминалы («- U_{in} ») R1 - R4 қорғаныс резисторлары арқылы VVIP жоғары кернеу коннекторына қосылады.

2.5 Жиілігі 13кГц болатын ЭТРО-03 электр қондырғысы кернеу ұлғайтқыш сұлбаларын зерттеу

Қойылған ғылыми жұмыстарға байланысты 2007-2015 жылдары Қ.И.Сәтбаев ат. Қазақ ҰТЗУ технопарк ғимаратында, әр алуан өлшеммен және әртүрлі құрылымда электрлі тәжі – разрядқа байланысты озонатор құрылғысы қарастырылып, зерттеулер жасалынды. Жасалған озон шығарғыштар (2.3-сурет) мына параметрге дәл келу керек: жоғары өнімді, құрылымы қарапайым, жұмыс сенімділігі жоғары, энергия шығындары төмен болуы керек [18, 19].

Жақын, алыс шетелдерде, мысалы Россияда, Қытай Республикасында, Америка Құрама Штаттарында, Жапонияда, Францияда пайдаланылып жүрген озон құрылғыларында сыртқы, тәжіленетін электродтар аралығында диэлектрлік кедергілер бар [25]. Мұндай озонатор құрылғылары 2.3 суретінде (а-жеке, б-топтасқан түрі) көрсетілген.

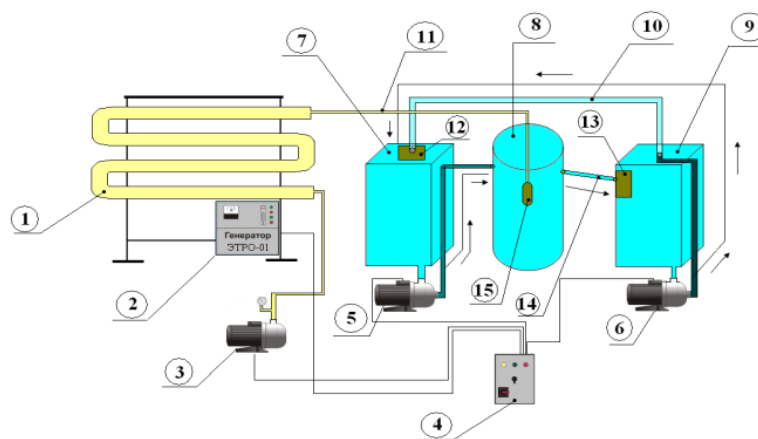
Ол диэлектрлік шыны түтік сияқты орнатылған, шыны түтік сыртына ирек болып тәжіленуші сымдар оратылған. Сәйкесінше, 2-электрод цилиндр кейіптес шыны түтік ішінде орналасқан.



Сурет 2.3 - ЭТРО-01 ққрылғысы бейнесі (Өнімділік 10 кг/сағ).



Сурет 2.4 - ЭТРО-02 құрылғысының бейнесі (Өнімділік 100 кг/сағ).



Сурет 2.5 - ЭТРО-02 құрылғысы функционалдық сұлбасы (Өнімділік 100 кг/сағ)

1 – озонатор құрылғысы; 2 – жоғарғы кернеу өндіргіші; 3 – компрессор; 4 – басқару бөлігі; 5,6 – фильтрлер; 7,8,9 – су резервуарлары; 10,14 – су түтіктері; 11 – қоспалы озон тасымалдаушы түтіктері; 12,13 – сүзгілер.

Мұндай озонатор жұмыс істеуіне қажет тәжіленетін сым спираль орамы диэлектрлі кедергі қалыңдығынан артық болуы тиіс. Сыртқы электрод, тәжілі сым араларында кернеуден тыс, кернеудің болуын ($U \geq 10,0$ кВ/мм) керек. Ұзындығы 150,0 мм болатын шыныдан озонатор үлгісі жасалынды. Озонатор құрылғысының диэлектрлік цилиндріне қалыңдығы 0,3мм, орам қадамы 3мм тәжіленуші сым, цилиндр қабырғасы қалыңдығы 1,5мм, диаметрі - 16,5мм болады. Сыртқы электрод - 150мм, қалыңдығы - 0,5мм, ол шыны түтік ішінде орналасқан. Келіп тұрған 220В кернеу трансформатор көмегімен 3кВ-қа өсіріп, көпірлі сұлба (2.5-сурет) арқылы кернеу 2,17 есе болу керек. Кернеудің тәжіленуші оң, теріс шамасы 1-6кВ болады. Жиілігі -50Гц, қуаты -15Вт. Жұмысшы кернеу 6кВ және ток 2,5мА болс -а озонатор өнімділігі сағатына көтеріледі[26, 27].

Озон өнімділік көрсеткішін өсірге арналған да озонатор жасалады (3.1в-сурет). Озонатор көлемі 1000,0x150,0 мм. Озонатор құрылғысындағы оң полюсті электрод диаметрі $d = 6,0$ мм, теріс полюсті тәжі бар электрод диаметрі $d = 0,10$ мм. Озонатор құрылғысының дұрыс режимдегі жұмысшы кернеуі 12,0 кВ, ал ток күші 5,0 мА, ал озон өнімділігі 1,0 г-ға теңелді. Ал озонатор құрылғысының кемшілігі – төмен өнімділігі, жұмыс барысында шығындар болуынан экономикалық тиімділігі төмен. Осыдан арылу үшін, озондайтын элементтің басқаша құрылымы жасалды (3.1 д және е - сурет) электрод тор сияқты, д) 1 сатылы болады, е) 2 сатылы болады, онда тәжі бар электрод бекітілген. Озондайтын элемент сыртқы электроды 250,0x500,0 мм параллель 2 жұқалтаң металл темір пластинка, 2 пластинка ортасында диаметрі $d=0.10$ мм, нихромнан бірнеше тәжді электродтар бар. Тәж электроды, пластинка арасы $h=20,0$ мм, меншікті кедергісі үлкен көлемді 20,0x350,0мм текстолит материалы бар. Озонатор жұмыс істеу қағидасы: (-) теріс полюсті тәжді электродқа өндіргіштің (3.3-сурет) аса жоғары кернеу (-) теріс жартылай толқын болады, соған орай параллель 2 жұқа металлдар

арасында тәжі пайда болды, ол разряд озон түзеді. Тәжірибеде көрсетілгендей озонатордың энергиялық шығыны аз ($66,420 \text{ г/кВт.сағ}$), басқа озонатор құрылғыларына қарағанда озон өнімділігі үлкен болып келеді ($2,0 \text{ г/сағ}$). Озонатор құрылымы қарапайым, жұмыста сенімді екені байқалды [18].

Тәжірибе нәтижесінде озонатор құрылғысының бір түрі қарастырылды. Озонатор құрылғысының тұрығы цилиндр сияқты диаметрі $63,0 \text{ мм}$ ал ұзындығы $1000,0 \text{ мм}$ пластмасса түтікше шағын құрал түрінде жасалды. Түтікше ішінде тәжді оң (+), теріс (-) полюсті электродтар бар. Озонатор режимдегі жұмыс кернеуі $21,70 \text{ кВ}$, тоқ күші $50,0 \text{ мА}$, озон өнімділігі - $10,0 \text{ г-ға}$ теңелді [12, 13].

Зерттеу нәтижесінде инженерлік құрылғысында озонатор қарастырылып, ішінен өнімділігі үлкен 2.6 - суреттегі озонатор, лас суды тазартатын электрлі тәжді озонатор жасалды (2.7-сурет).



а)



б)

Сурет 2.6 - Электрлік тәжді озонатор құрылымы



в)



г)

Сурет 2.7 - лас суды тазартатын электрлі тәжді озонатор

3 Жаңа озонатор қондырғыларын дайындау

Тәжірибе негізінде шағын озонатормен Қапшағай қаласындағы су қоймасындағы суды залалсыздандыру, тәжге негізделген жаңа формадағы озонатор құрылғысы жасалынды. Ол қондырғы Қ.И.Сәтбаев Қазақ Ұлттық Техникалық Университетінің ЭТЖҒТ кафедрасында жасалды. Озонатордың техникалық сипаттамасы 3.1-кестеде бар.

Кесте 3.1 - қондырғының негізгі техникалық сипаттамасы

№	ЭТРО-03,0 қондырғысы техникалық сипаттамасы	
1	Кернеуі, В	220,0
2	Қуаты, кВт*сағ	0,40
3	Жиілік, Гц	50,0
4	Жұмыс уақыты, сағат	2,0
5	Өнімділік, О ₃ , г/сағат	10,0
6	Қондырғы салмағы (габариттік өлшемі)	100,0x1000,0x1050,0
7	Қондырғы салмағы, кг	80,0

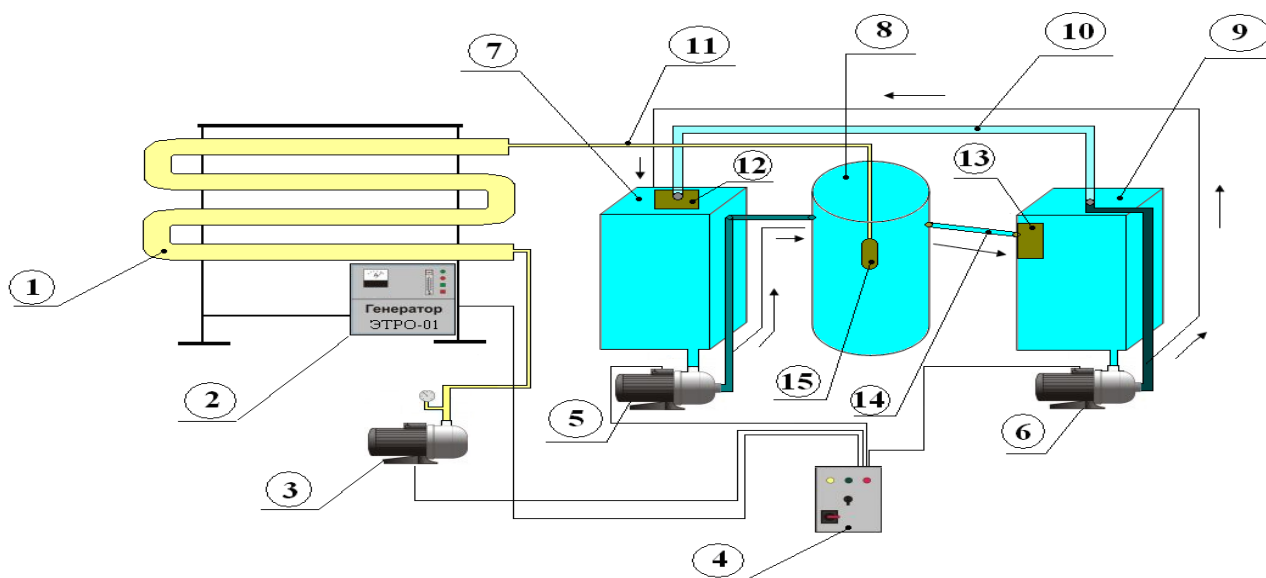
Озонатордың сырты (корпусы) 4 сатылы бір-біріне қосылған пластмасса түтікшеден, жоғарғы кернеумен (20,0 кВ) болатын электр тәжді тудыратын өдіргішпен жабдықталған. Түтік диаметрі $D=63,0$ мм, ұзындығы $L=1000,0$ мм-ге құрылғы түрінде болады. Түтік ішінде тепе-тең тәжді оң, теріс полюсті электрод бар. Түтіктің төменгі бетінде компрессор арқылы ауа жіберетін 1-ретті саңылау бар, солай түтіктің жоғарысында озон болуын қамтамасыз ететін 2-ретті саңылау бар.

Қондырғы суреті, сұлбасы 3.2 – суретте көрсетілген. Қондырғының жұмыс қағидасы: SF батырмасын қосқаннан соң қондырғының басқару бөлігінің кернеу реттегішті жәйімен номиналды режим 120,0В қойып, SF1 батырмамен компрессорды (3) қосады. Компрессор арқылы ауа құрылғыға (1) жіберіледі, озонатор шығысындағы озон барбатер құрылғысы (15) арқылы лас суға барады (8).

Басқарудағы SF2 – батырмасы, 1-филтрді (5) іске қосып, 1-резервуар (7) лас су 2-резервуарға (8) барады. 2-резервуар лас су, озон араласып залалсызданадыдыру.



а) қондырғы суреті



б) қондырғы сұлбасы

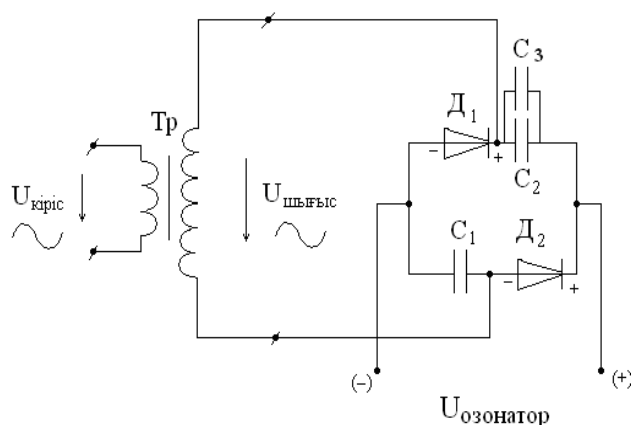
1 - озонатор, 2 – жоғарғы кернеу өндіргіші, 3 – компрессор құрылғысы, 4 - басқару бөлігі, 5,6 - су сорғыш, 7,8,9 - су жинау резервуары, 10,14 - түтік, 11 - озон түтік, 12,13 - сүзгілер(фильтр), 15 - барьбатер

Сурет 3.1 - Тәжірибеге жаңа үлгідегі озонатор қондырғысы

Біраздан соң соң залалсыз су өзінше 3-резервуарға (9) - диаметрі 20,0 мм түтік арқылы барады. 3-резервуар (9) су сапасы деңгейі зертханада тексеріледі. Егер су сапасы 2874,0-82,0 мемлекттік стандарт келмесе, басқару бөлігіндегі SF2 – батырмасымен, 2-сорғыны (6) басып, шала залалсыз суды түтікшелер (10) арқылы 1-резервуарға апарады да, залалсыз суды кері ағызады, яғни залалсыз процесін ұзартамыз.

1-сорғымен су 1-сүзгіден (12), 2-сорғы арқылы 2-сүзгіден өтіп су бетіндегі қалдықтар, қалқымалар сүзіліп, механикалық тазарту жасалады.

Озонатор құрылғысындағы тәжді оң (+) және теріс (-) полюсті электродтар айналасында тәжді – разрядты алу үшін үлкен кернеу керек. Ол үшін кернеу (220,0В) шамасын киловольтқа (21,70кВ) көтеріп кернеу ұлғайтқыш сұлбасы жасалынды. Үлкен кернеу түрлендіруге арналған өндіргіштің (2) электрлік сұлбасы мына 3.3- суретте бар.



а)

б)

Сурет 3.2 – Үлкен кернеуге айналдыруға арналған өндіргіштің электрлік сұлбасы(а), суреті(б)

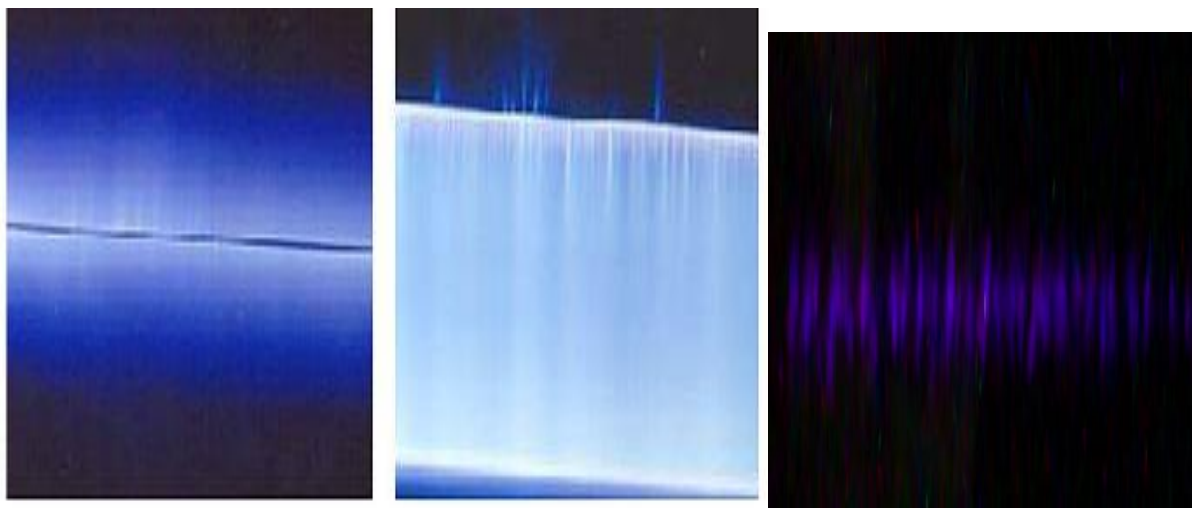
Өндіргіш құрылғысы құрылысы қарапайым, сыйымдылығы 0,10 мкФ К75 жоғары вольтті 3 конденсатор, КЦ201Е түрлі үлкен вольтті 2 диод, ТГМ

1020 УХЛ1-түрлі трансформатор қолданылады. Сұлба жұмыс істеуі: желіден келген 220,0 В кернеу трансформатормен 10,0 кВ-қа ұлғайтып алып, жартылай өткізгіш арқылы кернеу 2,170 есеге дейін жоғарылайды.

$$U_{\text{Озонатор}} = 2.17 * U_{\text{шығыс}} \quad (3.1)$$

Кернеудің оң (+) және теріс (-) полюсті тәжді электродқа келетін шамасы 21,70 кВ.

Озонатор ішіндегі электродта разряд пайда болады. Физикалық бейнесін мына 3.3 - суреттен көруге болады. Разряд тоқ көзінің қуаты, дуга түрінде, солғын разрядты жағдайда пайда болады.



Сурет 3.3 – Тәж-разрядының физикалық бейнесі

Электродтар арасында аз электр тоғы болып разряды жүреді. Ал тоқтың шамасы $10^{-6}, 0 - 10^{-3}, 0$ А – ге тең.

3.1 Озонатор қысымын реттеу

Озон бөлігін көбейтудің әдісі қораптағы қысымдарды реттеу. Тәжді разряд бойындағы ауадағы оттегі $[O_2]$ молекуласының жылдамдығын көбейген сайын озонатор шығысында озон құрамы көбейетіні белгілі. Бұл үшін 3.5-ші суреттегі компрессор айналу жылдамдығын ауыстыруға тура келеді.

Компрессор қозғалтқышы оның роторы айналыс жылдамдығы төмендегі кестеде бар [17,19].

Кесте 3.2 – Компрессор сипаттамасы

№	Компрессор түрі	Кернеу көзі, В	Желі жиілігі, Гц	Қуаты, Вт	Өнімділік, л/мин
1	АСО-004	~220,0	50,0	58,0	11666,70



Сурет 3.4 – Компрессор

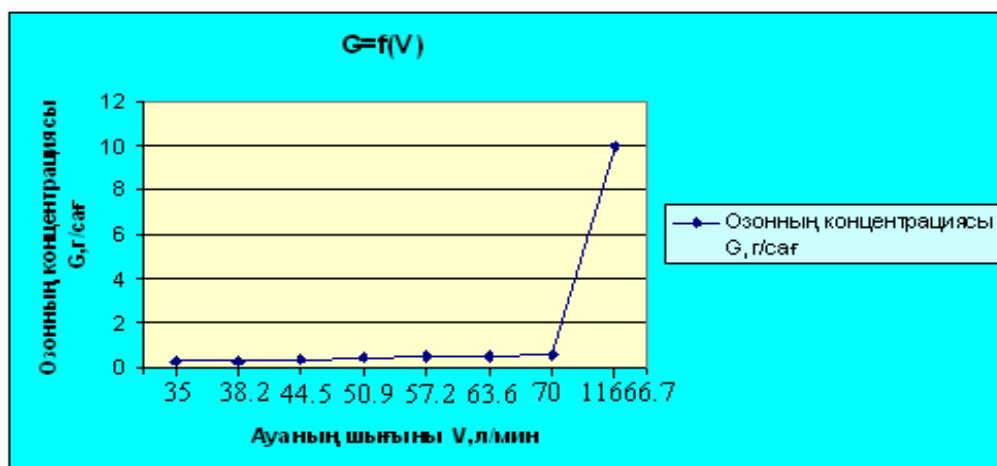
$$n = n_1(1 - s) = \frac{60 f_1(1 - s)}{p}, \quad (3.2)$$

Ал 3.2 – ші теңдіктегі n_1 (айналым уақыты/мин) – айналым жиілігі мына өрнек бойынша анықталады:

$$n_1 = \frac{60 f_1}{p}, \quad (3.3)$$

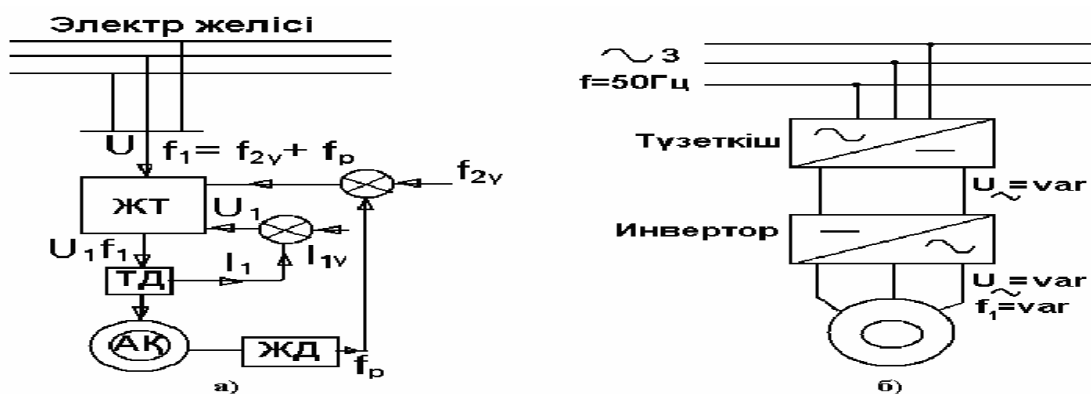
3.3-ші формуладағы роторының айналу жылдамдығы (n) үш тәсілмен өзгереді; f — айнымалы жиілігі (Герц), p — полюстер саны, желіден келіп тұрған кернеу (В) реттеу арқылы.

Озонатор құрылғысы шықпасындағы озон бөлігін жоғарылату үшін, озонатор қорабындағы қысымды реттеуді қарастыру қажет. Ротордың айналыс жылдамдығын реттеуге арналған жиілік түрлендіргіштері пайдаланылады. Жиілік түрлендіргіштері қозғалтқыш айналыс жиілігін өсірген кезде озонатор қорапшасының бойында өтетін ауа көбейіп, озон бөлігінің көбейгені байқалды(3.6-сурет).



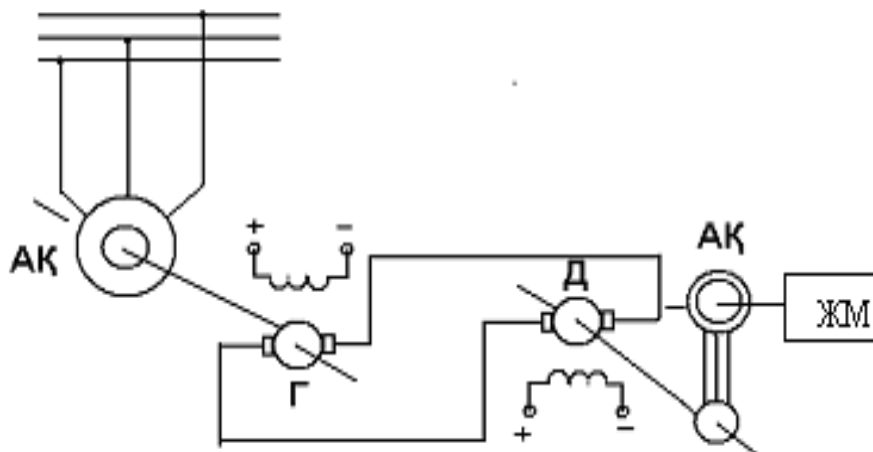
Сурет 3.5 – Ауа, мен озонның құрамының арасындағы тәуелділік

Қозғалтқыштың жиілігін өзгерту реттеудің құрылымдық сұлбасы 3.7-суретте бар. Жиілік түрлендіргіші (ЖТ) тұрақты ток көзімен (ТТК) қоректеніп тұрады, ондағы кернеу 3 фазалы асинхронды қозғалтқышқа (АҚ) барады. Автоматты реттеу жүйесі U_1 – кернеуі, жиілік түрлендіру, себебі қозғалтқыш статоры I_1 -тоқ жүрісіне байланысты. Басқару жүйесінде негізгі 2 басқару арнасы бар: олардың 1-і - U_1 -беріліс кернеуі, I_1 -тоғына байланысты, ал 2-і f_2 -жиілігі. Содан өңделген сигналдар ток сезетін (ТС), жиілік сезетін (ЖС) жүйеге беріледі. Желіден берілген кернеуді (АҚ) түзеткіш арқылы айнымалы тоқтарды тұрақты тоққа, кейін тұрақты токты инвертор арқылы айнымалы тоққа ауыстыру арқылы берілген қозғалтқыш жылдамдығы өзгертілді [18,19].



Сурет 3.6 - Жылдамдықты өзгерту арқылы реттеу сұлбасы

Бұл тәсіл ротор айналыс жиілігін ауыстырумен іске асырылады. Себебі нјминал режимде сырға 2-8 % құрайды. f_1 – жиілікті өзгерту үшін машиналық, шала өткізгішті түрлендіргіш пайдалануға болады. 3.8 - суретте түрлендіргіш сұлбасы көрсетілген.



Сурет 3.7 - Түрлендіргіш құрылымдық сұлбасы

Асинхронды қозғалтқыш кейде тұрақты жиілікпен ток өндіргішін айналдырып, өндіргіш қозғалқыш режимінде істейді, кейін өндіргіш ток қозғалтқышын қоректендіріп, олардың айналыс жиілігін өндіргіштің, қозғалтқыштың қоздыру тоғын реттеп отырады. Қозғалтқыш түрлі жиілікпен синхронды өндіргішті айналдырады, оның кернеуінің $f_1 = N_1/60,0$ жиілігі өзгереді.

3.2 Қондырғыдағы электржетекті автоматты түрде басқару

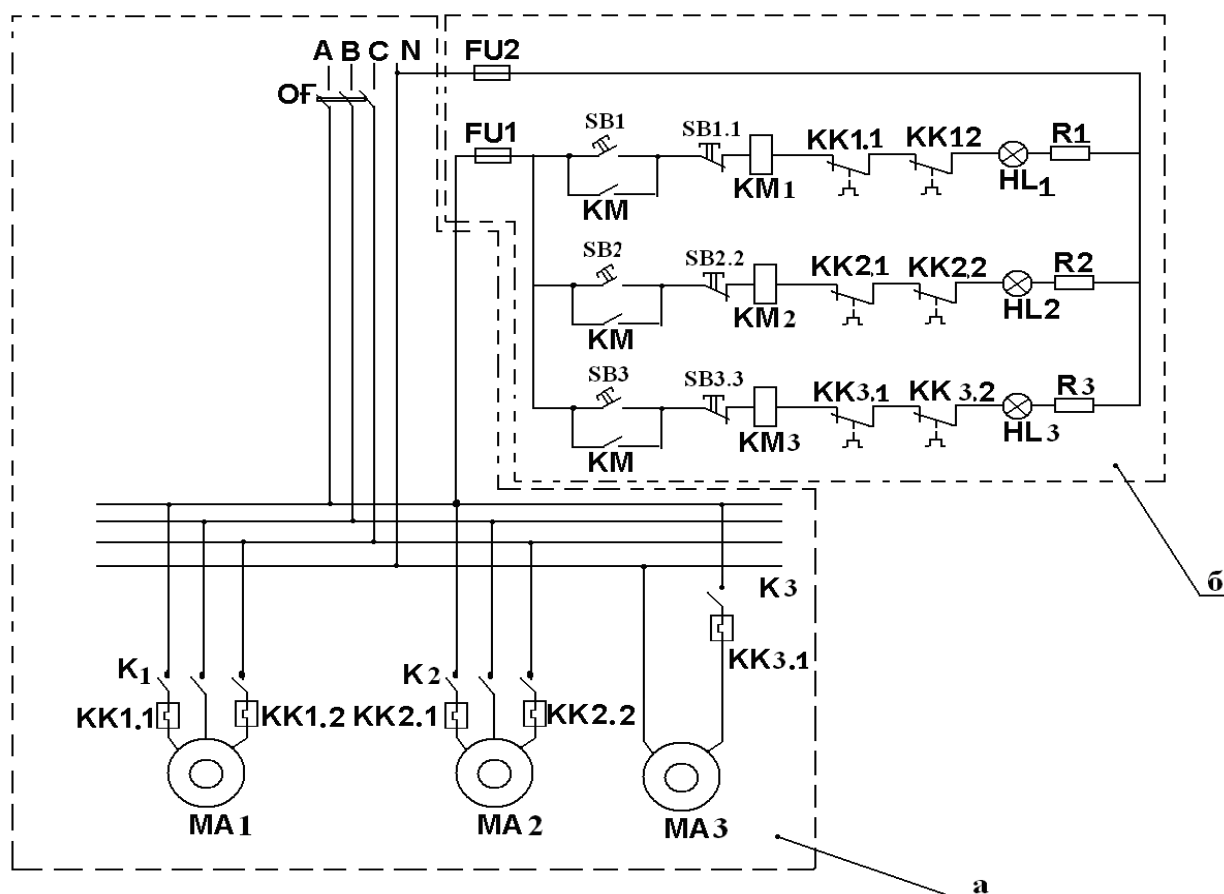
Қондырғыны автоматты түрде басқару үшін ажыратқыштар, магниттік қайталағыштар, реле, байланыстырғыштар, батырмалар стансасы басқа да аспаптар пайдаланылды.

Қондырғыдағы суды соратын сорғыштар, компрессорлардың қозғалтқыштарының ішіндегі температуралық қорғау, жүктелуден қорғауға арналған құрылғылардың арасындағы ең жетігі болып табылады. Ол электр артық жүктелгенде, жүргізу, тежеу дұрыс жүрмегенде, іске қосылу көбейгенде, фазалық сым ажырап, электр желісі кернеуі номинал мәнімен 70...110,0% пайызға дейін өзгеріп, сыртқы орта температурасы жоғарлағанда, қозғалтқыш салқындату жүйесі ажырағанда электр желісінен ажыратады.

Қозғалтқыштарды температурадан қорғау үшін СТ-ІА түрі температуралық коэффициенті оң таңбалы (+) болып келетін терморезисторлар пайдаланылды.

Байланысқан, ажыратқыштық түйіспелер негізгі, көмекші болып екіге бөлінеді. Негізгі түйіспелер күштік тізбекке жалғанса, басқа көмекші түйіспелер басқару тізбектеріне қосылады, себебі түйіспелер электр қабылдағыш аса тоғына, ал басқа көмекші түйіспелер басқару тізбегінің тым әлсіз тоғына есептелген. Контактормен, релемен ток жүргенде түйіспелер тұйықталады да, ал одан кейінгі тұйықталып тұрғандар ажырайды. Ал сұлбаларда түйіспелер ток жоқ кездегі қалпы көрсетіледі [93].

ЭТРО-03 қондырғысы басқару сұлбалары негізгі екі үлкен топтардан жасалған (3.9-сурет). Бұл жерде а) бөлік сұлба күштік бөлігі болса, ал б) бөлік - сұлбадағы басқару бөлігі. Қондырғы жетегінің жұмыс істеу принципі OF – автоматты ажыратқышты қосу тізбегі, күштік тізбегіне кернеу беріледі. SB1, SB2 және SB3 батырмаларын басқанда басқару тізбегі тұйықталса, магниттік жібергіштің KM1 тоқ жүреді. Жібергіш күш түйіспелері K_1 , K_2 және K_3 тұйықталып қозғалтқышқа кернеу береді. Жібергіштің KM түйіспесі тұйықталса, яғни SB1, SB2 және SB3 батырмасын байлайды. Бұл түйіспелерді матама түйіспелер деп атайды. SB1.1, SB2.1 және SB3.1 батырмаларын басқан кезде шарғы KM₁, KM₂ және KM₃ тоқ болмай, KM.1,2,3 және K_1 , K_2 және K_3 , түйіспелері ажырап, тоқтайды. Қозғалтқышты тұйықталу тоғынан автоматты түрде ажыратқыштың ажыратқышы, бұл жүктелу тоғынан KK1.1, KK2.2 және KK3.3 - KK2 жылулық релелер қорғалады [19].



Сурет 3.8 - ЭТРО-03 қондырғысы электр жетегін басқару сұлбасы

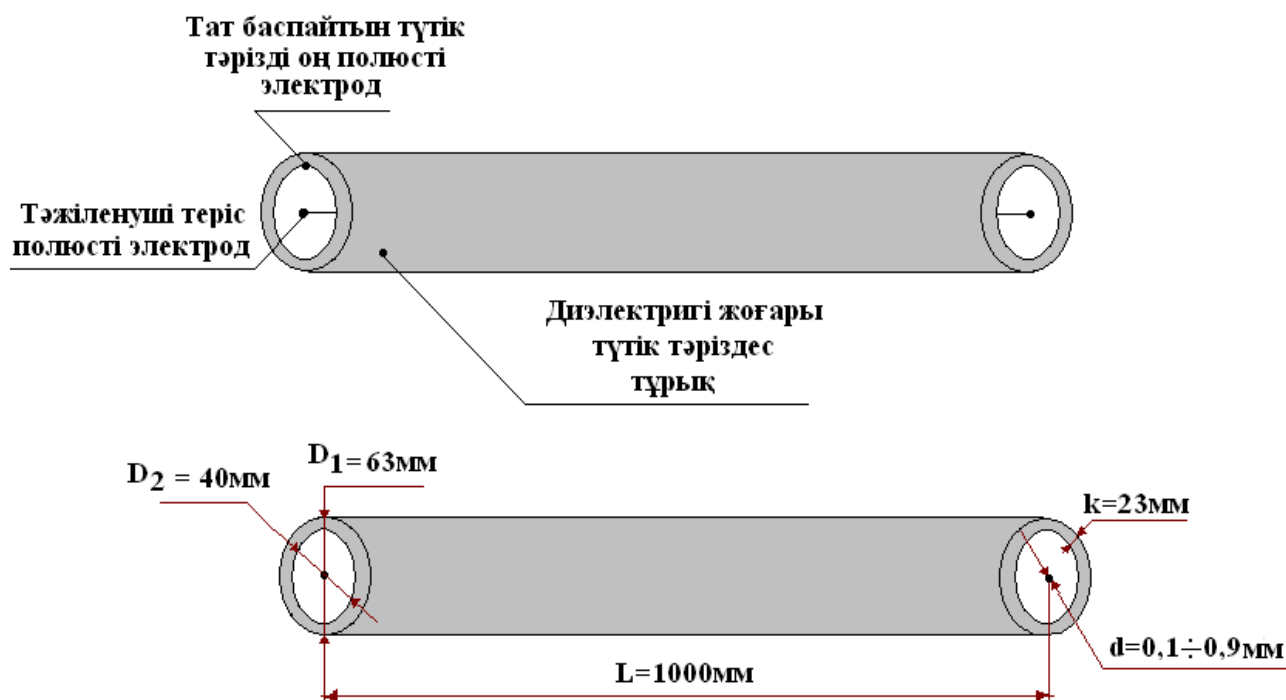
Қондырғыны үлкен кернеуден сақтау үшін жерге қосы жасау керек. Жерге қосқыштың негізгі мақсаты, ол озонатордағы кернеу әсерінен тәжді электрод үзілгенде пайда болатын апаттан, қондырғыдағы істен шығуын қадағалайды.

Қондырғыны үлкен кернеуден сақтау қорғаныс құралы - $R_{\text{жер}} = 4 \text{ Ом}$ -ға тең қорғаныс жерге қосу болып табылады. Бұл $R_{\text{жер}}$ кедергісінен едәуір аздау

($R_{\text{адам}}=1000 \text{ Ом}$), тоқтың кедергісі көп емес тізбекпен, жерге қарай өтеді, электрлік тәжді озонатор қондырғысы жұмысы кезінде жалғасу аса қауіп төндірмейді. Егер қондырғыда жерге қосу болмағанда онда қондырғының бөліктері кернеу астында қалуы мүмкін, адам электр жарақатын алуы мүмкін. Қондырғы жұмыс істесе үлкен кернеуден сақтану үшін жасанды жерге қосу диаметрі 10,0 мм-ге тең жүрекше болат металл қолданылды. Жалпы трансформаторларда жерге қосу кедергісі қуаты 100,0 кВ·А, жоғарғы кернеулі ток өндіргіштерде 10,0 Ом болуы қажет.

3.3 Тәжді электродты тәжірибе арқылы зерттеу

Тәжді разрядты озонатор тұрығында бекітілген оң (+) полюсті тат баспайтын түтікше электрод - көлденең қима ауданы кіші ($d = 0.1 \div 0.9 \text{ мм}$) тәжді теріс (-) полюсті электродқа аса жоғары кернеу бергенде, яғни электр тоғы болады. Термо- электронды эмиссия құбылысы сияқты қыздырылған тәжді теріс полюсті электродтың бекітілген оң (+) полюсті таты жоқ түтік сияқты электродтан айырмасы үздіксіз электрон шығара береді. Бұл жағдайда электрод айналасында электрондық бұлт болады. Озонатор құрылғысы ішіндегі температура өскен кезде электрондық бұлт тығыздығы да өседі. Бұл озонатордың бейнесі, геометриялық өлшемдері мына суретте келтірілген (3.10-сурет).



Сурет 3.9 - Электр тәжді разрядқа негізделген озонатор құрылғысы

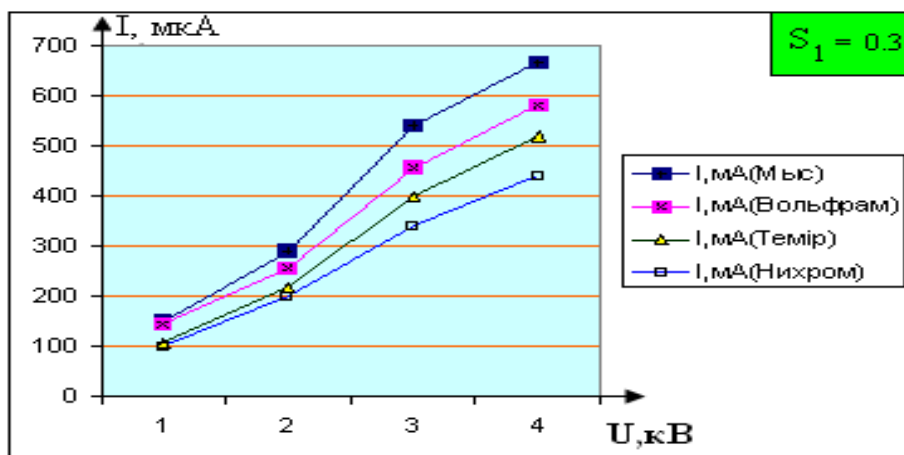
Кесте 3.3 - Тәжді электродтың материалы, көлденең қимасы бойынша вольт-амперлік сипаттамасы

Тәжді электрод көлденең қимасы, мм	Көлденең қимасы әр-түрлі тәжіленуші электродтардағы ток пен кернеудің өзгерісі									
d = 0,10 (нихром)	U, кВ	0.90	1.810	2.720	3.630	4.540	5.450	6.360	7.270	7.720
	I, мкА	0,0	0,0	25,0	100,0	200,0	320,0	480,0	500,0	650,0
	Озон, мг/сағ	0,0	0,0	5,0	20,0	40,0	64,0	96,0	100,0	130,0
d = 0,30 (нихром)	U, кВ	0.90	1.810	2.720	3.630	4.540	5.450	6.360	7.270	7.720
	I, мкА	0,0	0,0	0,0	20,0	100,0	200,0	340,0	440,0	500,0
	Озон, мг/сағ	0,0	0,0	0,0	4,0	20,0	40,0	68,0	88,0	100,0
d = 0,60 (нихром)	U, кВ	0.90	1.810	2.720	3.630	4.540	5.450	6.360	7.270	7.720
	I, мкА	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	110,0	220,0	390,0	480,0
	Озон, мг/сағ	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	22,0	44,0	78,0	96,0
d = 0,90 (нихром)	U, кВ	0.90	1.810	2.720	3.630	4.540	5.450	6.360	7.270	7.720
	I, мкА	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	50,0	140,0	290,0	340,0
	Озон, мг/сағ	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	10,0	28,0	58,0	68,0
Тәжді электрод көлденең қимасы, мм	Электрод меншікті кедергісі ($\frac{Om * мм^2}{м}$),			Көлденең қималары өзара тең, бірақ тәжді электрод материалы өткізгіштердің вольт-амперлік сипаттамасы(ВАС)						
d = 0.30 (мыс)	0,0170	U, кВ		4.540		5.450		6.360		7.270
		I, мкА		150,0		290,0		540,0		665,0
d = 0.30 (вольфрам)	0,0550	U, кВ		4.540		5.450		6.360		7.270
		I, мкА		145,0		256,0		457,0		580,0
d = 0.30 (темір)	0,10	U, кВ		4.540		5.450		6.360		7.270
		I, мкА		107,0		220,0		400,0		520,0
d = 0.30 (нихром)	1,10	U, кВ		4.540		5.450		6.360		7.270
		I, мкА		100,0		200,0		340,0		440,0

Жұмысты жүргізу кезінде оң полюсті тат болмайтын түтік тәрізді электрод көлденең қимасы тұрақты ($D_2=40,0$ мм), тәжді теріс (-) полюсті электродтың өлшемі ($d = 0.1 \div 0.9$ мм), материалын (мыс, вольфрам, темір және нихром) өзгерте отырып, вольт-амперлік сипаттамасы қарастырылды. Зерттеу

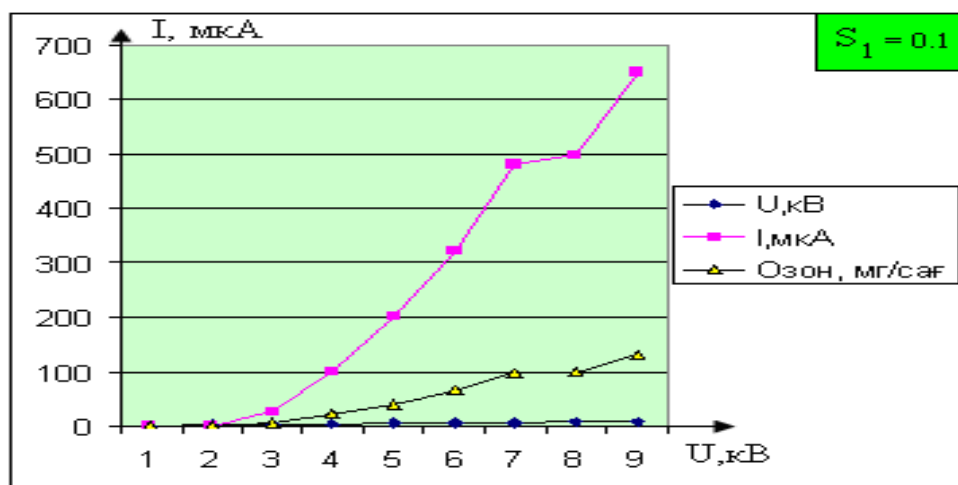
кезінде оң (+) полюсті электрод, теріс (-) полюсті электрод арасындағы вакуумнің $R_{\text{вак}} = 4 \times 10^6 \frac{\tilde{n}}{\tilde{n}}$ меншікті кедергі анықталады.

Тәжді электрод ішінде ең үлкен ток өткізетін мыс, вольфрам екені білінді (3.11-сурет, 3.3-кесте). Өйткені бұл электродтар меншікті кедергісі темір, нихромға қарағанда аз. Мыс-вольфрам ток жақсы өткізсе де олардың негізгі кемшіліктері - беріктік жағынан темір-нихромға қарағанда нашар. Желіден келген кернеу шамасы кей уақытта асып кетсе, тәжді электродтар арасында электр дуга болғанда ол озонатор істемей қалуы мүмкін. Сол үшін озонаторға тәжді теріс (-) полюсті электрод көлденең қимасы $d=0.10$ мм-ге тең нихром бар екені анықталды[18].



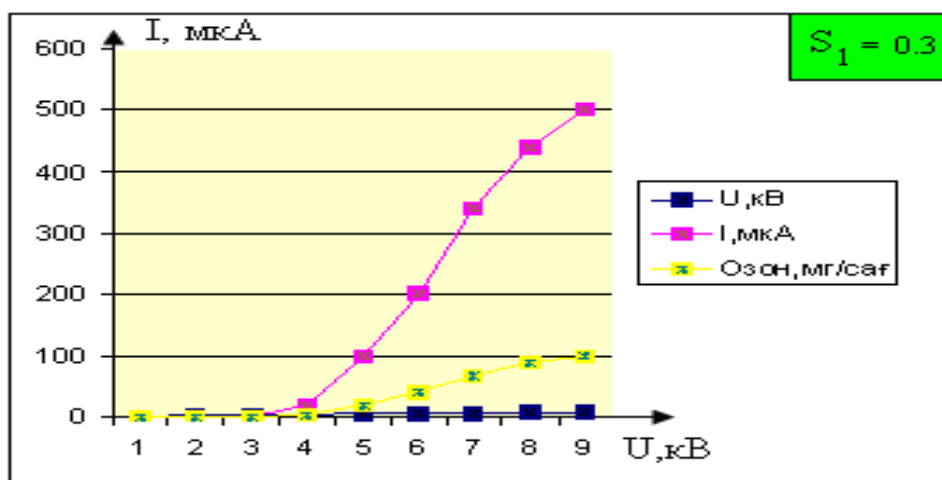
Сурет 3.10 - $S=0,30$ мм² тәжді электродтардың вольт-амперлік сипаттамасы

Суретте нихромды тәжді электродтың көлденең қимасы (мм²) болған кездегі вольт-амперлік сипаттамасы көрсетілген.

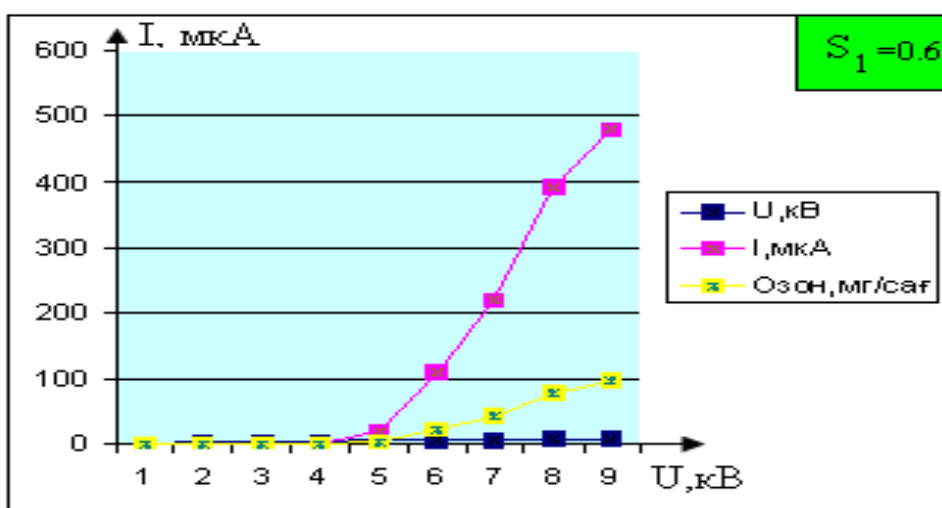


$S=0,10$ мм² вольт – амперлік сипаттамасы

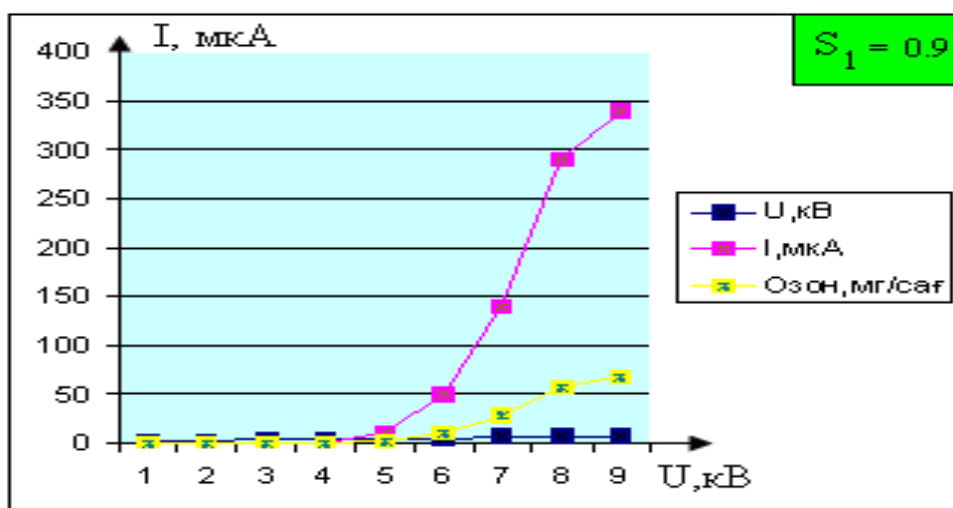
Сурет 3.11 - Озонатордағы тәжді электродтардың вольт-амперлік сипаттамалары, бет 1.



а) $S=0,30 \text{ мм}^2$ вольт – амперлік сипаттамасы



б) $S=0,60 \text{ мм}^2$ вольт – амперлік сипаттамасы

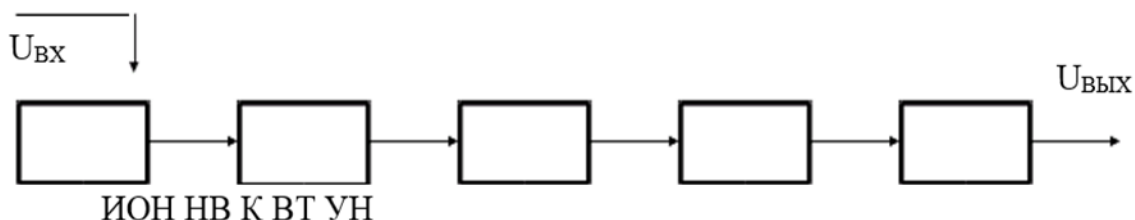


в) $S=0,90 \text{ мм}^2$ вольт – амперлік сипаттамасы

Сурет 3.12 – озонатор тәжді электрод көлденең қимасы вольт-амперлік сипаттамасы, бет 2.

3.4 Арнайы жоғары вольтты күшейткішті есептеу

Тарихи тұрғыдан жоғары кернеу саласындағы алғашқы әзірлемелер әртүрлі құрылғыларды қуаттауға арналған бақыланбайтын айнымалы ток түзеткіштер болды. Мұндай схема түзетілген жоғары кернеудің жақсы сапасын қамтамасыз ете алмады. Эталондық кернеудің төмен жиілігі барлық құрылымдық элементтердің үлкен өлшемдері мен салмағын тудырды. Іс жүзінде, көп жағдайда, 1-суретте көрсетілген ВУ құрылымы қолданылады..



Сурет 3.13 - Жоғары вольтты күшейткіштің классикалық құрылымы

Электр тізбегінің басты айырмашылығы - кернеуді түзету және көбейту процесі 16 - 20 кГц жоғары жиілікте жүзеге асырылады. Ол үшін ИОН-дан төмен жиілікті кернеу (кернеу көздері) төмен вольтты түзеткішпен түзетіледі және жоғары жиілікті тербелістерді тудыратын түрлендіргішке беріледі. Бұдан әрі жоғары жиілікті кернеуді алу технологиясы жоғары кернеулі трансформатор (ВТ) арқылы кернеу мультипликаторына түседі. Ву өзінің тарихи прототиптерінің алдында артықшылықтары шағын габариттер мен салмақ, сондай-ақ қуат бойынша үлкен күшейту коэффициенті бар Шығыс кернеуін біркелкі реттеу мүмкіндігі болып табылады. Сонымен қатар, жоғары жиілікті (ВТ көлемінің және УН сыйымдылықтарының көлемінің азаюы), ал конверторларда реттелетін элементтерді: лампаларды, транзисторларды, тиристорларды пайдалану есебінен $U_{ВЫХ}$ бірқалыпты өзгеру мүмкіндігі едәуір азаяды.

Бұл құрылымның барлық түрлері конверторлардың схемаларында, не трансформаторлардың конструкцияларында, не УН схемаларында айырмашылыққа байланысты.

Конверторлар схемаларының барлық түрлері үш топқа бөлінуі мүмкін. Бірінші топқа БТ бастапқы орамына кернеудің жалғыз импульстерін генерациялауға арналған бір контактілі конверторлар жатады. Конверторлардың осы тобының ең типтік өкілі-белсенді элементтер ретінде лампалар, транзисторлар және тиристорлар пайдаланылатын блокинг генераторы.

Соңғы тізбектері бар түрлендіргіштер түрлендіргіштің екінші тобына жатады және параллель L-C тізбегі біртұтас тікбұрышты ток импульстарымен қозғалады, олардың әсерінен тізбек «айнала бастайды», яғни амплитудасы нөлге дейін азаятын импульстер пакеті пайда болады.

Түрлендіргіштердің үшінші тобы - жүктемеде жоғары қуаттылыққа ие құрылғылар. Мұндай түрлендіргіштер магниттік транзисторлы мультивибраторлардың схемасы бойынша салынған.

Жоғары вольтты күшейткіштер туралы жалпы мәліметтер

1 кВ жоғары вольтті күшейткіштер - күшейткіштер.

Мұндай күшейткіштердің қуаты 10-нан аспайды...20 Вт.

ВВУ:

$$K_{\text{дн}} = \frac{N_{\text{дн}}}{N_{\text{с}}} \gg 1 \quad (3.4)$$

Жоғары вольтты күшейткіштерді қолдану саласы.

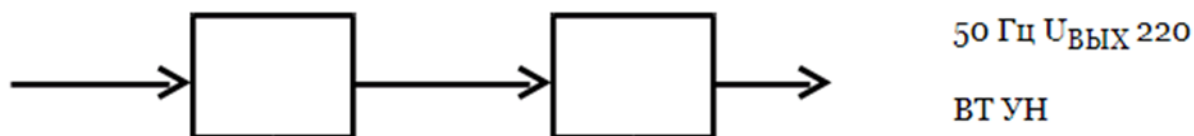
Жоғары кернеудің аспаптық нұсқасы: электронды-сәулелі түтіктерді ЭЕМ мониторларын, жарнамалық қалқан табло телеиндикаторларын, рентгенодиагностика аспаптарын, мұнай құятын танкерлердегі статикалық электрді бейтараптандырғыштарды, Чижевский люстраларын қоректендіру блогы.

Қуаты 40 Вт астам технологиялық Жоғары кернеу: газ тазарту электр сүзгілері, Электротехника.

АЖЖ-технологиясы: Юткин әсері бойынша электр-гидравликалық жарылыс технологиялары, дизельдерде электронды жоғары вольтты оталдыру жүйелері.

Жоғары вольтты кернеуді алу тәсілдері:

Технологиялық жоғары вольтты кернеуді алу үшін - 50 Гц өнеркәсіптік желіден жоғары вольтты кернеуді алу.



ВТ-шығыс кернеуі 10-ға дейінгі трансформатор...50 кВ;

Сурет 3.14 - Кернеудің УН-көбейтгіші

Кернеудің УН-көбейтгіші 16-ға дейін каскадтар санына құрылады.

$$310 = 1,41;$$

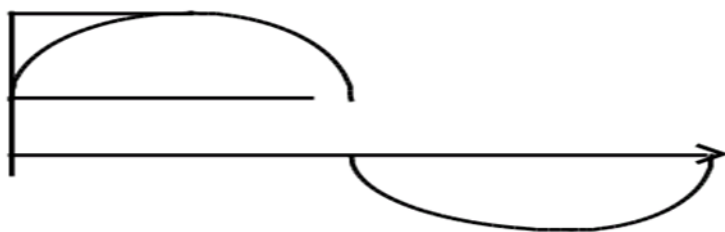
$$220 \cdot 1,41 \cdot 220 = 310;$$

шам 100 сек жыпылықтайды.

Осы схеманың артықшылықтары:

1) жоғары кернеуді алу оңай;

2) іс жүзінде шексіз желі қуаты.



Кемшіліктер:

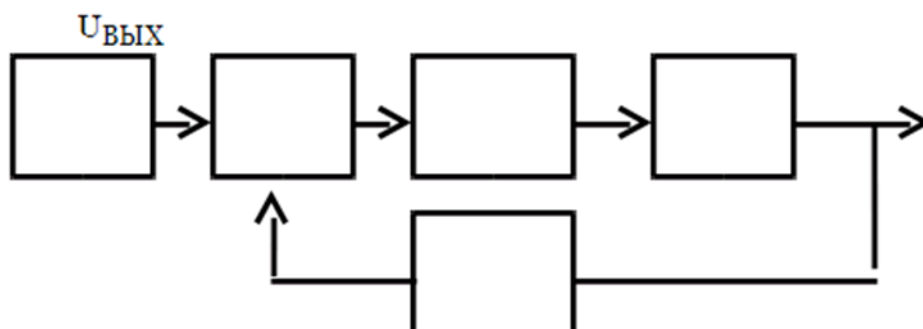
1) жоғары шығыс кернеуінің төмен сапасы (50 Гц пульсация жиілігі (-), үлкен салмақ, қосылған конденсаторлар);

2) Электр тогымен зақымдану қаупі.

Ерекшелік ретінде бұл схеманы аспаптық нұсқаға тек эксперимент кезеңінде ғана қолдануға болады.

АЖЖ-схема.

Негізделген бұл автономды жоғары вольтты кернеу өзгертіледі арнайы генератормен ВЧ импульстер (1000-16000 Гц) және выпрямляется арнайы умножителем кернеу УН дейін қажетті деңгейін.



Сурет 3.15 - Төмен вольтты қорек блогы (5...12 В) К ВТ УН БОС

БНП-төмен вольтты қорек блогы (5...12 В);

К-конвертор, 5-12 жоғары жиілікті импульстерге түрлендіреді,

Конверторлар болады:

1) блокинг - генератор - тұрақты кернеуді 3-5 Вт бар бір дара импульстерге түрлендіреді;

2) мультивибратор Ройер - шығыс қуаты 100 Вт симметриялық импульстерді жасайды;

3) тиристорлық кілттер - қоректендіру блоктарын, жетектерді, CNC станоктарын құру үшін шексіз қуат импульстерін генерациялайды.

ВТ - жоғары вольтты трансформатор;

УН-көбейтгіш кернеу, себебі шағын конденсаторлар мен диодтарда үлкен жиілікке салынған;

БОС-кері байланыс блогы.

Осы схеманың артықшылықтары:

- 1) өлшемдердің шағын габаритті салмағы;
- 2) жоғары шығыс кернеу жиілігі;
- 3) басқарудың қарапайымдылығы (не БНП бойынша немесе К бойынша).

Бұл схеманың жетіспеушілігі: шығу кернеуінің тұрақсыздығы, сондықтан BOS арқылы тұрақтандыру қажет.

Дипломдық жоба шеңберінде жоғары вольтты күшейткіш блогы ЭГД-эмульгатор көмегімен эмульсияны алу барысында тамшыларды ұсақтау үшін қажетті электростатикалық өрісті құру үшін жоғары вольтты қуат көзі ретінде пайдаланылуы мүмкін.

3.5 Академик В. В. Власовтың әдістемесі бойынша жоғары вольтты кернеу күшейткішін есептеу

Техникалық тапсырма

$P=17$ Вт жоғары жағында шығу көзі қуаты

$U_{\text{вых}}=8$ кВ жүктеме жоғары шығыс кернеуі

көбейту қадамдарының Саны $n=3$

Жұмыс жиілігі $f=6250$ Гц

Күшейткішті есептеу

жүктемедегі шығу тогы

$$I_{\text{шығ}} = P/U_{\text{шығ}} = 17/8000 = 2,125 \cdot 10^{-3} \text{ А}, \quad (3.5)$$

Көбейту каскадтарының саны бойынша жоғары вольтты трансформатордың талап етілетін кернеуін анықтаймыз:

$$U_t = U_{\text{шығ}}/n = 8000 / 3 = 2\,666 \text{ В}, \quad (3.6)$$

Стандартты жоғары вольтты трансформаторды қолдану керек болғандықтан, біз негізгі параметрлер ретінде ТВС-90ЛЦ2-1 көлденең ұшу трансформаторының параметрлерін таңдаймыз. Оның төлқұжат мәліметтері: $P_{\text{тр}}=110$ Вт, $U_{\text{тр}}=4,5$ кВ, $f_{\text{раб}}=6250$ Гц, $L_{\text{тр}}=1,68$ Гн.

Екінші ораманың көмегімен қатарға қосылған жоғары вольтты трансформаторлардың саны:

$$N_{\text{тр}} = U_t/U_{\text{тр}} = 2,666 \text{ кВ}/4,5 \text{ кВ} = 0,59 \quad (3.7)$$

$N_{\text{тр}}=1$ Қабылдаймыз.

Сондықтан, трансформаторлардың үш схемада тізбектеліп қосылған трансформаторларының әрқайсысында шынайы шығу кернеуі тең болуы қажет деп есептейміз

$$U_{ист} = U_T / N_{тр} = 2,666 \text{ кВ} / 1 = 2,666 \text{ кВ}, \quad (3.8)$$

Тізбектелген трансформаторлардың әрқайсысында бірнеше сатысы 2-ге тең кернеу мультипликаторы қосылады.

Әр кернеу көбейткішінің сыйымдылығын тұрақты режимде есептейміз. TVS-90LTS2-1 трансформаторы кернеу мультипликаторының бір сатысында жұмыс істейді деп болжаймыз.

$$C_i = 2^{n+1-i} / 4 \pi^2 f^2 L_{тр}, \quad (3.9)$$

мұндағы n - каскадтардың саны, i - конденсатордың сериялық нөмірі.
Ескерту: $C_1 = C_2$.

$$C_1 = C_2 = 2^{3+1-1} / 4 \times \pi^2 \times 6250^2 \times 1,68 = \\ = 2^3 / 2,589 \times 10^9 = 3090 \times 10^{-12} \text{ Ф}, \quad (6)$$

$$C_3 = 1545 \times 10^{-12} \text{ Ф},$$

Конденсатордың сыйымдылығының мәні кернеу көбейткішінің конденсатор штепсельінің жоғарғы шекарасы деп аталады.

Біз үйлестірілген режимде кернеу мультипликаторын беретін трансформатор блогының қажетті қуатын есептейміз.

$$P_{тр} = (U_{ист})^2 \times C_1 \times f \times (27,6 - 6 \times 2^{3-n} - 1,2 (0,25)^{(n-1)/2}) = \\ = (2666)^2 \times 3090 \times 10^{-12} \times 6250 \times (27,6 - 6,20 - 2,52 \times 0,25^2) = 2924 \text{ Вт}$$

Блок трансформаторының қуаты таңдалған TVS-90LTS2-1 қуатынан едәуір асатындықтан, үйлестірілген режимдер техникалық-экономикалық ысырап болып табылады, сондықтан конденсаторлардың сыйымдылығының төмендеуіне байланысты.

Кернеу мультипликаторын беру кезінде блок-трансформаторды пайдалану тиімділігін есептейміз;

$$\eta_{\text{м.}} = \frac{0,91 - 0,66 (0,25)^{\frac{n-1}{2}}}{27,6 - 6(2)^{1-n} - 1,2(0,25)^{\frac{n-1}{2}}}$$

Алынған тиімділік блок трансформаторының жүктемеге енетін қуат үлесін көрсетеді;

Әр трансформатор блогының қуатын формулаға сәйкес есептейміз

$$P_{\text{тр бл}} = P / N_{\text{тр}} = 17 / 1 = 17 \text{ Вт}$$

Әр блок трансформаторының қуатын есептейміз

$$P_{\text{бл}} = P_{\text{тр бл}} / \eta = 17 / 0,035 = 485,7 \text{ Вт}$$

Таңдалған трансформатордың қуаты 110 Вт болғандықтан, бір трансформатор жеткіліксіз. Қорытынды:

не басқа трансформаторды таңдаңыз;

немесе параллель бірнеше трансформаторларды қамтиды.

Біз екінші жолды таңдаймыз.

Әр блоктағы трансформаторлардың санын есептейміз.

$$n_{\text{тр твс}} = P_{\text{бл}} / P_{\text{тр}} = 4,41$$

$n_{\text{тр твс}} = 5$ таңдаймыз.

Әр қондырғы трансформаторындағы сорғы қуатын төмен вольтты түрлендіргіштен формулаға сәйкес есептейміз

$$P_{\text{тр инд}} = P_{\text{бл}} / n_{\text{тр твс}} = 485,7 / 5 = 97,14 \text{ Вт}$$

Сорғы генераторы ретінде берілген ұсыныстар негізінде 110 Вт-тан аз қуат алғандықтан, біз Ройра мультивибраторын таңдаймыз.

Есептелген блоктың қуаты бойынша біз кернеу көбейткішінің қуатын есептейміз

$$C_1 = P_{\text{тр инд}} / U^2 \text{ ист} \times f (27,6 - 6 \times 2^{3-n} - 1,2 \times 0,25^{(n-1)/2}) = 513,3 \times 10^{-12} \text{ Ф},$$

$$C_1 = C_2 \quad (3.10)$$

$$C_3 = 256,65 \times 10^{-12} \text{ Ф},$$

Алынған сыйымдылық мәндері трансформатордың блоктық қуатына сәйкес келеді, бірақ таза үйлестірілген режимде емес, одан шығумен және сыйымдылық мәндерінің төменгі шегін құрайды. Сәйкес режим:

$$C_1 = C_2 = 3090 \text{ пФ} > C_1 = C_2 > 513,3 \text{ пФ};$$

$$C_3 = 1545 \text{ пФ} > C_3 > 256,65 \text{ пФ};$$

Шешуші фактор трансформатор блогының қуаты болғандықтан, біз штепсельдің дұрыс мәнін таңдаймыз, бірақ рейтингтер стандартты емес

болғандықтан, конденсаторлар параллель параллель жалғанған стандартты конденсаторларда батарея түрінде жазылады.

Біз конденсатордың банкін жинаймыз.

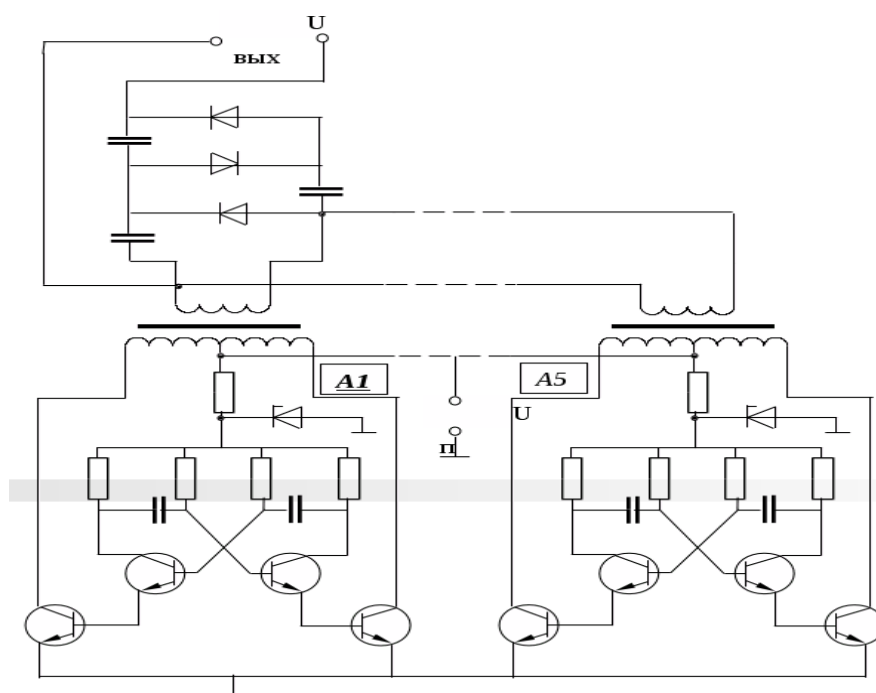
Біз номиналды кернеумен К15-4 типті сыйымдылықты таңдаймыз

$$U_c \geq 2 \times U_{тр} = 6,00 \text{ кВ},$$

Біз конденсатор банктерін жинаймыз:

$$C_{11}=250 \text{ пФ}, C_{12}=250 \text{ пФ}, C_{13}=15 \text{ пФ}.$$

$$C_{21}=250 \text{ пФ}, C_{22}=55 \text{ пФ}.$$



Сурет 3.16 - Жоғары кернеулі күшейткіш.

Кернеу мультипликаторы үшін жоғары вольтты диодтарды екі жолмен таңдаңыз:

формула бойынша тура ток

$$I_{пр} \geq \frac{P_{пр}^6}{U_{пр}^6} = \frac{485,7}{2666} = 0,182 \text{ А}$$

$$\text{бұзылу кернеуі } U_{обр} \geq 2 \times U_{ист} = 2 \times 2666 = 5332 \text{ В}.$$

Анықтамалық материалдар негізінде біз $U_{обр}=8 \text{ кВ}$, $I=30 \text{ А}$ параметрлері бар құрғақ дизайндағы D1007 таңдаймыз.

4 Ауаны озондаудың автоматтандырылған қондырғысын эксперименттік зерттеу

4.1 Озонның өнімділігі мен меншікті энергетикалық шығымын эксперименттік анықтау

Алынған нәтижелердің құндылығы мен дұрыстығы сайып келгенде, таңдалған зерттеу әдістемесінің дұрыстығын және өлшеу аспаптарының дәлдігі. Осыған байланысты тұтас орындау үшін өлшеу кешені бірнеше эксперименттік қондырғылар мен атмосфералық ауаның әртүрлі қысымдары кезінде МП-да униполярлық тәждің сипаттамаларын жүйелі түрде зерттеу жүргізуге мүмкіндік беретін өлшеу құрылғылары, электрондық аппаратура және разрядтық камералардың конструкциялары.

Тәждік разрядты от алдырудың бастапқы кернеуі МЗ1/А микроамперметрдің көрсеткіші бойынша $1,5 \cdot 10^{-8}$ А/істі бөлу бағасымен анықталады. Алдымен қоректену кернеуі микроамперметрдің Жарық көрсеткіші барлық шкалаға, яғни 0,075 мкА ауытқыған кезде осындай мәнге дейін көтеріледі. Осыдан кейін кернеу тәж тогының жоғалуына дейін төмендейді және бастапқы кернеу мәні белгіленеді. Жекелеген жағдайларда өлшеу сезімталдығын арттыру мақсатында разряд тізбегінде 1кОм жүктеме кедергісінде кернеудің төмендеуін өлшейтін В7-23 сандық вольтметр қолданылады. Микровольт диапазонында 10^{-10} А/істі өлшеу дәлдігіне оңай қол жеткізіледі. Разрядты камераларды қоректендіру үшін 4-10 кв кезінде шығу кернеуінің тұрақтылығын (0,01-0,5)%нашар емес қамтамасыз ететін ВС-22, ВС-23 және УПУ-1м типті жоғары вольтты тұрақтандырылған $\pm$ кернеу көздері пайдаланылды. Кернеуді өлшеудің дәлдігін арттыру үшін МВСТГ (дәлдік сыныбы 0,05) типті микропроволярлы кедергілерден жасалған омтық шунт қолданылады. Бөлгіштегі кернеуді В7-23 немесе ВЗ-38 сандық вольтметрлердің көмегімен өлшеу кезінде $\pm$ қателік 0,1-ден аспайды%.

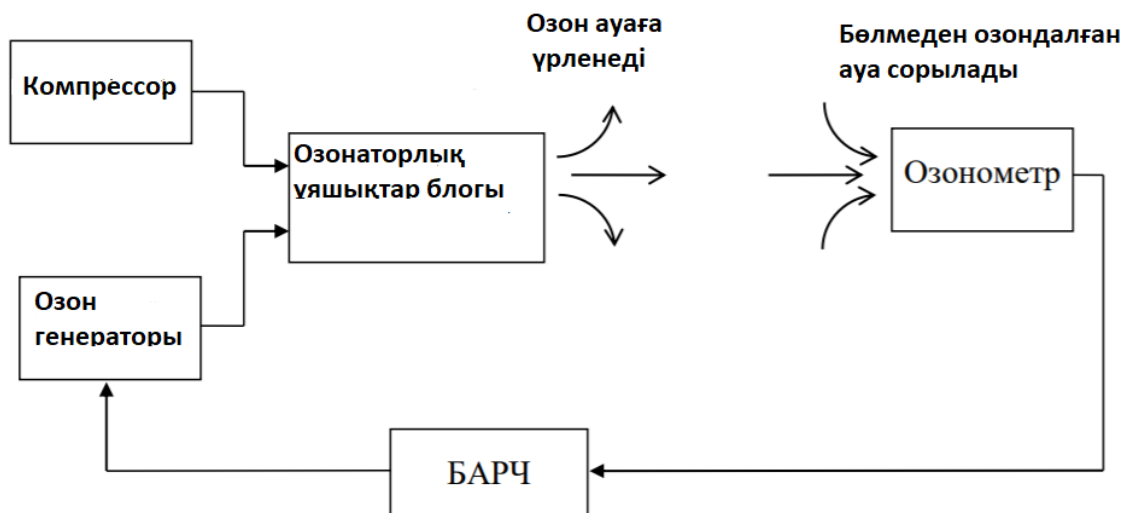
Электр өрісінің елеулі әртектілігі ішкі және сыртқы тәждің сыртқы облыстарында. Бұл ретте ішкі коронациялық қабат жалпы разрядтың барлық тән ерекшеліктерін анықтайтын негізгі болып табылады. Ионизациялық процестер тәждік қабатта қисықтық радиусы аз электродтың жанында өтеді. Бұл салада өлшеу зондының болуы өріс кернеулігінің және көлемді зарядтардың таралуын едәуір дәрежеде бұзады. Сондықтан тәждік қабаттың разрядтық параметрлері туралы әдетте сыртқы электрлік сипаттамалар, өрістің бастапқы кернеулігі немесе тәждің жарқылдау құрылымы бойынша сотталады. Тәждік разрядты зерттеудің мүмкін тәсілдерінің бірі оның сипаттамаларының ерекшеліктерін зерттеу болып табылады. Бір мезгілде жоғары вольтты тұрақты және шама бойынша аз айнымалы кернеу ЖЧ. Аз амплитудасы бар жоғары жиілікті айнымалы кернеумен зондтау тәждік аралықтың динамикалық сипаттамаларын зерттеуге және атап айтқанда, тәждік разрядтың ВЧ-өткізгіштігінің жиілікке тәуелділігін анықтауға

мүмкіндік береді. Бұл жағдайда ГС-100и типті генератордан (г) разрядты камераға 200гц-тен 1,5 МГц-ке дейін реттелетін синусоидалды айнымалы кернеу беріледі. Разрядты камераға Жоғары кернеу жоғары вольтты көзден (В) беріледі. Шығыс айнымалы кернеу R1 (1ком) жүктемесінде келесі өлшеу аспаптарының көмегімен өлшенеді: осциллограф (о) ДЭСО-2, ВЗ-2А шамдық вольтметр (ЛВ), ЧЗ-22 жиілік өлшеуіші.

2.3-бөлімде әзірленген кернеудің жоғары вольтты импульстарының көзі (ИВИН) ұзақтығы 75 МКС және жиілігі 4 кГц дейін 3 кв дейін амплитудасы бар жоғары вольтты импульстерді өндіруге арналған. ИВИН блогының ерекше ерекшелігі-импульс амплитудасының біркелкі өзгеруін және олардың жиілігін қамтамасыз етеді.

Олардың мәндерінің өзгеруі Тәжді-разрядты ұяшықтардың шығысындағы озон концентрациясына тікелей пропорционалды разряд тогының өзгеруіне әкеледі. Ең ыңғайлы және оңай өзгертін параметр импульс жиілігі болып табылады. Барч блогы озонметрден кернеуге сәйкес реттеуші сигнал шығарады, ол импульстер жиілігінің мәнін сол немесе басқа жаққа өзгерту үшін ИВИН блогына беріледі.

Осылайша, жоғарыда келтірілген электрондық өлшеу құралдарының кешені Электрлік шамалардың кең спектрін өлшеуге мүмкіндік береді: коронаның бастапқы кернеулігі, вольтамперлік сипаттамасы және жоғары вольтты импульстер түріндегі разряд тогының мәні, сондай-ақ импульстер фронтының ұзақтығын және олардың жиілігін өлшеуді қамтамасыз етеді. Өндірістік бөлмелерде ауаны озондау параметрлеріне зерттеу жүргізу үшін тәжірибелік стенд әзірленді, оның құрылымдық схемасы 4.1 суретте көрсетілген.



Сурет 4.1 - Озондаудың жалпы құрылымдық технологиялық схемасы

1. Жоғары вольтты кернеу импульстарының көзі-озон генераторы;
2. Озон өндіретін тәжді-разрядты ұяшықтар;
3. Озонаторлы ұяшықтардан озонды үрлеуге арналған Компрессор;
4. Озонометр;

5. Автоматты реттеу блогының эксперименттік үлгісі озон концентрациясы, әйтпесе жиілікті автоматты реттеу блогы (БАРЧ) генератор.

Өндірістік үй-жайлардағы ауаның ИВИН, тәждік-разрядты ұяшықтар мен БАРЧ блогының негізінде ОВИ-1 озонаторының тәжірибелі үлгісі әзірленді, ол келесі техникалық сипаттамаларға ие:

Электр желісінің кернеуі	220 В, 50 Гц
Тұтыну қуаты	0,15 кВт
Өңделетін кубатура	50 текше метрге дейін
Бір рет әрекет ету уақыты	10 минуттан бастап
Өлшемдері	240x210x110 мм
Салмағы	4,5 кг

Эксперименталды стендте ҚЖО-1 озонаторы қолданылады, бұл жоғары вольтты кернеудің бір қоректендіру көзін қолдануға мүмкіндік береді. Сыртқы түрі эксперименттік стенд суретте көрсетілген 4.2. Тәждік разрядты техникалық қолдану сыртқы жағдайларға және разрядтық аралықтың басқа параметрлеріне байланысты негізделген. Вольтамперлік сипаттамасы, мысалы, электр сүзгіштің электр параметрлерін таңдау кезінде немесе электр беру желілерінде тәжі үшін қуат шығынын есептеу кезінде және т. б. маңызды. ВАХ электронды технология аппараттарында әртүрлі тәждік жүйелердің тиімділігін бағалау үшін кеңінен қолданылады.



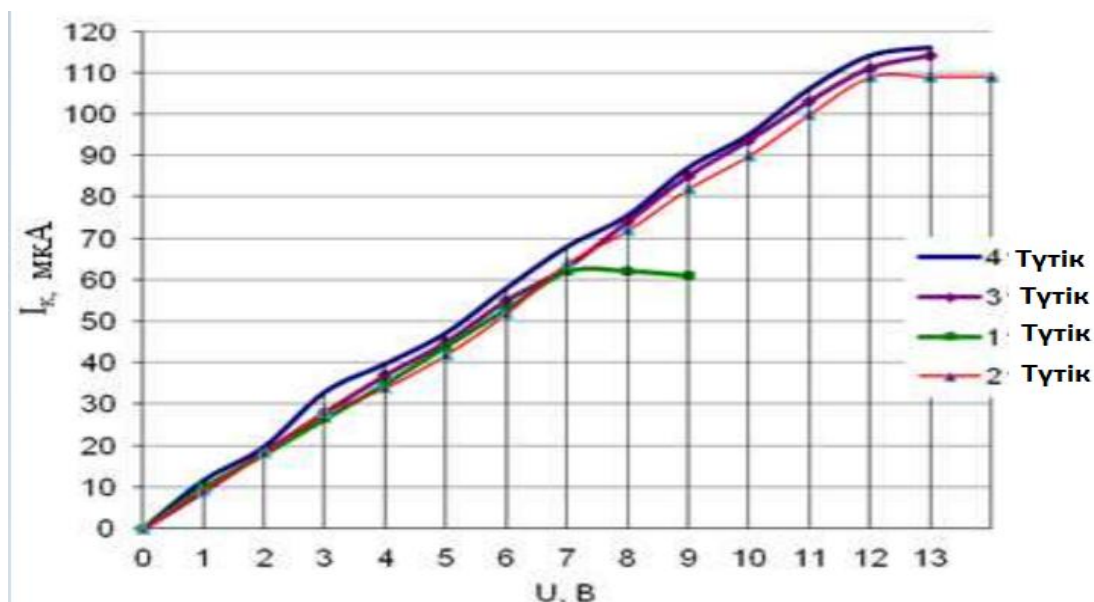
Сурет 4.2 - Эксперименттік стенд

Тәждік разрядта озонаторлар үшін бастапқыда анықталады озондаушы элементтің вольтамперлік сипаттамалары (ВАХ), содан кейін тек озонатордың басқа параметрлерін өлшеуге кіріседі. 4.1-кестеде коронациялық түтіктердің санына байланысты корондік-разрядтық жүйенің ВАХ ұсынылған.

Кесте 4.1-құбырлардың санына байланысты корондік-разрядтық жүйенің ВАХ

$U_{\text{латр}}, \text{В}$		0	20	40	60	80	100	120	150
1 Түтік	$U_1, \text{В}$	0	1	2,2	3,8	5	5,2	5,80	6,4
	$I_{1к}, \text{мкА}$	0	9	20	34	45	47,27	52,72	58,18
2 Түтік	$U_2, \text{В}$	0	0,8	3	4,8	6,40	8	10	12
	$I_{2к}, \text{мкА}$	0	7,27	27	43	58	72	90	109
3 Түтік	$U_3, \text{В}$	0	1	3,2	5	7	8,2	10,3	12,5
	$I_{3к}, \text{мкА}$	0	9	29	45	63	75	93,6	113
4 Түтік	$U_4, \text{В}$	0	1,3	3,7	5,2	7,7	8,2	10,3	12,6
	$I_{4к}, \text{мкА}$	0	11,82	33,64	47,27	70	74,54	93,64	114,54

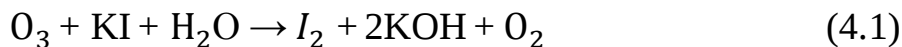
Көрнекілік үшін салынды үшін ВАС озондық түтіктер (сурет 4.3).



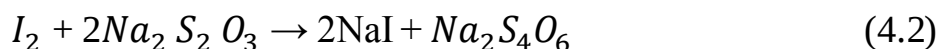
Сурет 4.3 - Түтік санына байланысты тәжді-разрядты жүйенің ВАХ

Тәждік-разрядты ұяшықтарды ВАХ анықтау кезінде импульстердің жиілігі 2 кГц тең тұрақты болды, ал кернеу ауытқуы бойынша разрядты ток өлшенетін жүктеме кедергісі $R=110 \text{ кОм}$ құрады. WS тәуелділігі озондалған түтікшелердегі разрядтық токтың өзгеру ауқымын анықтауға мүмкіндік береді. ҚЖО-1 тәжірибелік үлгісінің сынақтары йодометриялық әдіс бойынша озонның өнімділігі мен меншікті энергетикалық шығымын анықтау

мақсатында Қазақ Республикалық санитарлық-эпидемиологиялық станциясының (ҚЖЭЖ) зертханалық жағдайларында орындалды (4.4-сурет). Озонның йодты калиймен (су ерітіндісі) өзара әрекеттесуі кезінде еркін йод бөлінеді, ол белгілі концентрациядағы тиосульфатпен ерітіндіні титрлеумен анықталады [13-15].



Озон-оттегі (немесе озон-ауа) қоспасы әлсіз ашық сары түс пайда болғанға дейін Аналитикалық ерітінді: бөлінген йодтың белгісі. Талдаудың нақты уақыты 1 сағатқа дейін болды; ағынның жылдамдығы 200-250 л/сағ аспайды. Титрлеу алдында йодты калий ерітіндісі 5 мл сұйылтылған (1:5) күкірт қышқылымен қышқылданған. Титрлеу соңында ерітіндіге крахмал (2 мл) қосылды және ерітінді көк түсті алды. Тиосульфат түссізденгенге дейін ерітіндіге қосылды. Йодты бейтараптандыру төменде көрсетілген реакция бойынша жүзеге асырылды.



Сурет 4.4 - Қазақ Республикасының санитарлық-эпидемиологиялық станциясының зертханасында эксперименттік стендті орналастыру.

1 л ауадағы озон бойынша озонатордың өнімділігі мына формула бойынша анықталды:

$$m = \frac{V \cdot n \cdot 1000 \cdot 24}{100} \text{ (мг/л)} \quad (4.3)$$

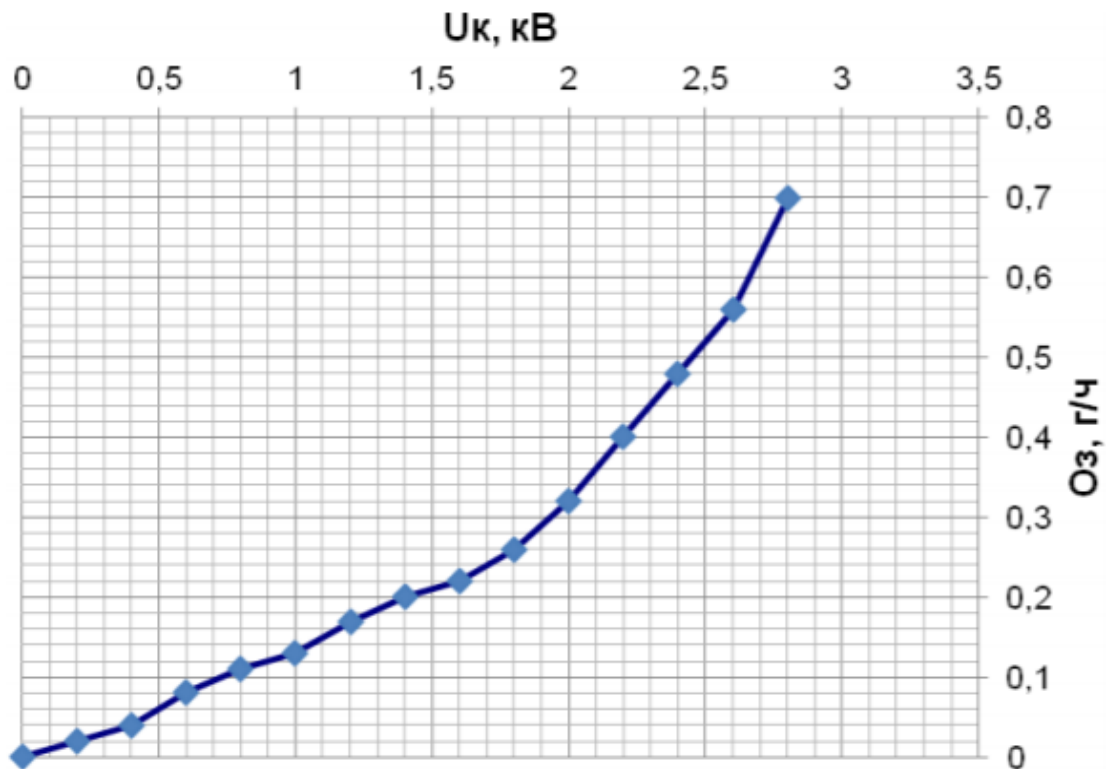
мұндағы V - $Na_2 S_2 O_3$ көлемі, титрлеуге жұмсалған миллилитр тиосульфат саны;

n - $Na_2 S_2 O_3$ тиосульфат ерітіндісінің нормалылығы (натрий тиосульфаты = 0,1).

Озон концентрациясының тәждің кернеуіне тәуелділігі сурет 4.5, озон өнімділігінің жиіліктен тәуелділігі-суретте 4.6, озонның энергетикалық шығуының жиілікке тәуелділігі – 4.7, озон өнімділігінің тәж тогына тәуелділігі – 4.8, озонның энергетикалық шығысының тәждің тогына тәуелділігі – 4.9.

Кесте 4.2 - Озон концентрациясының кернеуге тәуелділігі

№	U _{ЛАТР} , В	f, Гц	v, мл	t, мин	V, Na ₂ S ₂ O ₃	m, мг/л; 10 минут үшін 35 л айдау	O ₃ , г/ч	O ₃ , г/кВтч
1	80	2000	100	10	0,4	9,6	0,201	56,81
2	100	2000	100	10	0,6	14,4	0,252	54,54
3	120	2000	100	10	0,8	19,2	0,403	48,54
4	140	2000	100	10	1,1	26,4	0,554	47,03
5	150	2000	100	10	1,2	28,8	0,705	44,9

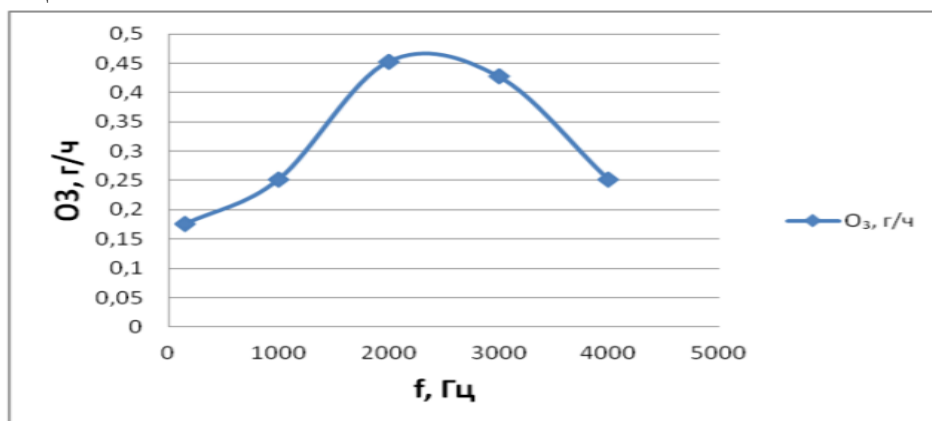


Сурет 4.5 - Озон концентрациясының тәждің кернеуіне тәуелділігі

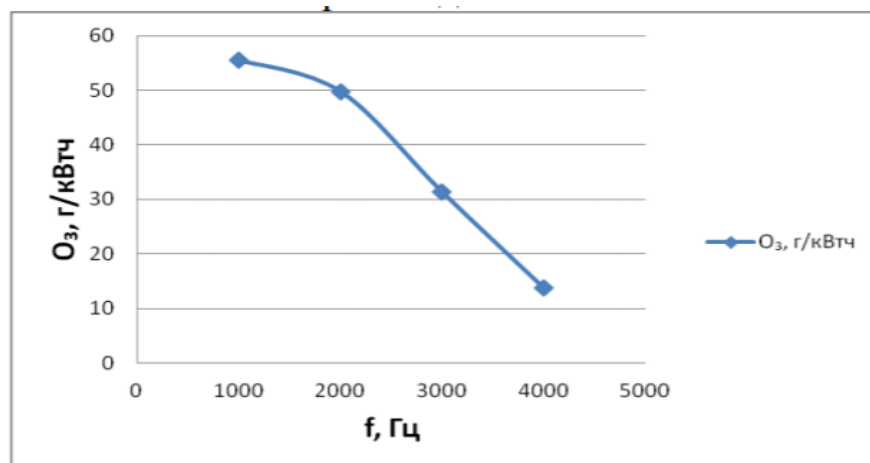
Кесте 4.3 - Озон концентрациясының импульс жиілігіне тәуелділігі

№	f, Гц	U _{ЛАТР} , В	v, мл	t, мин	V, Na ₂ S ₂ O ₃	m, мг/л; 10 минут үшін 35 л айдау	O ₃ , г/ч	O ₃ , г/кВтч
1	150	125	100	10	0,35	8,4	0,176	–
2	1000	125	100	10	0,5	12	0,252	55,5
3	2000	125	100	10	0,9	21,6	0,453	49,8
4	3000	125	100	10	0,85	20,4	0,428	31,42
5	4000	125	100	10	0,5	12	0,252	13,87

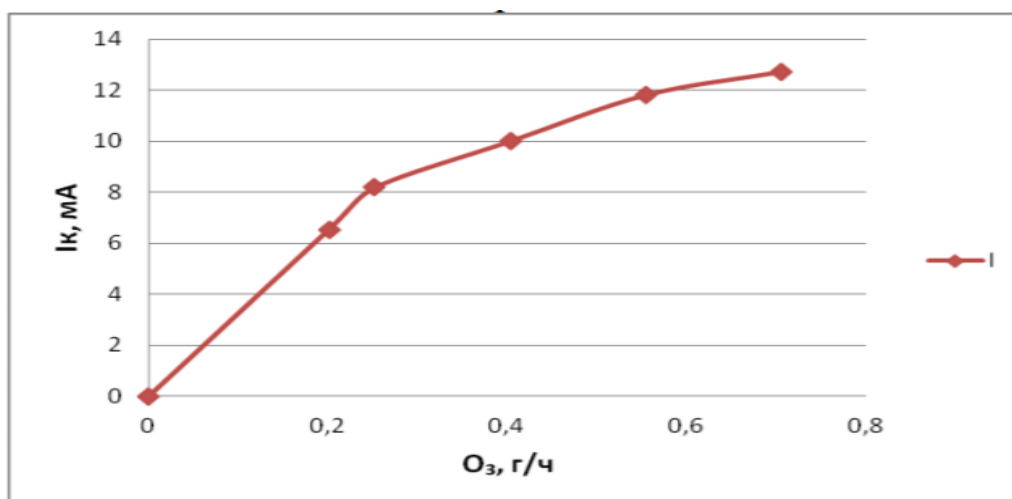
O_3 , г/с – озон өнімділігі, O_3 , г/кВтс-үлестік озонатордың энергетикалық шығысы.



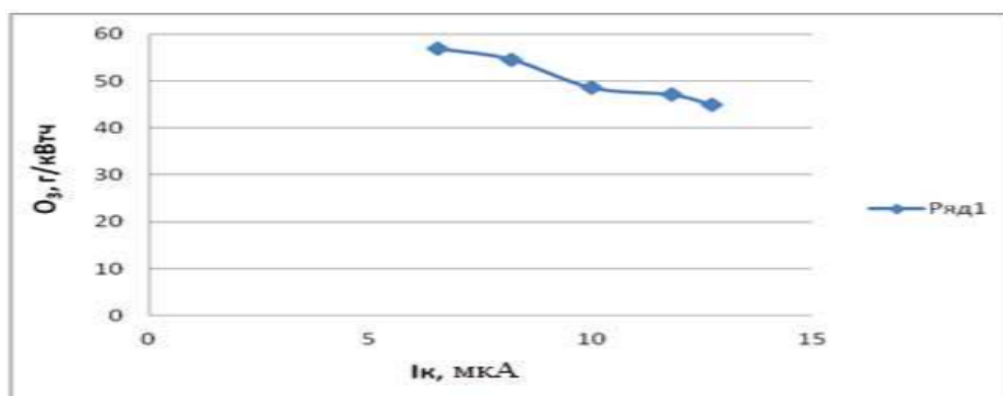
Сурет 4.6 - Озон өнімділігінің жиілікке тәуелділігі



Сурет 4.7 - Озонның энергетикалық шығуының жиілікке тәуелділігі



Сурет 4.8 - Озон өнімділігінің тәждік тогына тәуелділігі



Сурет 4.9 - Озонның энергетикалық шығуының тәждік тогына тәуелділігі

4.4-кестеде озонатордың сипаттамалары келтірілген.

Кесте 4.4 - Озонатордың сипаттамалары

U _{латр} , В	20	40	60	80	100	120	140	150
U _к , кВ	0,26	0,78	1,04	1,44	1,8	2,2	2,6	2,8
I _к , мА	1,18	3,54	4,73	6,54	8,18	10	11,81	12,72
Q, мкК	0,44	1,32	1,77	2,45	3,06	3,75	4,42	4,77
W, мДж	0,25	0,51	0,92	1,76	2,75	4,12	5,74	6,67
P, Вт	0,5	1,02	1,84	3,52	5,51	8,24	11,48	13,34
O ₃ , г/ч				0,201	0,252	0,403	0,554	0,705
O ₃ , г/кВтч				56,81	54,54	48,54	47,03	44,90
V _{Na2S2O3}				0,4	0,6	0,8	1,1	1,2
m				9,6	14,4	19,2	26,4	28,8

$Q = i \cdot t_u$ 2, Кулон. $t_u = 75$ мкс. Импульс энергиясы $W = Q \cdot U/2$, Дж. $P = W \cdot f$, Вт

Кесте 4.5 - Озонатордың шығысындағы озонның жаппай шоғырлануы

№ тәжірибе	U, В	t, с	V, мл	N	A _{O₃} , мг/м ³
1	100	2	200	2	3,2
2	120	2	200	2	4
3	140	2	200	2	6,3
4	150	2	200	2	7,8

Нәтижелерін салыстыру үшін өлшем йодометриялық әдіспен болды ҚЖО-1 озонаторын индикаторлық ТИ-О₃ түтіктері мен АМ-0059 сильфонды аспиратор. Алынған нәтижелер 4.5-кестеде келтірілген.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қазақ Республикасының санитарлық-эпидемиологиялық станциясының зертханасында эксперименттік стендті орналастыру. 1л ауадағы озон бойынша озонатордың өнімділігі формула бойынша анықталды.

Тәждік разрядты от алдырудың бастапқы кернеуі МЗ1/А микроамперметрiнiң көрсеткіші бойынша $1,5 \cdot 10^{-8} \text{ А}$ /істі бөлу бағасымен анықталады. Алдымен қоректену кернеуі микроамперметрдің Жарық көрсеткіші барлық шкалаға, яғни 0,075 мкА ауытқыған кезде осындай мәнге дейін көтеріледі. Осыдан кейін кернеу тәж тогының жоғалуына дейін төмендейді және бастапқы кернеу мәні белгіленеді. Жекелеген жағдайларда өлшеу сезімталдығын арттыру мақсатында разряд тізбегінде 1кОм жүктеме кедергісінде кернеудің төмендеуін өлшейтін В7-23 сандық вольтметр қолданылады. Микровольт диапазонында 10^{-10} А /істі өлшеу дәлдігіне оңай қол жеткізіледі. Разрядты камераларды қоректендіру үшін 4-10 кв кезінде шығу кернеуінің тұрақтылығын (0,01-0,5)%нашар емес қамтамасыз ететін ВС-22, ВС-23 және УПУ-1м типті жоғары вольтты тұрақтандырылған $\pm$ кернеу көздері пайдаланылды. Кернеуді өлшеудің дәлдігін арттыру үшін МВСТ (дәлдік сыныбы 0,05) типті микропроволярлы кедергілерден жасалған омтық шунт қолданылады. Бөлгіштегі кернеуді В7-23 немесе В3-38 сандық вольтметрлердің көмегімен өлшеу кезінде $\pm$ қателік 0,1-ден аспайды%.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ланцов В., Владимиров Е. Қуатты жоғары вольтты қуат көзі. 1 бөлім // Электрлік электроника. 2010. № 5.
2. Kostikov Б. Г., Никитин І. жоғары вольтты электр жеткізу Е. көздері. М.: Радио және байланыс. 1986 ж.
3. Березин О. Қ, Kostikov В. Г., Shakhnov Б. А. Қуат электроника жабдықтау. М.: Үш L. 2000.
4. Владимиров Е.Н. , Ланцов В.В. , Лебедева О.К. Микропроцессорлық басқарумен жоғары қуатты жоғары вольтты коммутациялық электрмен жабдықтау // Қазіргі заманғы электроника. 2007. № 7.
5. Блинов Н.Н. рентгендік тамақтандыру құрылғылары. М.: Энергетика. 1980 жыл.
6. Акимов А. В. және басқалар. Атом ғылым мен мәселелері технологиясы. Сериялар: Ядролық физика бойынша зерттеулер (38). 2001. № 3.
7. www.deantechnology.com
8. www.spellmanhv.com
9. Ланцов В., Эраносян С. Ресейдегі қуат құрылғыларының сенімділігі : мифтер мен шындықтар, проблемалар мен шешімдер. 5- бөлім . Қуат көздерін ауыстыру // Power Electronics. 2009. №3.
10. Голдина Р.А. , Девонисский В.Ю. Төмен қуатты жоғары вольтты түзеткіштер. М.: Энергетика. 1976 жыл.
11. Ланцов В.В. , Эраносян С. Энергетикалық құрылғылардың электрондық компоненттік базасы. 1 бөлім // Электрлік электроника. 2009. № 5.