

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

Талғатқызы Назым

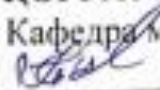
Жартылай өткізгішті КЦ201Е типті столб диодын қолдану арқылы кернеуді
сатылап өсіру сұлбасын зерделеу

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5В071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті
Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Кафедра меңгерушісі
 Е. Таштай
« 20 » 05 2022ж.

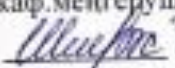
ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

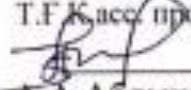
Тақырыбы «Жартылай өткізгішті КЦ201Е типті столб диодын қолдану арқылы кернеуді сатылап өсіру сұлбасын зерделеу»

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған:

Талғатқызы Назым

Пікір беруші
Ғ. Дәукеев ат. АУЭС,
каф. меңгерушісі, доктор PhD
 Ж.С. Шыныбай
« 20 » 05 2022ж.

Ғылыми жетекші
Т.Ғ. Касе, профессор,
 А.А. Абдыкадыров
« 20 » 05 2022ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

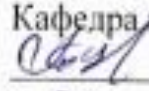
Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация

БЕКІТЕМІ

Кафедра меңгерушісі

 Е.Таштай

«21» XI 2021 ж.

Дипломдық жұмыс орындауға

ТАПСЫРМА

Білім алушы Талғатқызы Назым

Тақырыбы «Жартылай өткізгішті КЦ201Е типті столб диодын қолдану арқылы кернеуді сатылап өсіру сұлбасын зерделеу».

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «20» мамыр 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: а) Максимальды импульстік кері кернеу – 15000В; б) Жұмыс жиілігі – 1кГц; в) Максимальды тура ток – 500мА; г) Тұрақты кері кернеу – 10В; д) Тұрақты кері ток – 100мкА.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

1)Жартылай өткізгіштердің даму жолы; 2)КЦ201Е столб диодының басқа диодтармен байланысын зерделеу; 3)Жартылай өткізгіштерді сатылап есептеу; 4)КЦ201Е столб диодының экономикалық тиімділігін анықтап, есептеу.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

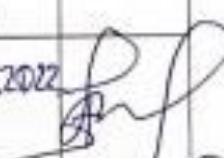
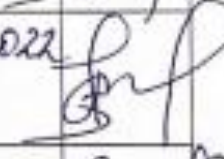
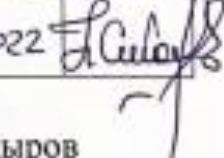
1. Ланцов В., Владимиров Е. Мощные высоковольтные источники питания. Часть 1 // Силовая электроника. 2010. № 5. 2. Костиков В. Г., Никитин И. Е. Источники электропитания высокого напряжения. М.: Радио и связь. 1986. 3. Березин О. К., Костиков В. Г., Шахнов В. А. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры. М.: Три Л. 2000. 4. Владимиров Е. Н., Ланцов В. В., Лебедева О. К. Высоковольтный импульсный источник питания большой мощности с управлением от микропроцессора // Современная электроника. 2007. №7. 5. Блинов Н. Н. Рентгеновские питающие устройства. М.: Энергия. 1980.

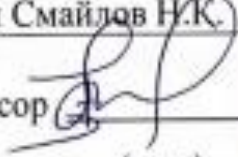
дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

КЕСТЕСІ

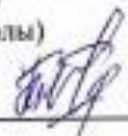
Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	01.12.2021- 25.12.2021	Есеп 3-4 слайд
Заманауи ғылыми техникалық әдебиеттерге шолу жасау	01.12.2021- 25.12.2021	Есеп 3-4 слайд
Теориялық ақпарат	20.01.2022 - 25.02.2022	Есеп 3-4 слайд
КЦ201Е диодының электрлік сұлбасындағы элементтердің параметрлерін талдау	20.01.2022 - 25.03.2022	Есеп 3-4 слайд
Жартылай өткізгіштерді сатылап есептеп, талдау	25.02.2022 – 20.05.2022	Есеп 3-4 слайд
Дипломдық жұмыстың қолжазбасы	15.05.2022 - 20.05.2022	орындалды

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

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Ғылыми жетекші т.ғ.к., асс.профессор А.А.Абдықадыров	21.05.2022	
Теориялық ақпарат	Ғылыми жетекші т.ғ.к., асс.профессор А.А.Абдықадыров	21.05.2022	
Норма бақылау	PhD докторы, ЭТЖТ каф.асс. профессоры Смайлов Н.К.	21.05.2022	

Ғылыми жетекші т.ғ.к., асс.профессор  А.А.Абдықадыров

(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Н.Талгатқызы

(қолы)

Күні «20» 05 2022 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыста жартылай өткізгіштердің даму жолы, жоғарғы кернеулі диодтардың сипаттамалары мен параметрлері, КЦ201Е столб диодының ерекшеліктері және де кернеу ұлғайтқыштарының тізбектері келтірілген. Кернеу ұлғайтқыштарының өтпелі процесі және де оған есептеу мысалдары келтірілген. Кернеу ұлғайтқыштарының жүктемесі жүйе арқылы есептелген.

Негізгі сөздер: еселеуші коэффициент, конденсатор, диод, кернеу ұлғайтқышы, тәжірибелік стенд, осциллограф, трансформатор.

КЦ201Е столб диодын пайдаланып эксперименттік тәжірибелер жүргізіліп, есептеулер мен схемалары зерделенген. Осциллографта пайда болған график арқылы есептеулер жүргізілген және де ол жерде пайда болған еселеуші коэффициентті $y=kx$ функциясы арқылы анықталған. Тәжірибелік стенд, Matlab Simulink қосымшасы қолданылған. Сонымен қатар КЦ201Е столб диодын пайдаланып кернеуді екі еселеуші сұлбаның макетін құрастырдық. Ол жерде екі конденсатор, екі КЦ201Е столб диоды, трансформатор қолданылған және де олардың параметрлері жазылған.

КЦ201Е столб диодының экономикалық тиімділігі есептеліп, салыстырмасы келтірілген. Ол жерде қысқаша бизнес жоспар есептелген.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе описаны разработки полупроводников, характеристики и параметры высоковольтных диодов, особенности полусного диода КС201Е, а также схемы усилителей напряжения. Приведены переходные процессы усилителей напряжения и примеры расчетов. Нагрузка усилителей напряжения рассчитывается системой.

Ключевые слова: умножитель, конденсатор, диод, усилитель напряжения, экспериментальный стенд, осциллограф, трансформатор.

Проведены экспериментальные эксперименты с использованием столбчатого диода КС201Е, изучены расчеты и схемы. По полученному графику производились расчеты на осциллографе, и появившийся там коэффициент умножения определялся функцией $y=kx$. Экспериментальный стенд, использовалось приложение Matlab Simulink. Мы также разработали модель схемы удвоения напряжения с использованием столбцового диода КС201Е. В нем использовались два конденсатора, два полусных диода КС201Е, трансформатор и их параметры.

Рассчитана и сопоставлена экономическая эффективность полусного диода КС201Е. Есть краткий бизнес-план.

ANNOTATION

The thesis describes the development of semiconductors, the characteristics and parameters of high-voltage diodes, the features of the pole diode KC201E, as well as circuits of voltage amplifiers. The transient process of voltage amplifiers and examples of calculations are given. The load of the voltage amplifiers is calculated by the system.

Keywords: multiplier, capacitor, diode, voltage amplifier, experimental stand, oscilloscope, transformer.

Experimental experiments were carried out using the column diode KC201E, calculations and schemes were studied. Calculations were made on the oscilloscope using the resulting graph, and the multiplication factor, which appeared there, was determined by the function $y = kx$. Experimental stand, Matlab Simulink application was used. We also designed a model of a voltage doubling circuit using a column diode KC201E. It used two capacitors, two KC201E pole diodes, a transformer and their parameters.

The cost-effectiveness of the pole diode KC201E is calculated and compared. There is a brief business plan.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	11
1 Жоғары кернеулі столб диодтарының қасиеттері(әдебиеттерге шолу)	12
1.1 2Ц106(А-Г), КЦ106(А-Г) столб диоды	12
1.2 2Ц203(А-В) столб диоды	14
1.3 КЦ201(А-Е) столб диоды	16
2. КЦ201Е диодының көмегімен кернеу ұлғайтқыш сұлбаны теориялық тұрғыда зерделеу	18
2.1 Кернеу ұлғайтқыштарындағы өтпелі процесі	18
2.2 Кернеу ұлғайтқыштарын есептеу	18
2.3 Ұлғайтқышты есептеу мысалы	21
2.4 Кернеу ұлғайтқыштарының жүктемесі	24
3 КЦ201Е диодының көмегімен кернеу ұлғайтқыш сұлбаны эксперименттік тұрғыда зерделеу	37
4 КЦ201Е столб диодының экономикалық тиімділігі	41
Қорытынды	45
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	46

КІРІСПЕ

Жартылай өткізгішті техника XX ғасырдың ортасында тез дами бастады. Бұл бағытқа көптеген көрнекті ғалымдар өз үлестерін қосты, бірақ 1947 жылы алғашқы транзисторды қарастырған американдықтар Дж.Бардин, В.Браттейн және В.Шокли. Олардың ашылуы жартылай өткізгіш дәуірінің басталуы болды, ол көптеген диодтар мен транзисторларды, кейінірек интегралды схемаларды тудырды.

Қазіргі уақытта жартылай өткізгіш құрылғылардың микроминиатюризация бағыты басым. Соңғы жетістіктер: АҚШ-та 2006 жылы жалғыз көміртекті молекуласынан транзистор жасалды. Дәл сол 2006 жылы IBM ғалымдары әлемде алғаш рет терагерц жиіліктерінде жұмыс істей алатын көміртекті нанотүтікшеге негізделген толық функционалды интегралды схеманы жасай алды.

Әдетте, жүктеме тоғы аз болған жағдайда кернеу ұлғайтқыштары жоғары кернеулі техникада қолданылады. Бұрын олар кинескоптар (теледидарларда, мониторларда) және катодтық сәулелік түтіктер (аналогтық осциллографтарда) үшін анод кернеуінің көзі ретінде қолданылған. Мысалы, төмен қуатты рентген түтіктерін қоректендіру үшін дозиметрлердегі Гейгер есептегіштері үшін кернеу көзі ретінде пайдалануға болады.

Жоғары кернеу аймағында, ұлғайтқыштарды қолдану арқылы біз аз кернеулі айнымалы ток көздерін қуат үшін пайдалануға мүмкіндік аламыз. Мысалы, егер ұлғайтқыш трансформаторға қосылған болса, онда қайталама орамадағы кернеуі бар трансформаторды ұлғайтқыштарсыз түзеткішті қолданғанға қарағанда бірнеше есе аз пайдалануға болады. Осының арқасында өлшемдер, өндірістің күрделілігі, бағасы - трансформаторда, тұтастай алғанда құрылғыда азаяды. Ұлғайтқыштарды қолданудың пайдасы айқын. Бірақ мұнымен ұлғайтқыштардың жұмыс істеу принципі соншалықты айқын деп айтуға болмайды.

Жұмыстың мақсаты – жартылай өткізгішті КЦ201Е типті столб диодын қолдану арқылы кернеуді сатылап өсіру сұлбасын зерделеп, есептеулер жүргізу. Тәжірибелер жүргізу арқылы кернеу ұлғайтқыштарының жұмыс істеу принциптерін зерделеу.

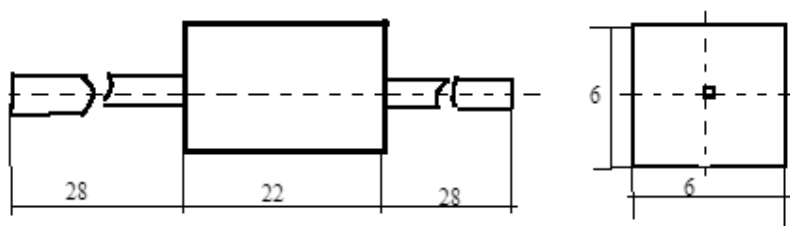
Жұмыстың негізгі міндеттері:

- Тәжірибелік стендті пайдалану;
- k ұлғайтқыш коэффициентін анықтау;
- Matlab Simulic қосымшасын пайдалану;
- Кернеудің екі еселенген сұлбасының макетін жасау;
- КЦ201Е столб диодының экономикалық тиімділігін анықтау.

1 ЖОҒАРЫ КЕРНЕУЛІ СТОЛБ ДИОДТАРЫНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІ(ӘДЕБИЕТТЕРГЕ ШОЛУ)

1.1 2Ц106(А-Г), КЦ106(А-Г) столб диоды

Кремнилік және және диффузиялық диодтардан жасалған столб диодтары, түзеткіш диоды. Жиілігі 20 кГц-ке дейінгі айнымалы кернеуді түрлендіруге арналған жоғары кернеулі диод. Арнайы мақсаттағы түзеткіш құрылғыларда қолданылады. Пластикалық корпуста икемді түйреуіштермен шығарылады. Бағанның түрі корпуста көрсетілген. Оң қорытынды корпустың соңында нүктемен белгіленеді. Бағандардың салмағы 2,5 г аспайды.[14]



1.1 Сурет - 2Ц106(А-Г), КЦ106(А-Г) столб диодының сұлбасы

1.1 Кесте - КЦ106 диодының негізгі техникалық сипаттамалары[14]

столб диоды	U _{кері} мах	U _{кері} имп мах	I _{тіке} мах	I _{тіке} имп мах	U _{тіке} /I _{тіке}	I _{кері}	f _{д мах}	t _{кері}	T
	кВ	кВ	мА	А	В/мА	мкА	кГц	мкс	°С
КЦ106А	4	4	10	1	25/10	5	20	3,5 (500)	-40...+85
КЦ106Б	6	6	10	1	25/10	5	20	3,5 (500)	-40...+85
КЦ106В	8	8	10	1	25/10	5	20	3,5 (500)	-40...+85
КЦ106Г	10	10	10	1	25/10	5	20	3,5 (500)	-40...+85
КЦ106Д	2	2	10	1	25/10	5	20	3,5 (500)	-40...+85

1.2 Кесте - 2Ц106 диодының негізгі техникалық сипаттамалары[14]

столб диоды	U _{кері} мах	U _{кері} имп мах	I _{тіке} мах	I _{тіке} имп мах	U _{тіке} /I _{тіке}	I _{кері}	f _{д мах}	t _{кері}	T
	кВ	кВ	мА	А	В/мА	мкА	кГц	мкс	°С
2Ц106А	4	4	10	1	25/10	5	20	3,5 (500)	-60...+125
2Ц106Б	6	6	10	1	25/10	5	20	3,5 (500)	-60...+125
2Ц106В	8	8	10	1	25/10	5	20	3,5 (500)	-60...+125

2Ц106Г	10	10	10	1	25/10	5	20	3,5 (500)	-60...+125
2Ц106Д	2	2	10	1	25/10	5	20	3,5 (500)	-60...+125

Электрлік параметрлері:

Тұрақты тікелей кернеу $t_{пр} = 10\text{мА}$ болғанда: $T \geq +25^\circ\text{C}$ үшін 25В-қа ал, $T = T_{мин}$ үшін 35В-қа тең. Тұрақты кері ток $U_{кері} = U_{кері\text{ макс}}$ болғанда: $T = +25^\circ\text{C}$ болған жағдайда 5мкА-ге, 2Ц106А, 2Ц106Б, 2Ц106В, 2Ц106Г үшін $T = +125^\circ\text{C}$ болған жағдайда 50 мкА-ге тең, 2Ц106А, 2Ц106Б, 2Ц106В, 2Ц106Г, 2Ц106Д үшін $T = +85^\circ\text{C}$ болған жағдайда кем дегенде 30мкА-ге тең болады. Қалпына келтіру уақыты $I_{тикс} = 20\text{мА}$, $U_{кері} = 500\text{В}$, $R_H = 20\text{кОм}$, $t_{ф} \leq 0,2\text{мс}$ болған жағдайда кем дегенде 3,5мс-ке тең болады.[14]

Шекті пайдалану деректері төменде көрсетілген

Тұрақты (импульстық) кері кернеу $T \leq +80^\circ\text{C}$ болған жағдайда:

- 2Ц106А, КЦ106А үшін 4000 В-қа;
- 2Ц106Б, КЦ106Б үшін 6000 В-қа;
- 2Ц106В, КЦ106В үшін 8000 В-қа;
- 2Ц106Г, КЦ106Г үшін 10000 В-қа;
- 2Ц106Д үшін 2000 В-қа тең болады.

Тұрақты тікелей ток $T \leq +85^\circ\text{C}$ болған кезде 10 мА-ге ал, 2Ц106А, 2Ц106Б, 2Ц106В, 2Ц106Г үшін $T = +125^\circ\text{C}$ болған кезде 1 мА-ге тең. Симметриялық синусоид немесе симметриялы меандр түрінде қоректендіруші кернеу түрінде белсенді жүктемеге жұмыс істеген кезде $t_{и} = 50\text{мс}$, $f = 1\text{имп/мин}$, $t_{ф} \geq 5\text{мс}$ кезіндегі импульсті тікелей ток 1 А-ге тең. Электр режимдерін төмендетпейтін жиілігі 20 кГц тең. Жылу кедергісінің ауысуы (орташа) 120°C/Вт -қа тең болады. Ауысу температурасы – $+140^\circ\text{C}$. Қоршаған ортаның температурасы:

- 2Ц106А, 2Ц106Б, 2Ц106В, 2Ц106Г үшін $-60...+125^\circ\text{C}$ -қа;
- 2Ц106А, 2Ц106Б, 2Ц106В, 2Ц106Г, 2Ц106Д үшін $-55...+85^\circ\text{C}$ -қа тең.

Корпустан 5 мм жерде шықпаларды дәнекерлеуге рұқсат етіледі. Бұл ретте дәнекерлеу орнындағы температура $+250^\circ\text{C}$ аспауы тиіс.

Сыйымдылықты зарядтау тогының амплитудасы 60 мА-дан аспайтын жағдайда және кері токтың амплитудасы 20 мА-дан аспайтын жағдайда бағандардың сыйымдылықты жүктемеге жұмыс істеуіне рұқсат етіледі.

Бағананың ықтимал шығуының бетін оқшаулау ұсынылады. Ықтимал шығуларды оқшаулаусыз қысыммен жұмыс істеуге мүмкіндік береді:

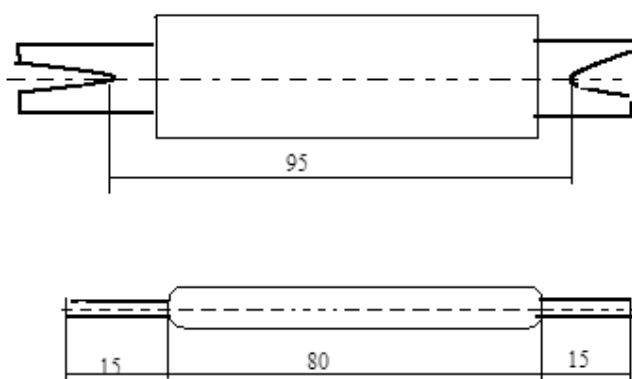
- $U_{кері} = 10000\text{В}$ болғанда $6,66 \cdot 10^4\text{Па}$;
- $U_{кері} = 8000\text{В}$ болғанда $5,33 \cdot 10^4\text{ Па}$;
- $U_{кері} = 6000\text{В}$ болғанда $4,0 \cdot 10^4\text{ Па}$;
- $U_{кері} = 4000\text{В}$ болғанда $2,67 \cdot 10^4\text{ Па}$.

2Ц106Б, 2Ц106В, КЦ106Б, КЦ106Б, КЦ106Б столб диодтарының сыйымдылықтық тұтану схемаларында қайта-қысқа мерзімді режимде жұмыс істеуіне жол беріледі. Схеманың жұмыс режимі: қайта-10 рет қосудан қысқа мерзімді циклдар, бір рет қосудың ұзақтығы 1 минуттан аспайды, іске қосулар

арасындағы үзіліс 2 минуттан кем емес, циклдар арасындағы үзіліс 10 минуттан кем емес.[14]

1.2 2Ц203(А-В) столб диоды

Кремнийлік және диффузиялық диодтардан жасалған столб диодтары, импульсті диод. Жиілігі 1 кГц-ке дейінгі импульсті айнымалы кернеуді түрлендіруге арналған. Арнайы мақсаттағы аппаратураның түзеткіш құрылғыларында жұмыс істеу үшін пайдаланылады. Пластикалық корпуста тегіс қатаң түйреуіштермен шығарылады. Полюстің түрі және электродтардың терминалдармен қосылу схемасы корпуста келтірілген. Бағанның салмағы 50г-нан аспайды.[14]



1.2 - Сурет. 2Ц203(А-В) столб диодының сұлбасы

1.3 Кесте - 2Ц203А, 2Ц203Б, 2Ц203В столб диодының техникалық сипаттамалары[14]

Столб диоды	$U_{кері\ max}$	$U_{кері\ имп\ max}$	$I_{тіке\ max}$	$I_{тіке\ имп\ max}$	$U_{тіке}/I_{тіке}$	$I_{кері}$	$f_{д\ max}$	$t_{кері}$	T
	кВ	кВ	мА	А	В/мА	мкА	кГц	мкс	°С
2Ц203А	-	6	1000	-	8/1000	100	1	-	-60...+125
2Ц203Б	-	8	1000	-	8/1000	100	1	-	-60...+125
2Ц203В	-	10	1000	-	8/1000	100	1	-	-60...+125

Электрлік параметрлері:

$I_{тіке, орт} = 1$ А, $U_{кері} = U_{кері\ және\ max}$ болғанда орташа тікелей кернеу:

- $T = +25^{\circ}C$ кезінде 8 В-қа;
- $T = -60^{\circ}C$ кезінде 10 В-қа тең болады.

$U_{кері} = U_{кері\ және\ max}$ болғанда орташа кері ток:

- $T = +25^{\circ}C$, $I_{тіке, орт} = 1$ А кезінде 100 мкА-ге;
- $T = +130^{\circ}C$, $I_{тіке, орт} = 100$ мА кезінде 500 мкА-ге тең болады.

Шекті пайдалану деректері төменде келтірілген:

$t_{ф} \geq 50$ мкс, $f \leq 1$ кГц кезіндегі еркін нысандағы импульсті кері кернеу:

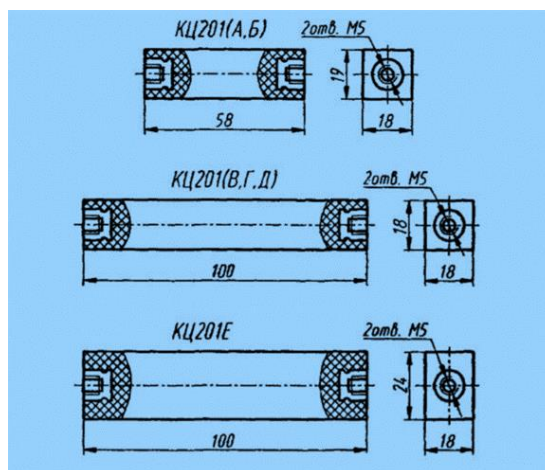
- 2Ц203А столб диоды үшін 6000В-қа;
 - 2Ц203Б столб диоды үшін 8000В-қа;
 - 2Ц203В столб диоды үшін 10000В-қа тең болады.
- $t_f \geq 50$ мкс, $f \leq 1$ кГц болғандағы еркін нысандағы орташа тура ток:
- $T_k \leq +100^\circ\text{C}$ болған жағдайда 1000 мА-ге;
 - $T_k = +130^\circ\text{C}$ болған жағдайда 100 мА-ге тең болады.

Импульстік тікелей жүктеме тогы 30 $I_{\text{тіке, орт, мах}}$ -ге тең. Қайталанатын импульстік тікелей жүктеме тогы 10 $I_{\text{тіке, орт, мах}}$ -ге тең. Электр режимдерін төмендетпей жиілік 1 кГц-ке тең. Корпустың температурасы $+130^\circ\text{C}$ -ке тең. Қоршаған ортаның температурасы $-60...+125^\circ\text{C}$ -қа тең.[14]

1.3 КЦ201(А-Е) столб диоды

Кремнийлік, диффузиялық, көшкін диодтарынан жасалған столб диодтары, импульсті диод. Жиілігі 1 кГц-ке дейінгі ауыспалы импульстік кернеуді түрлендіруге арналған. Пластикалық корпуста қатты түйреуіштермен шығарылады. Тіректердің массасы:

- КЦ201А, КЦ201Б 40 г-нан артық емес,
- КЦ201В, КЦ201Г, КЦ201Д 70 г-нан артық емес,
- КЦ201Е 90 г-нан аспайды.



1.3 Сурет - КЦ201(А-Е) столб диодтарының сұлбалары

1.4 Кесте - КЦ201А, КЦ201Б, КЦ201В, КЦ201Г, КЦ201Д, КЦ201Е столб диодтарының техникалық сипаттамалары[14]

столб диоды	$U_{\text{кері}}$	$U_{\text{кері}}$	$I_{\text{тіке мах}}$	$I_{\text{тіке}}$	$U_{\text{тіке}}/I_{\text{тіке}}$	$I_{\text{кері}}$	$f_{\text{д мах}}$	$t_{\text{кері}}$	T
	мах	имп мах		имп мах					
	кВ	кВ	мА	А	В/мА	мкА	кГц	мкс	$^\circ\text{C}$
КЦ201А	-	2	500	-	3/500	100	1	-	$-60...+100$
КЦ201Б	-	4	500	-	3/500	100	1	-	$-60...+100$

КЦ201В	-	6	500	-	6/500	100	1	-	-60...+100
КЦ201Г	-	8	500	-	6/500	100	1	-	-60...+100
КЦ201Д	-	10	500	-	6/500	100	1	-	-60...+100
КЦ201Е	-	15	500	-	10/500	100	1	-	-60...+100

Электрлік параметрлері төменде келтірілген:

$I_{\text{тіке, орт}}=500 \text{ мА}$, $U_{\text{кері}}=U_{\text{кері және мах}}$ болғанда орташа тікелей кернеу:

- КЦ201А, КЦ201Б столб диодтары үшін 3В-қа;
- КЦ201В, КЦ201Г, КЦ201Д столб диодтары үшін 6В-қа;
- КЦ201Е столб диоды үшін 10В-қа тең болады.

$I_{\text{тіке, орт}}=500 \text{ мА}$, $U_{\text{кері}}=U_{\text{кері және мах}}$ болғанда орташа кері ток:

- $T=+25^{\circ}\text{C}$ кезінде 100 мкА-ге;
- $T=+100^{\circ}\text{C}$ кезінде 250 мкА-ге тең болады.

Шекті пайдалану деректер төменде келтірілген:

$t_{\phi} \geq 50 \text{ мкс}$, $f \leq 1 \text{ кГц}$ кезіндегі еркін нысандағы импульсті кері кернеу:

- КЦ201А столб диоды үшін 2000В-қа;
- КЦ201Б столб диоды үшін 4000В-қа;
- КЦ201В столб диоды үшін 6000В-қа;
- КЦ201Г столб диоды үшін 8000В-қа;
- КЦ201Д столб диоды үшін 10000В-қа,
- КЦ201Е столб диоды үшін 15000В-қа тең болады.

$t_{\phi} \geq 50 \text{ мкс}$, $f \leq 1 \text{ кГц}$ болғандағы еркін нысандағы орташа тура ток:

- $T_{\text{к}} \leq +55^{\circ}\text{C}$ кезінде 500мА-ге;
- $T_{\text{к}} = +85^{\circ}\text{C}$ кезінде 200мА-ге тең болады.

$t_{\text{n}} \leq 100 \text{ мс}$ болғанда қайталанатын импульстік тікелей жүктеме тогы:

- $T_{\text{к}} \leq +55^{\circ}\text{C}$ кезінде 3А-ге;
- $T_{\text{к}} = +85^{\circ}\text{C}$ кезінде 1,2А-ге тең болады.

Электр режимдерін төмендетпейтін жиілік 1 кГц-ге тең, ал қоршаған ортаның температурасы $-60...+100^{\circ}\text{C}$ -ге тең болады.[14]

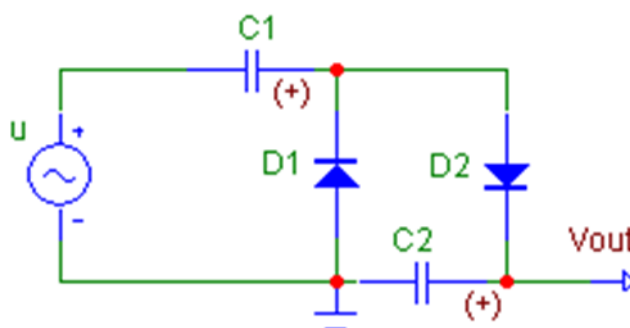
КЦ201Е столб диодының басқа диодтардан артықшылығы:

Көшкін диодтарынан жасалған столб диоды. Тірекердің массасы басқа диодтарға қарағанда әлдеқайда үлкен – 90 грамм. Және де кернеуі әлдеқайда үлкен – 15кВ. Ол электронды жабдықта кеңінен қолданылады және пластикалық корпусарда қатты түйреуіштермен шығарылады. Кинескоптардың анод тізбектерін қоректендіру үшін қолданылды.

2 КЦ201Е ДИОДЫНЫҢ КӨМЕГІМЕН КЕРНЕУ ҰЛҒАЙТҚЫШ СҰЛБАНЫ ТЕОРИЯЛЫҚ ТҮРҒЫДА ЗЕРДЕЛЕУ

2.1 Кернеу ұлғайтқыштарындағы өтпелі процесс

Ұлғайтқыштарды іске қосқаннан кейін соңғы шығыс кернеуін орнату өтпелі кезеңнен бұрын болады. Алдымен біз оны кернеу қосқышының мысалында қарастырамыз. C_1 конденсаторы D_1 диоды арқылы теріс жартылай толқын кезінде зарядталғаннан кейін, оң жартылай толқын кезінде C_1 конденсаторы C_2 конденсаторын D_2 диоды арқылы зарядтайды. C_1 конденсаторының өзі жартылай шығарылады, сондықтан екі еселенген жұмыстың бірінші циклі кезінде $2*U_a$ -дан аз кернеу розеткаға орнатылады.



2.1 Сурет - Кернеуді екі еселеуші сұлба

Келесіде D_2 жабылады, C_1 қайта зарядталады, сосын келесі оң толқын кезінде C_2 көзі мен C_1 қайтадан зарядталады (D_2 диоды арқылы). Бірақ қазір C_2 -де $u+U_1$ -ге қарсы қолданылатын бастапқы кернеу бар, сондықтан алдыңғы циклмен салыстырғанда C_1 -ден C_2 -ге аз заряд өтеді. Тиісінше, C_2 кернеуі артады, ал C_1 төмендейді, бірақ конденсаторлардағы кернеудің өзгеруі алдыңғы циклге қарағанда аз болады.[15]

Конденсатор көзінен C_1 зарядтау және одан C_2 зарядтау процестері қайталанады және шекте C_2 кернеуі $2*U_a$ мәніне, C_1 конденсаторында – KF мәніне ұмтылады. Осы мәндерге жеткенде зарядтың C_1 -ден C_2 -ге ауысуы тоқтайды, ал D_1 және D_2 диодтары үнемі құлыптаулы қалады (C_1 U_a -ға дейін зарядталады, сондықтан конденсатор көзінің теріс амплитудалық кернеуі D_1 ашуға жеткіліксіз, C_2 $2*U_a$ -ға дейін зарядталады, сондықтан конденсатор көзінің жалпы оң амплитудалық кернеуі мен C_1 -дегі кернеу D_2 -ді ашуға жеткіліксіз). Конденсатор көзінен тұтынылатын ток нөлге тең болады.[15]

2.2 Кернеу ұлғайтқыштарын есептеу

Есептеудің мақсаты – m ұлғайтқыш буындарының қажетті санын анықтау; конденсаторлардың параметрлері (C сыйымдылығы, U_{Cmax} максималды кернеуі); диодтарды таңдау (U_{Dmax} максималды кері кернеуді, I_{Dmax} тікелей импульстік тоқты, I_{Da} орташа тікелей тоқты ескере отырып).

Бастапқы деректер ретінде біз ұлғайтқыштың қуат көзінің параметрлерін, ток жүктемесімен тұтынылатын ұлғайтқыштардың шығыс сипаттамаларына қойылатын талаптарды қолданамыз:

U_a – кернеу амплитудасы;

F – көздің жиілігі, T – период, $T=1 / F$;

U_{out} – қажетті шығыс кернеуі;

$|\Delta U_{out}|, |\epsilon_{out}| / \Delta U_{out}, / \epsilon_{out} /$ – жүктеме тогы 0-ден максималды мәнге дейін өзгерген кезде кернеудің рұқсат етілген абсолютті немесе салыстырмалы тұрақсыздығы;

U_{\sim} – ұлғайтқыштың шығуындағы пульсацияның максималды рұқсат етілген амплитудасы;

I – максималды жүктеме тогы.

1. Ең алдымен, m ұлғайтқыш коэффициентімен анықталады, m ретінде біз санға ең жақын үлкен бүтін санды таңдаймыз[15]

$$m^* = U_{out}/U_a \quad (2.1)$$

Бұл жағдайда біз ұлғайтқышқа қосымша талаптарды ескереміз, ең алдымен, жұп коэффициенті бар ұлғайтқыш жағдайында қуат көзі арқылы токтың тұрақты компоненті болмайды, ал тақ коэффициент жағдайында тұрақты компонент жүктеме тогына тең болады. Осыған байланысты m -ді тек жұп немесе тақ мәндердің ішінен таңдау қажет болуы мүмкін, бұл токтың тұрақты компонентінің қайнар көзі арқылы өтуіне немесе болмауына байланысты (кейбір жағдайларда тұрақты компонент қажет емес болуы мүмкін, мысалы, трансформатор өзегінің магниттелуіне байланысты) немесе керісінше болуы мүмкін. көзі арқылы тұрақты ток компоненті. Мүмкін, m таңдағаннан кейін, mU_a U_{out} -тен қолайсыз үлкен мөлшерде ерекшеленеді, яғни U_a -ны түзету қажет болады:

$$U_a = U_{out}/m \quad (2.2)$$

(немесе шығыс кернеуін азайтыңыз, мысалы, бөлгішпен, бірақ бөлгішті пайдалану ұлғайтқыштан тұтынылатын тоқты едәуір арттырады).

2 *Конденсаторларды таңдаймыз.* Конденсаторлардағы кернеу қуат көзінің амплитудасына тең болатын бірінші конденсаторды қоспағанда, қуат көзінің қос амплитудасының мәніне жетеді. Біз үлкен сенімділікті қамтамасыз ету үшін 20-30% қосалқысы бар тиісті рұқсат етілген кернеу мәндерімен конденсаторларды таңдаймыз:

$$U_{C1max}=(1.2\dots1.3)U_a,$$

$$U_{Cmax}=(1.2\dots1.3)2U_a \quad (2.3)$$

U_a ретінде біз амплитудасы (жоғарғы төзімділік) жететін ең үлкен мәнді аламыз. Сыйымдылық жүктеме сипаттамасына және шығыс кернеуінің соғу деңгейіне қойылатын талаптарды орындайтындай етіп таңдалады.

$$C \geq \frac{I}{2F|\Delta\bar{U}_{out}|} \left(\frac{m^3}{6} + \frac{m^2}{8} + \frac{m}{12} \right),$$

$$C \geq \frac{I}{16FU_{\sim}} (m^2 + 2m) \quad (2.4)$$

(мұнда біз жүктеме кезіндегі шығыс кернеуінің орташа мәніне назар аударамыз). Екі теңсіздік те орындалуы керек, сондықтан C мәнін есептелген екі мәнің ең үлкенінен үлкен немесе оған тең таңдаңыз. Егер жүктеме астындағы кернеудің төмендеуі салыстырмалы мәнмен берілсе, онда біз абсолютті шамаға қатынас арқылы өтеміз[15]

$$|\Delta\bar{U}_{out}| = U_{out}|\vec{\epsilon}_{out}| \quad (2.5)$$

Егер алынған сыйымдылық мәні тым үлкен болса, онда келесі мүмкін нұсқалардың бірін қарастырған жөн: а) қажетті ұлғайтқыш коэффициентін азайту мақсатында U_a көзінің амплитудасын ұлғайту – m екі есе азайту қандай факторға байланысты сыйымдылықты 8 есе немесе 4 есе азайтуға мүмкіндік береді - жүктеме кезіндегі кернеудің төмендеуі немесе пульсация амплитудасы; б) жиілік көзінің артуы – конденсаторлардың талап етілетін сыйымдылығы жиілікке кері пропорционал. Сонымен қатар, егер сыйымдылықты таңдаудағы анықтаушы фактор пульсация деңгейі болса, ұлғайтқыштың шығысында шығысында қосымша тегістейтін сүзгіні қолдануды қарастыруға болады. Егер анықтайтын фактор жүктеме тогының өзгеруі кезінде кернеудің тұрақтылығы болса, онда шығыс кернеуі мен кері байланыс тізбегін бақылау арқылы белсенді тұрақтандыру құралдарын қолдануды қарастыруға болады.

Егер жүктеме арқылы тұтынылатын ток өте аз болса, монтажға байланысты ағып кету токтарын, конденсаторлардың ағып кетуін, диодтардың кері токтарын бағалау және ескеру қажет. Егер алынған кернеулер өте жоғары болса, жоғары кернеулі техникаға тән шығындарды ескеру қажет. Қалай болғанда да, конденсаторлардың таңдалған сыйымдылығы паразиттік орнату контейнерлері мен диодтардың сыйымдылығынан бірнеше есе көп болуы керек.

3 Диодтарды таңдаймыз. Барлық диодтардағы кері кернеу көздің қос амплитудалық кернеуіне жетеді. Диодтарды рұқсат етілген кері кернеу бойынша маржамен аламыз:

$$U_{Dmax}=(1.2\dots 1.3)2U_a \quad (2.6)$$

Диод арқылы тікелей токтың орташа мәні жүктеме тогына тең, әдетте бұл аз мөлшер және диодты таңдаудағы анықтаушы фактор импульстегі токтың максималды мәні болып табылады. Диодтар арқылы өтетін ток импульстарының амплитудасын келесі формулалар арқылы бағалауға болады:

$$I_{D1} \approx \sqrt{8\pi^2 F C U_a I},$$

$$I_{Dm} \approx \sqrt{2\pi^2 F C U_a I}, \quad (2.7)$$

бұл екі есе ерекшеленетін мәндерді береді. Үлкен мән бірінші диод арқылы ток импульстарының амплитудасына сәйкес келеді, кіші мән соңғысы арқылы, аралық диодтар токтың аралық мәндеріне сәйкес келеді.

Бұл мәндер тұрақты режим үшін көрсетілген, ал қосу кезінде олардың ток шығысынан бірнеше есе көп болуы мүмкін. Тек диодтар мен конденсатор көзінің ішкі кедергісімен анықталатын өте үлкен мәндер жетуі мүмкін ток көздің лездік кернеуі нөлден едәуір өзгеше болған кезде коммутация кезінде. Ең қиын жағдайларда, схеманың басында диодтар қосу кезінде пайда болады. Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, сіз үлкен ток резерві бар диодтарды таңдауыңыз керек немесе қосылған кезде токты шектеу шараларын қолдануыңыз керек (мысалы, қуат көзінің кернеу амплитудасының біртіндеп жоғарылауымен тегіс іске қосуды қолданыңыз немесе ұлғайтқыштың кіріс тогын шектеу схемасын қолданыңыз).

Егер тұрақты режимдегі импульстік ток тым үлкен болса, оны конденсаторлардың сыйымдылығын азайту арқылы азайтуға тырысуға болады, жүктеме кезіндегі шығыс кернеуінің тұрақтылығына және шығыс толқындарының деңгейіне қойылатын талаптарды қарап, жұмсартады.

4. Элементтердің параметрлері таңдалғаннан кейін біз ұлғайтқыштың соңғы сипаттамаларын есептейміз (шығыс кернеуі, жүктеме кезіндегі кернеудің төмендеуі, пульсация деңгейі).[15]

2.3 Ұлғайтқыштарды есептеу мысалы

Желіден жұмыс істейтін және шығу кернеуі 2000 В болатын ұлғайтқышты жинау қажет делік, жүктеме тогы – 0.5 мА(басқаша айтқанда, жүктеме тұтынатын қуат – 1 Вт). Жүктеме астындағы кернеудің төмендеуі 2% - дан аспауы тиіс. Құрамдас бөліктің ауыспалы амплитудасы 10 В-тан аспайды (0.5%). Қуат көзі арқылы тұрақты ток компонентінің болуы жағымсыз (ұлғайтқыш коэффициентін таңдау керек).

Желідегі кернеудің ағымдағы мәні $U = 220 \text{ В} \pm 10\%$ (198..242 В), бұл амплитудаға сәйкес келеді $U_a = 280..342 \text{ В}$.

Сонымен, бастапқы деректер мен ұлғайтқышқа қойылатын талаптар:

$U_a = 280..342 \text{ В}$ (қоректендіру кернеуінің амплитудасы);

$F = 50 \text{ Гц}$, $T = 20 \text{ мс}$ (жиілік, ауыспалы кернеудің қоректену кезеңі);

$U_{\text{out}} = 2000 \text{ В}$ (шығу кернеуі);

$\epsilon_{\text{out}} = 2\%$ (толық жүктеме кезінде шығыс кернеуінің максималды рұқсат етілген төмендеуі);

$U_{\sim} = 10 \text{ В}$ (шығудағы пульсацияның максималды рұқсат етілген амплитудасы);

$I = 0.5 \text{ А}$ (максималды жүктеме тогы);

m – жүп (ерекше талап бар – ұлғайтқыш коэффициенті жүп болуы керек).

Шығыс кернеуі 2000 В белгіленген мәннен төмен болмауы үшін ұлғайтқыш коэффициенті қажет

$$m^* = \frac{2000}{280} \approx 7.14, \quad (2.8)$$

біз $m = 8$ деп таңдаймыз, сонда кіріс кернеулерінің диапазоны ішіндегі шығыс кернеуіне сәйкес келеді

$$U_{\text{out}} = 2240..2740 \text{ В}.$$

Берілген мәнді дәлірек алу үшін қуат кернеуінің амплитудасын деңгейде тұрақтандыру қажет $U_a = U_{\text{out}}/m = 2000/8 = 250 \text{ В}$ (қолданыстағы мәні шамамен 177 В). Конденсаторлардың сыйымдылығын таңдаңыз

$$C \geq \frac{I}{2F|\Delta U_{\text{out}}|} \left(\frac{m^3}{6} + \frac{m^2}{8} + \frac{m}{12} \right) = 13 * 10^{-6},$$

$$C \geq \frac{I}{16FU_{\sim}} (m^2 + 2m) \approx 5 * 10^{-6}. \quad (2.9)$$

Сыйымдылығы кемінде 13 мкФ болуы керек, мысалы, 15 мкФ. Бұл жағдайда сыйымдылықты таңдаудың анықтаушы факторы жүктеме астындағы кернеудің максималды рұқсат етілген төмендеуі болып табылады.

Конденсаторлардың максималды рұқсат етілген кернеуіне келетін болсақ, егер 250 В деңгейінде кернеу амплитудасын тұрақтандыру шаралары қабылданса, онда сіз 600 В аймағында мәнді таңдай аласыз (Бірінші конденсатор үшін 300...400 В жеткілікті). Егер амплитудасы бастапқыда көрсетілген 342 В-қа жетсе, онда жұмыс кернеуі кемінде 800 В (бірінші үшін кемінде 400 В) болатын конденсаторларды таңдау керек.

Диодтардағы кері кернеу $2 U_a$ мәніне жетеді, біз маржасы бар диодтарды таңдаймыз, мысалы, максималды рұқсат етілген кері кернеуі 800-1000 В сәйкес келеді.

$$I_{Dm} \approx \sqrt{2\pi^2 F C U_a I} \approx 43 \text{Ma}$$

$$I_{D1} \approx \sqrt{8\pi^2 F C U_a I} \approx 86 \text{mA} \quad \text{дейін.}$$

Бастапқы токты шектеу үшін сіз қарапайым опцияны қолдана аласыз - кіріс кезінде кернеу көзіне аз кедергісі бар резисторды қосыңыз. 15 Ом кедергісі кезінде, бір жағынан, кез-келген жағдайда қосылған кезде импульстік ток 25 А-дан аспайды, ал көп жағдайда ол аз болады, бұл әдеттегі 1N4007 қолдануға мүмкіндік береді. Екінші жағынан, жұмыс режимінде резистордағы кернеудің төмендеуі шамалы болады.

Сонымен, біз келесі мәндерді алдық. 250 В амплитудасы бар айнымалы кернеу көзі қажет; көбейту коэффициенті $m=8$ (схемадағы 8 диод, 8 конденсатор); номиналды шығу кернеуі 2000 В жүктемесіз; 0.5 мА жүктемемен кернеудің төмендеуі (орташа мән бойынша)

$$|\Delta \vec{U}_{out}| = \frac{I}{2FC} \left(\frac{m^3}{6} + \frac{m^2}{8} + \frac{m}{12} \right) \approx 35 \text{В},$$

$$|\vec{\varepsilon}_{out}| = |\Delta \vec{U}_{out}| / U_{out} \approx 1.7\%.$$

Пульсацияның ауқымы шамамен

$$h = \frac{I}{2FC} \left(\frac{m^2}{4} + \frac{m}{2} \right) \approx 6.6 \text{В},$$

пульсацияның амплитудасы $U_{\sim} = h / 2$ шамамен 3 В құрайды, бұл тапсырма бойынша рұқсат етілген деңгейден едәуір жақсы.

(2.10) қатынасын қолдана отырып, біз қосылған кезде берілген ұлғайтқыштағы өтпелі кезеңнің ұзақтығын бағалай аламыз:

$$t = -\frac{Tm^2}{\ln 16} \ln \varepsilon, \quad (2.10)$$

мұнда ε -номиналды мәнге (жүктемесіз) қатысты кернеудің ауытқуының салыстырмалы мәні, оған жеткен кезде біз өтпелі процесті аяқталды деп санаймыз,

$$\varepsilon = \frac{mU_a - U_{out}(t)}{mU_a}. \quad (2.11)$$

Бұл жағдайда, мұндай ауытқу ретінде жүктеме кезіндегі кернеудің рұқсат етілген ауытқуына тең шаманы аламыз, яғни 2%. Бұл дегеніміз, біз жүктеме жоқ ұлғайтқыштың шығысындағы кернеу номиналды мәнден 2% - дан аспайтын

кезде өтпелі процесті аяқталды деп санаймыз. Басқаша айтқанда, номиналды кернеудің 98% деңгейіне жеткенде. Есептеу арқылы $t=1.8$ с аламыз.

Төмен жиілікті көздерден жұмыс істейтін ұлғайтқыштарды пайдалану тиімсіз екенін байқауға болады: мұндай жағдайларда үлкен сыйымдылықты конденсаторлар қажет (олар үлкен көлемде және жоғары бағаға ие); қосылған кезде өтпелі процесс өте орташа ұлғайтқыш коэффициенті бар ұлғайтқыштар жағдайында да өте ұзақ болады.

2.4 Кернеу ұлғайтқыштарының жүктемесі.

U_a амплитудасы бар айнымалы кернеу көзіне қосылған және жүктемесіз жұмыс істейтін m -ге идеалды кернеу ұлғайтқышы тұрақты режимде $m \cdot U_a$ кернеуін береді. Алайда, жүктеме болған кезде ұлғайтқыштың шығысындағы кернеу төмендейді, пульсациялар да пайда болады. Кернеудің түсу шамасы және пульсацияның амплитудасы жүктеме тогына, қоректендіру кернеуінің жиілігіне және ұлғайтқыштағы конденсаторлардың сыйымдылығына байланысты. Тәуелділіктің табиғатын анықтай отырып, ұлғайтқыш элементтерінің параметрлерін дұрыс есептей аламыз.

Айта кету керек, жұп және тақ ұлғайтқыш коэффициенттері бар ұлғайтқыштарға арналған нәтижелер әртүрлі, бірақ олардың сипаттамасындағы айырмашылықтар соншалықты аз, сондықтан барлық жағдайларда бірдей формулаларды қолдануға болады. Мұнда жұп коэффициенттері бар ұлғайтқыштар қарастырылады. Тақ коэффициенттері бар ұлғайтқыштардың жүктеме сипаттамалары біршама жақсырақ және мұнда алынған формулалар олар үшін "пессимистік" баға береді, бірақ осылайша біз есептелген ұлғайтқыштардың нақты сипаттамаларын аламыз.

Анықтамалық бөлім. Осы құжаттың соңына жету үшін аз адамдар жеткілікті болғандықтан, біз басында негізгі нәтижелерді береміз. Тұрақты режимдегі ұлғайтқыштың шығысындағы кернеу

$$U_{\text{out}} = mU_a - \frac{I}{2FC} \left(\frac{m^3}{6} + \frac{m^2}{8} + \frac{m}{12} \right), \quad (2.12)$$

m – ұлғайтқыш коэффициенті;

U_a – кернеу амплитудасы;

I – жүктеме тогы;

F – ұлғайтқыш үшін қуат көзінің айнымалы жиілігі;

C – конденсатордың сыйымдылығы (барлық ұлғайтқыш конденсаторлардың сыйымдылығы бірдей болады деп болжанады).

Жүктеме болған кезде ұлғайтқыштың шығысындағы кернеу импульсті болады, бұл өрнек максималды нүктелердегі кернеу мәнін береді (ең жоғары мәндер), әрі қарай қараңыз: суретте ұлғайтқыш коэффициенті жұп болады деп

болжанады (бірақ тақ коэффициент жағдайында өрнек жеткілікті дәлдік береді); барлық ұлғайтқыш конденсаторлар бірдей сыйымдылыққа ие; ұлғайтқыш элементтері өте жақсы деп саналады (іс жүзінде бұл диодтар мен конденсаторлардың ағып кету тогы аз, диодтардағы кернеудің тікелей төмендеуі ток көзінің ұлғайтқышын беретін кернеу амплитудасынан әлдеқайда аз).

Ұлғайтқыштың шығуындағы пульсация ауқымы

$$h = \frac{I}{2FC} \left(\frac{m^2}{4} + \frac{m}{2} \right), \quad (2.13)$$

пульсацияның амплитудасы $h/2$ -ге тең болады.

Осы мәндерге сүйене отырып, минимум нүктелеріндегі ұлғайтқыштың шығысындағы кернеуді есептеуге болады: $U_{out} - h$; шығыс кернеуінің орташа мәнін есептеңіз: $U_{out} - h/2$.

Жүктеме болған кездегі ұлғайтқыштың тұрақты режимінің теңдеулері. Жүктеме болған кезде, тұрақты режимде ұлғайтқыштың шығысындағы кернеу импульсті болады. Біздің міндетіміз – жүктеме тогының функциясы ретінде максималды және минималды нүктелердегі ұлғайтқыштың лездік кернеулерін анықтау. Осылайша, біз ұлғайтқыштың жүктеме сипаттамасын аламыз, сонымен қатар пульсацияның көлемін есептей аламыз. Мәселені шешу үшін біз ұлғайтқышқа жүретін процестердің теңдеулерін құрамыз. Теңдеулерді шеше отырып, максималды және минималды нүктелердегі конденсаторлардың әрқайсысындағы кернеулерді табамыз. Жұп сандары бар конденсаторлардағы кернеулерді жинақтап, шығыс кернеуін табамыз.

Бұл жүйенің мінез-құлқын теңдеулер арқылы сипаттау үшін әртүрлі дәрежелік деңгейінің болжамдарын қолдана отырып, әртүрлі тәсілдерді қолдануға болады. Екі нұсқаны қарастырыңыз. Олардың бірінде біз әр диодтың жабық күйден ашық күйге және керісінше ауысуынан және конденсаторлар арасындағы зарядтардың осы процестермен байланысты болатын оқиғалардың әрқайсысын аз немесе аз мұқият талдаймыз. Екінші нұсқада біз зарядтардың алмасуы бір уақытта және бірден жүретініне сеніп, өте өрескел жуықтауды қолданамыз. Екі тәсіл де бірдей теңдеулерге әкелетіні белгілі болды. Мұнда біз "өрескел", бірақ қарапайым тәсілді қарастырамыз, ал егжей-тегжейлі талдау жеке құжатта.[15]

Сонымен, егер жүктеме мүлдем болмаса, онда ұлғайтқыш конденсаторларының әрқайсысында кернеу уақыт өте келе өзгермейді, ол $2 \cdot U_a$ -ға тең-қуат көзінің кернеу амплитудасынан екі есе көп (кернеу көздің амплитудасына тең болатын бірінші конденсатордан басқа). Ұлғайтқыш диодтары әрқашан жабық күйде болады. Көзден тұтынылатын ток нөлге тең.

Егер ұлғайтқыштың жүктемесі болса, онда оның қуаты суретте жұп нөмірлері бар C_2, C_4, C_6, \dots , сериялы қосылған конденсаторлар есебінен жүзеге асырылады. Нәтижесінде конденсаторлар зарядсызданады, бұл D_2, D_4, D_6, \dots , жұп сандары бар диодтар арқылы ток импульстарының пайда болуына жағдай жасайды. Жұп сандары бар конденсаторлар тақ сандары бар конденсаторлардан

зарядталады, нәтижесінде соңғылары зарядтың бір бөлігін жоғалтады, оларды зарядтау тақ сандары бар диодтар арқылы жүреді. Ұлғайтқыш қуат көзінен ток ала бастайды, ал шығу кернеуі төмендейді.

"Іске қосылған кездегі кернеу ұлғайтқыштардағы өтпелі процесс" құжатында ұлғайтқышқа болатын және диодтардың сериялық ауысуына байланысты бір конденсатордан келесіге зарядтың дәйекті берілуіне байланысты процестер егжей-тегжейлі қарастырылған. Қуат көзінің кернеуінің төмендеуі кезінде тақ диодтар ($u(t)$ кернеуі $+U_a$ мәнінен $-U_a$ мәніне өзгерген кезде) бірінші болып кіруден ең алыс ұлғайтқыштың ең соңғы буынында тиісті бағыттағы диод ашылады. Содан кейін диод жабылады және осы бағыттың диоды алдыңғы сілтемеде және т.б., бірінші диодқа дейін ашылады. Ол сонымен қатар жабылады, бұл $u(t)=-U_a$ болған кезде, яғни қуат көзінің кернеуі теріс амплитудалық мәнге жеткенде пайда болады. Диодтардың ауыспалы ауысу процестерінің ұқсас реттілігі (тек қазір жұп сандары бар диодтар үшін) кернеу көзінің жоғарылауы кезінде пайда болады ($u(t)$ кернеуі $-U_a$ мәнінен $+U_a$ мәніне өзгерген кезде). Біріншісі соңғы ұлғайтқыш буынының диодын ашады, ол алдыңғы буында осы бағыттың диоды ашылған сәтте жабылады және т.б. соңғысы D2 диодын ашады және $u(t)=+U_a$ болған кезде жабылады.

Ток неғұрлым аз болса, әр диодтың ашылу уақыты соғұрлым аз болады және коммутация процесі жүретін жалпы уақыт азаяды (және шектерде бұл уақыт нөлге айналады - егер жүктеме болмаса, тұрақты режимде диодтар ашылмайды). Төмен жүктеме токтарында коммутацияның барлық тізбегі максималды және минималды $u(t)$ нүктелеріне жақын шоғырланған, олар $T/2$ интервалымен бөлінген, мұндағы T - айнымалы кернеу ұлғайтқышын беретін тербеліс периоды.

Егер ауысу уақыты жарты периодпен салыстырғанда аз болса, онда тақ сандары бар конденсаторларға жүктеме тогының әсерін елемеуге болады - көбінесе олар жабық диодтармен жүктемеден ажыратылады. Бұл жағдайда жүктеме тогы тізбектегі жұп сандары бар конденсаторлар арқылы үнемі ағып тұрады және оларға тақ сандарға қарағанда айтарлықтай әсер етеді.

Бір жұмыс циклі үшін ұлғайтқыштағы процестерді қарастырамыз. Бастапқы сәтте біз барлық диодтар жабылған кезде $+U_a$ кернеуінің өту сәтін қабылдаймыз. C_1, C_2, C_3, \dots конденсаторларындағы кернеулерді белгілеңіз бұл кезде U_1, U_2, U_3, \dots (жоқ, сызықтар). Жоғарыда айтылғандай, біздің жақындауымызда, $u(t)-U_a$ мәніне жеткенге дейін, конденсаторлар арасында зарядтар алмасады, зарядты тақ сандары бар конденсаторлардан тақ сандары бар диодтар арқылы жұп сандары бар конденсаторларға жібереді. Барлық диодтар жабылған кезде ($u(t)=-U_a$), конденсаторлардағы кернеулер бір штрихпен әріптермен белгіленеді: U'_1, U'_2, U'_3, \dots . Зарядтарды алмасар алдында тақ конденсаторлардағы кернеулер циклдің басындағы сияқты болады, U_1, U_3, U_5, \dots (олар диодтар жабылғанша таусылмайды, олар арқылы ток ағып кетпейді), ал жүктеме тогының шамаға ағуы нәтижесінде жұп конденсаторлардағы кернеулер төмендейді[15]

$$\Delta U \approx \frac{IT}{2C} = \frac{I}{2fC}. \quad (2.12)$$

Бұл қатынас біздің жақындауымызда коммутация процестері аз уақытты алатындығымен түсіндіріледі, осылайша конденсаторлар $T/2$ уақыт ішінде I тогымен шығарылады, яғни тізбектелген конденсаторлардағы зарядтың өзгеруі бірдей және тең $I \cdot T/2$, бұл кернеудің төмендеуінің көрсетілген мәнін анықтайды.

Енді біз конденсаторлар мен диодтардың ауысуы арасындағы зарядты беру процестерін сипаттайтын теңдеулер жүйесін құра аламыз. Теңдеулер жоғарыда аталған құжаттағы өтпелі процесті талдау жағдайында жасалған сияқты жасалады. Жалғыз айырмашылық – бастапқы мәндер ретінде біз циклдің басында конденсаторлардағы кернеуді емес, жүктеме тогының разрядын ескере отырып кернеуді аламыз. Сонда:

$$\left\{ \begin{array}{l} U'_1 = U_a, \\ U'_m = U_m - \Delta U, \\ U'_2 - U'_3 = 0, \\ U'_2 + U'_3 = U_2 + U_3 - \Delta U, \\ U'_4 - U'_5 = 0, \\ U'_4 + U'_5 = U_4 + U_5 - \Delta U, \\ \dots, \\ U'_{m-2} - U'_{m-1} = 0, \\ U'_{m-2} + U'_{m-1} = U_{m-2} + U_{m-1} - \Delta U, \end{array} \right.$$

немесе жалпы түрде,

$$\left\{ \begin{array}{l} U'_1 = U_a, \\ U'_m = U_m - \Delta U, \\ U'_i - U'_{i+1} = 0, \\ U'_i + U'_{i+1} = U_i + U_{i+1} - \Delta U, \\ i = 2, 4, \dots, m - 2. \end{array} \right.$$

Жүйенің теңдеулерін үшіншіден бастап (3-тен 4-ке, 5-тен 6-ке және т.б.) жұптастыра отырып, біз белгісіздердің мәндерін табамыз.

$$\left\{ \begin{array}{l} U'_1 = U_a, \\ U'_m = U_m - \Delta U, \\ U'_2 = U'_3 = \frac{1}{2}(U_2 + U_3 - \Delta U), \\ U'_4 = U'_5 = \frac{1}{2}(U_4 + U_5 - \Delta U), \\ \dots, \\ U'_{m-2} = U'_{m-1} = \frac{1}{2}(U_{m-2} + U_{m-1} - \Delta U), \end{array} \right.$$

немесе жалпы түрде,

$$\left\{ \begin{array}{l} U'_1 = U_a \\ U'_m = U_m - \Delta u, \\ U'_i = U'_{i+1} = \frac{1}{2}(U_i + U_{i+1} - \Delta U), \\ i = 2, 4, \dots, m - 2. \end{array} \right. \quad (2.14)$$

Қарастырылған жартылай аккумуляторда жұп сандары бар конденсаторлардан тақ сандары бар конденсаторлар зарядталады, нәтижесінде соңғылардағы кернеулер азаяды ($u' \ i, i=2, 4, \dots, m$), бірақ олар кезең ішіндегі ең кіші мәндер емес, өйткені болашақта осы кернеулердің сызықтық төмендеуі жүктеме тогының ағымының нәтижесінде пайда болады, ол келесі жартылай бакта осы конденсаторларды зарядтау басталғанға дейін пайда болады.

Осыған ұқсас себептермен біз ұлғайтқыш циклінің екінші жартысына теңдеулерді жазамыз, нәтижесінде көздің кернеуі $u(t)=+U_a$ мәніне жеткенде және барлық диодтар жабылған кезде конденсаторлардағы кернеулерді табамыз. Бұл кернеулер екі соққымен белгіленеді, олар осы жұмыс циклінің аяқталу сәтіне немесе келесі циклдің басына қатысты.[15]

$$\left\{ \begin{array}{l} U''_1 - U''_2 = -U_a \\ U''_1 + U''_2 = U'_1 + U'_2 - \Delta U, \\ U''_3 - U''_4 = 0, \\ U''_3 + U''_4 = U'_3 + U'_4 - \Delta U, \\ \dots, \\ U''_{m-1} - U''_m = 0, \\ U''_{m-1} + U''_m = U'_{m-1} + U'_m - \Delta U. \end{array} \right.$$

немесе

$$\left\{ \begin{array}{l} U''_1 - U''_2 = -U_a, \\ U''_1 + U''_2 = U'_1 + U'_2 - \Delta U, \\ U''_j - U''_{j+1} = 0, \\ U''_j + U''_{j+1} = U'_j + U'_{j+1} - \Delta U, \\ j = 3, 5, \dots, m - 1. \end{array} \right.$$

өрнекпен алмастырамыз, сонда

$$\left\{ \begin{array}{l} U_1'' - U_2'' = -U_a, \\ U_1'' + U_2'' = U_a + \frac{1}{2}(U_2 + U_3 - \Delta U) - \Delta U, \\ U_3'' - U_4'' = 0, \\ U_3'' + U_4'' = \frac{1}{2}(U_2 + U_3 - \Delta U) + \frac{1}{2}(U_4 + U_5 - \Delta U) - \Delta U, \\ \dots, \\ U_{m-1}'' - U_m'' = 0, \\ U_{m-1}'' + U_m'' = \frac{1}{2}(U_{m-2} + U_{m-1} - \Delta U) + (U_m - \Delta U) - \Delta U. \end{array} \right.$$

немесе

$$\left\{ \begin{array}{l} U_1'' - U_2'' = -U_a, \\ U_1'' + U_2'' = U_a + \frac{1}{2}(U_2 + U_3 - \Delta U) - \Delta U, \\ U_j'' - U_{j+1}'' = 0, \\ U_j'' + U_{j+1}'' = \frac{1}{2}(U_{j-1} + U_j - \Delta U) + \frac{1}{2}(U_{j+1} + U_{j+2} - \Delta U) - \Delta U, \\ j = 3, 5, \dots, m-3, \\ U_{m-1}'' - U_m'' = 0, \\ U_{m-1}'' + U_m'' = \frac{1}{2}(U_{m-2} + U_{m-1} - \Delta U) + (U_m - \Delta U) - \Delta U. \end{array} \right.$$

Біз $U_3''=U_4''$, $U_5''=U_6''$, ..., $U_{m-1}''=U_m''$, яғни әр соққының соңында аталған конденсаторлардағы кернеу жұп болып тең болатындығын көреміз. Ал бір соққының соңы – келесі сағаттың басы, сондықтан әр соққының басталуы үшін ұқсас қатынастар орындалады: $U_3 = U_4$, $U_5=U_6, \dots$, $U_{m-1}=U_m$, бұл теңдеулердің оң жағында тақ конденсаторлардағы кернеулерді жоюға мүмкіндік береді. Теңдеулер жүйесі келесідей болады

$$\left\{ \begin{array}{l} U_1'' - U_2'' = -U_a, \\ U_1'' + U_2'' = U_a + \frac{1}{2}U_2 + \frac{1}{2}U_4 - \frac{3}{2}\Delta U, \\ U_j'' - U_{j+1}'' = 0, \\ U_j'' + U_{j+1}'' = \frac{1}{2}U_{j-1} + U_{j+1} + \frac{1}{2}U_{j+3} - 2\Delta U, \\ j = 3, 5, \dots, m-3, \\ U_{m-1}'' - U_m'' = 0, \\ U_{m-1}'' + U_m'' = \frac{1}{2}U_{m-2} + \frac{3}{2}U_m - \frac{5}{2}\Delta U. \end{array} \right.$$

Жүйенің теңдеулерін жұптап топтастырып, әр топтың екінші теңдеуінен біріншісін алып тастай отырып, біз цикл соңында жұп сандары бар конденсаторлардағы кернеулерді сағаттың басындағы кернеулер арқылы білдіреміз, тақ сандары бар конденсаторлардағы кернеулер ескерілмейді (олар бізді қызықтырмайды, өйткені іығыс кернеуін есептеу үшін біз жұп сандары бар конденсаторлардағы кернеулерді жинақтауымыз керек). Нәтижесінде

$$\left\{ \begin{array}{l} 2U_2'' = 2U_a + \frac{1}{2}U_2 + \frac{1}{2}U_4 - \frac{3}{2}\Delta U, \\ 2U_4'' = \frac{1}{2}U_2 + U_4 + \frac{1}{2}U_6 - 2\Delta U, \\ \dots, \\ 2U_{m-2}'' = \frac{1}{2}U_{m-4} + U_{m-2} + \frac{1}{2}U_m - 2\Delta U, \\ 2U_m'' = \frac{1}{2}U_{m-2} + \frac{3}{2}U_m - \frac{5}{2}\Delta U. \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} U_2'' = U_a + \frac{1}{4}U_2 + \frac{1}{4}U_4 - \frac{3}{4}\Delta U, \\ U_4'' = \frac{1}{4}U_2 + \frac{1}{2}U_4 + \frac{1}{4}U_6 - \Delta U, \\ \dots, \\ U_{m-2}'' = \frac{1}{4}U_{m-4} + \frac{1}{2}U_{m-2} + \frac{1}{4}U_m - \Delta U, \\ U_m'' = \frac{1}{4}U_{m-2} + \frac{3}{4}U_m - \frac{5}{4}\Delta U. \end{array} \right.$$

Екі соққы кернеуі максималды нүктелерге сәйкес келеді (жұп конденсаторлардағы кернеудің ең жоғары мәні).

Тұрақты режимде кез-келген сағаттың басындағы конденсаторлардың әрқайсысындағы кернеу келесі сағаттың басындағы кернеуге тең: $U_i=U''_i$, сондықтан

$$\left\{ \begin{array}{l} U_2 = U_a + \frac{1}{4}U_2 + \frac{1}{4}U_4 - \frac{3}{4}\Delta U, \\ U_4 = \frac{1}{4}U_2 + \frac{1}{2}U_4 + \frac{1}{4}U_6 - \Delta U, \\ \dots, \\ U_{m-2} = \frac{1}{4}U_{m-4} + \frac{1}{2}U_{m-2} + \frac{1}{4}U_m - \Delta U, \\ U_m = \frac{1}{4}U_{m-2} + \frac{3}{4}U_m - \frac{5}{4}\Delta U. \end{array} \right.$$

Енді біз одан әрі түрлендірудің ыңғайлылығы үшін әр теңдеуді 4-ке көбейтеміз, осылайша барлық коэффициенттер бүтін болады және барлық белгісіздерді теңдеулердің сол жағына өткіземіз. Біз осындай теңдеулер жүйесін аламыз:

$$\begin{cases} 3U_2 - U_4 = 4U_a - 3\Delta U, \\ -U_2 + 2U_4 - U_6 = -4\Delta U, \\ -U_4 + 2U_6 - U_8 = -4\Delta U, \\ \dots, \\ -U_{m-4} + 2U_{m-2} - U_m = -4\Delta U, \\ U_m - U_{m-2} = -5\Delta U. \end{cases} \quad (2.15)$$

Бұл жүйеде бірінші және соңғысынан басқа барлық теңдеулер

$$\begin{aligned} -U_i + 2U_{i+2} - U_{i+4} &= -4\Delta U, \\ i &= 2, 4, 6, \dots, m-4, \end{aligned} \quad (2.16)$$

осы типтегі жалпы $m/2-2$ теңдеулер. Теңдеулердің жалпы саны $-m/2$, бұл барлық белгісіздерді табуға мүмкіндік береді, олардың саны да $m/2$ құрайды.[15]

Ұлғайтқыш теңдеулер жүйесін шешу[15]

Теңдеулер жүйесінің тұрақты құрылымы бұл жүйені жалпы түрде шешуге мүмкіндік береді. Ең алдымен, жүйенің барлық теңдеулерін қоссаңыз, U_2 -ден басқа барлық айнымалыларды алып тастаймыз. Бұл бақылауды математикалық индукция әдісімен немесе жалпы түрде қорытындылау арқылы негіздеуге болады. Барлық түрдегі теңдеулердің сол жақ бөліктерінің қосындысы

$$\begin{aligned} \sum_i (-U_i + 2U_{i+2} - U_{i+4}) &= -\sum_i U_i + 2\sum_i U_{i+2} - \sum_i U_{i+4} = -\sum_{j=1}^{\frac{m}{2}-2} U_{2j} + \\ 2\sum_{j=2}^{\frac{m}{2}-1} U_{2j} - \sum_{j=3}^{m/2} U_{2j} &= -\left(\sum_{j=1}^{\frac{m}{2}} U_{2j} - U_{m-2} - U_m\right) + 2\left(\sum_{j=1}^{\frac{m}{2}} U_{2j} - U_2 - \right. \\ U_m) - \left(\sum_{j=1}^{\frac{m}{2}} U_{2j} - U_2 - U_4\right) &= U_{m-2} + U_m - 2U_2 - 2U_m + U_2 + U_4 = U_{m-2} - \\ U_m - U_2 + U_4. \end{aligned}$$

Мұнда $m \geq 4$ деп болжанады. Егер $m=4$ болса, өрнек 0-ге айналады.

Осы теңдеулердің оң жақ бөліктерінің қосындысы

$$\sum_i (-4\Delta U) = -4\Delta U \left(\frac{m}{2} - 2\right) = -2m\Delta U + 8\Delta U.$$

Осыдан

$$-U_2 + U_4 + U_{m-2} - U_m = -2m\Delta U + 8\Delta U \quad (2.17)$$

Біз оны жүйенің бірінші және соңғы теңдеулерімен қосамыз, U_2 -ге қатысты теңдеуді аламыз:

$$2U_2 = 4U_a - 2m\Delta U,$$

$$U_2 = 2U_a - m\Delta U.$$

Тікелей тексеру соңғы формула $m=2$ жағдайында да жарамды екенін көрсетеді, дегенмен шығару процесінде біз m 4-тен кем емес деп болжадық.

Жүйенің бірінші теңдеуінен

$$U_4 = 3U_2 - 4U_a + 3\Delta U = 6U_a - 3m\Delta U - 4U_a + 3\Delta U,$$

$$U_4 = 2U_a - 3m\Delta U + 3\Delta U.$$

Енді U_2 U_4 есептеу арқылы біз екінші теңдеуден бастап (2.16) жүйенің теңдеулерін қолдана отырып, U_6 , U_8 және т. б. мәндерін дәйекті түрде анықтай аламыз. Сонда

$$U_6 = 2U_4 - U_2 + 4\Delta U = 4U_a - 6m\Delta U + 6\Delta U - 2U_a + m\Delta U + 4\Delta U,$$

$$U_6 = 2U_a - 5m\Delta U + 10\Delta U$$

Сонымен,

$$U_{i+4} = 2U_{i+2} - U_i + 4\Delta U, \quad (2.18)$$

$$i=2, 4, \dots, m-4.$$

Берілген қайталанатын арақатынаста Z - түрлендіруді қолдануға болады, бұл оның индексінен функция ретінде әр белгісізді нақты білдіруге мүмкіндік береді. Жазбаларды ықшамдау үшін басқа белгілерге көшейік, x_n арқылы $2n+2$, $n=0, 1, 2, \dots, (m-2)/2$, атап айтқанда,

$$x_0=U_2, x_1=U_4$$

ΔU мәнін d айнымалысымен ауыстырамыз. (2.17) формула бойынша

$$x_{n+2} = 2x_{n+1} - x_n + 4d,$$

$$n + 2 = 2, 3, \dots, (m - 2)/2,$$

$$(n = 0, 1, \dots, (m - 6)/2) \quad (2.19)$$

(2.18) өрнекке Z-түрлендіруін қоланамыз

$$\begin{aligned} z^2 X - z^2 x_0 - zx_1 &= 2zX - 2zx_0 - X + 4d \frac{z}{z-1}, \\ X(z^2 - 2z + 1) &= 4d \frac{z}{z-1} - 2zx_0 + z^2 x_0 + zx_1, \\ X(z-1)^2 &= 4d \frac{z}{z-1} - 2zx_0 + z^2 x_0 + zx_1, \\ X &= 4d \frac{z}{(z-1)^3} - 2x_0 \frac{z}{(z-1)^2} + x_0 \frac{z^2}{(z-1)^2} + x_1 \frac{z}{(z-1)^2}. \end{aligned}$$

Алынған нәтиженің бірінші терминіне $2dz/(z-1)^2$ өрнегін қосыңыз, содан кейін алғашқы екі термин квадраттық функцияның z-түрлендіруінің кестелік формасын құрайды. Нәтиженің мәні өзгермеуі үшін біз сол өрнекті алып тастаймыз:

$$x_n = 2dn^2 - 2dn - 2x_0 n + x_0(n+1) + x_1 n,$$

$$x_n = 2dn^2 - 2dn - x_0 n + x_1 n + x_0,$$

егер $d = \Delta U$, $x_0 = U_2 = 2U_a - m\Delta U$, $x_1 = U_4 = 2U_a - 3m\Delta U + 3\Delta U$ болса, онда $x_n = U_{2n+2} = 2n^2\Delta U - 2n\Delta U - (2U_a - m\Delta U)n + (2U_a - 3m\Delta U + 3\Delta U)n + 2U_a - m\Delta U = 2U_a + \Delta U(2n^2 + n - 2nm - m)$,

$$n=0, 1, 2, \dots, (m-2)/2,$$

$$(U_2, U_4, \dots, U_m)$$

Сонымен, ұлғайтқыштағы кез-келген байланыс саны үшін жүктеме астындағы жұп ұлғайтқыш конденсаторларының әрқайсысындағы кернеуді анықтай аламыз. Алынған өрнектер $2*U_a$ бос режиміндегі кернеудің қосындысы және жүктеме болған кезде кернеудің өзгеруі (теріс мән) түрінде болады. Бұл бізге осы өзгерістерді қарастыруға көшуге мүмкіндік береді, өйткені олар кернеудің абсолютті мәндерін анықтайды.

$$\Delta U_{2n+2} = \Delta U(2n^2 + n - 2nm - m), \quad n = 0, 1, \dots, \frac{m-2}{2}, (U_2, U_4, \dots, U_m) \quad (2.19)$$

Сондай-ақ, $\Delta U, E_i = \Delta U_i / \Delta U$ бірліктерінде көрсетілген салыстырмалы шамаларды қолдана аламыз.

Ұлғайтқыштың шығысындағы кернеу жұп сандары бар конденсаторлардағы кернеулердің қосындысына тең, ал жүктеме кезіндегі шығыс кернеуінің өзгеруі осы конденсаторлардағы кернеудің өзгеру қосындысына тең.

$$E = \sum_i E_i, \quad i = 2, 4, \dots, m, \quad (2.21)$$

$$E = \sum_{k=0}^{(m-2)/2} (2k^2 + k - 2km - m) = 2 \sum_{k=0}^{(m-2)/2} k^2 + \sum_{k=0}^{(m-2)/2} (k - 2km - m)$$

Бірінші термин – квадраттар сомасының формуласы бойынша есептелетін сумма,

$$1^2 + 2^2 + \dots + n^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \quad (2.22)$$

немесе

$$2 \sum_{k=0}^{(m-2)/2} k^2 = 2 \sum_{k=1}^{(m-2)/2} k^2 = 2 \frac{\frac{m-2}{2}(\frac{m-2}{2}+1)(2\frac{m-2}{2}+1)}{6} = \frac{(m-2)m(m-1)}{12} = \frac{m^3 - 3m^2 + 2m}{12} = \frac{m^3}{12} - \frac{m^2}{4} + \frac{m}{6}. \quad (2.23)$$

(2.22) өрнектегі екінші термин арифметикалық прогрессияның алғашқы мүшелерінің қосындысы болып табылады және оны есептеуге болады, мысалы, терминдердің санының көбейтіндісі және шектен тыс терминдердің жартылай қосындысы ретінде:

$$\sum_{k=0}^{(m-2)/2} (k - 2km - m) = \left(\frac{m-2}{2} + 1\right) \frac{(-m) + \left(\frac{m-2}{2} - 2\frac{m-2}{2}m - m\right)}{2} = \frac{\frac{m}{2} - m + \frac{m}{2} - 1 - m^2 + 2m - m}{2} = -\frac{m^3}{4} + \frac{m^2}{8} - \frac{m}{4} \quad (2.24)$$

Суммаларды есептеу нәтижелерін (2.23) өрнекке алмастыра отырып, біз жүктеме астында ұлғайтқыштың шығысындағы кернеуді өзгерту формуласын аламыз:

$$E = \frac{m^3}{12} - \frac{m^2}{4} + \frac{m}{6} - \frac{m^3}{4} + \frac{m^2}{8} - \frac{m}{4} = -\frac{m^3}{6} - \frac{m^2}{8} - \frac{m}{12}.$$

Тікелей тексеру көрсеткендей, нәтиже $m=2$ ($E=-2$) жағдайында да дұрыс болады, дегенмен шығару процесінде m кем дегенде 4 болуы керек.

Сонымен, ұлғайтқыш коэффициенті бар мультипликатордың шығысындағы кернеу m , тұрақты режимде, I жүктеме кезінде, егер құрылғының барлық конденсаторлары бірдей c сыйымдылығына ие болса,

$$U_{out} = mU_a - \frac{I}{2FC} \left(\frac{m^3}{6} + \frac{m^2}{8} + \frac{m}{12} \right), \quad (2.25)$$

мұндағы U_a – кернеудің амплитудасы, F – қуат көзінің жиілігі.

Ұлғайтқыштың шығыс кернеуінің пульсациясы

Біз ұлғайтқыштың шығысындағы кернеудің ең жоғары мәнін есептедік, ол құрылғының циклдарын бастау кезінде қабылданған сәттерде қол жеткізіледі. Сонымен қатар, біз ұлғайтқыштың шығысындағы ең аз кернеу екінші жарты жолда белсенді фазаның басталуына дейін болатынын білдік (жұп сандары бар конденсаторларды зарядтау процесі басталмас бұрын), біздің жақындауымызда бұл момент көздің кернеуі оң амплитудалық мәнге жететін уақытқа өте жақын: $u(t)=+U_a$. Бұл кернеу ең аз болады, өйткені бірінші жарты бактың соңында конденсаторлардың тақ сандары бар конденсаторлар зарядталады, нәтижесінде соңғылардағы кернеу азаяды және U'_i , $i=2, 4, \dots, m$, содан кейін конденсаторлардың разрядтары кезеңнің жартысына тең уақыт ішінде жүктеме тогының жұп санымен жүреді, яғни осы конденсаторлардың әрқайсысындағы кернеу ΔU мәніне түседі (жоғарыдағы 2-суретті қараңыз). Осылайша, ұлғайтқыштың шығуындағы минималды кернеу

$$U_{out}^* = \sum_i U_i - \frac{m}{2} \Delta U, \quad i = 2, 4, \dots, m, \quad (2.26)$$

мұндағы $(m/2)\Delta U$ - бірінші жартылай бактың соңынан екінші жартылай бактың белсенді фазасының басына дейінгі уақыт ішінде жұп нөмірлері бар барлық конденсаторлардағы кернеудің жиынтық төмендеуі; $m/2$ - жұп нөмірлері бар конденсаторлар саны.[15]

Пульсацияның ауқымын шығудағы ең үлкен және ең кіші кернеу арасындағы айырмашылық ретінде анықтауға болады

$$h = U_{out} - U_{out}^* = U_{out} - U'_{out} + \frac{m}{2} \Delta U. \quad (2.27)$$

(2.15) өрнекті ескере отырып

$U'_i = \frac{1}{2}(U_i + U_{i+1} - \Delta U)$, $i = 2, 4, \dots, m - 2$, $U'_m = U_m - \Delta U$,
егер $U_{i+1} = U_{i+2}$, $i = 2, 4, \dots, m - 2$. деп алсақ, онда

$$U'_i = \frac{1}{2}(U_i + U_{i+2} - \Delta U), i = 2, 4, \dots, m-2, \quad U'_m = U_m - \Delta U$$

$$U'_{out} = \sum_i U'_i + U'_m = \frac{1}{2} \sum_i U_i + \frac{1}{2} \sum_i U_{i+2} - \frac{1}{2} \Delta U \frac{m-2}{2} + (U_m - \Delta U),$$

$$i=2, 4, \dots, m-2,$$

$$\begin{aligned} U'_{out} &= \frac{1}{2}(U_{out} - U_m) + \frac{1}{2}(U_{out} - U_2) - \frac{1}{4}m\Delta U + \frac{1}{2}\Delta U + U_m - \Delta U \\ &= U_{out} - \frac{1}{2}(U_2 - U_m) - \frac{1}{4}m\Delta U - \frac{1}{2}\Delta U. \end{aligned}$$

(2.25) формуланы ескерсек

$$U_2 = 2U_a - m\Delta U,$$

$$U_m = 2U_a - \Delta U \left(-\frac{m^2}{2} - \frac{m}{2} + 1 \right),$$

сонда

$$U_2 - U_m = \Delta U \left(-m + \frac{m^2}{2} + \frac{m}{2} - 1 \right) = \Delta U \left(\frac{m^2}{2} - \frac{m}{2} - 1 \right),$$

$$U'_{out} = U_{out} - \frac{1}{2}\Delta U \left(\frac{m^2}{2} - \frac{m}{2} - 1 \right) - \frac{1}{4}m\Delta U - \frac{1}{2}\Delta U = U_{out} - \Delta U \frac{m^2}{4}$$

(2.26) өрнекті ескере отырып, содан

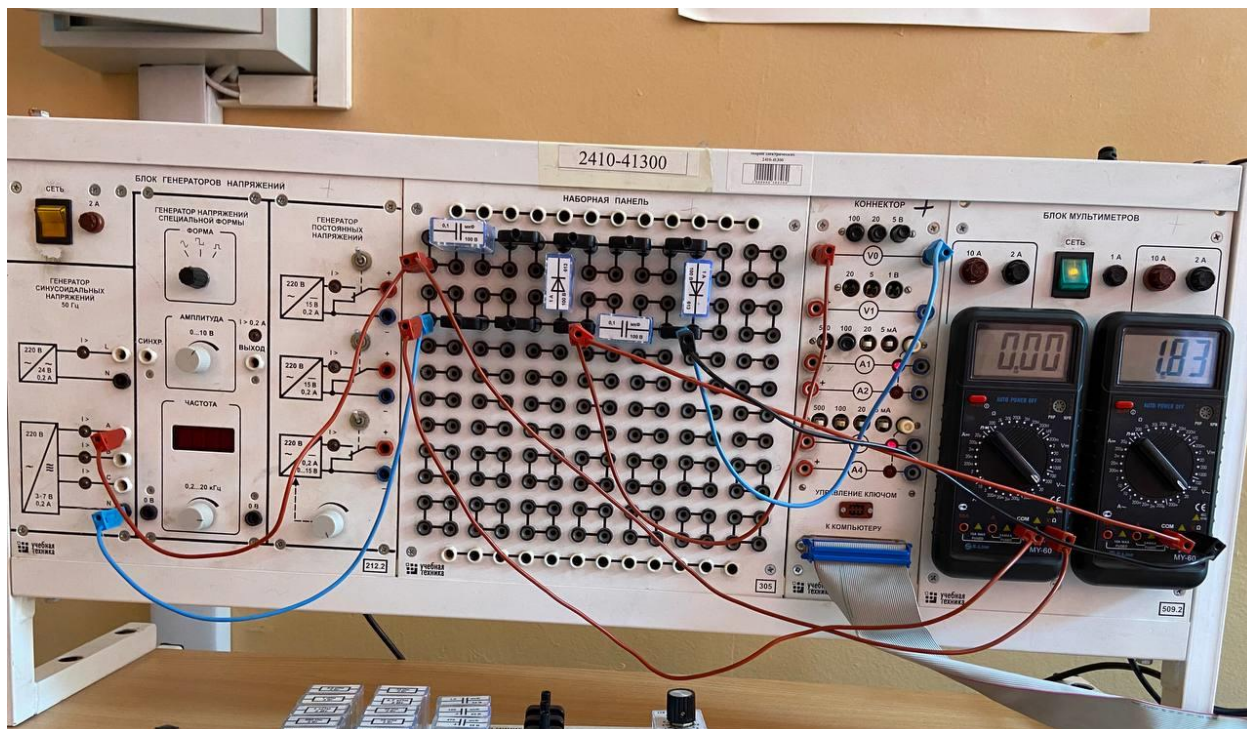
$$h = \Delta U \left(\frac{m^2}{4} + \frac{m}{2} \right). \quad (2.28)$$

Импульстарды симметриялы деп санай отырып, импульстардың амплитудасы тербелістің жартысына тең болады: $h/2$.

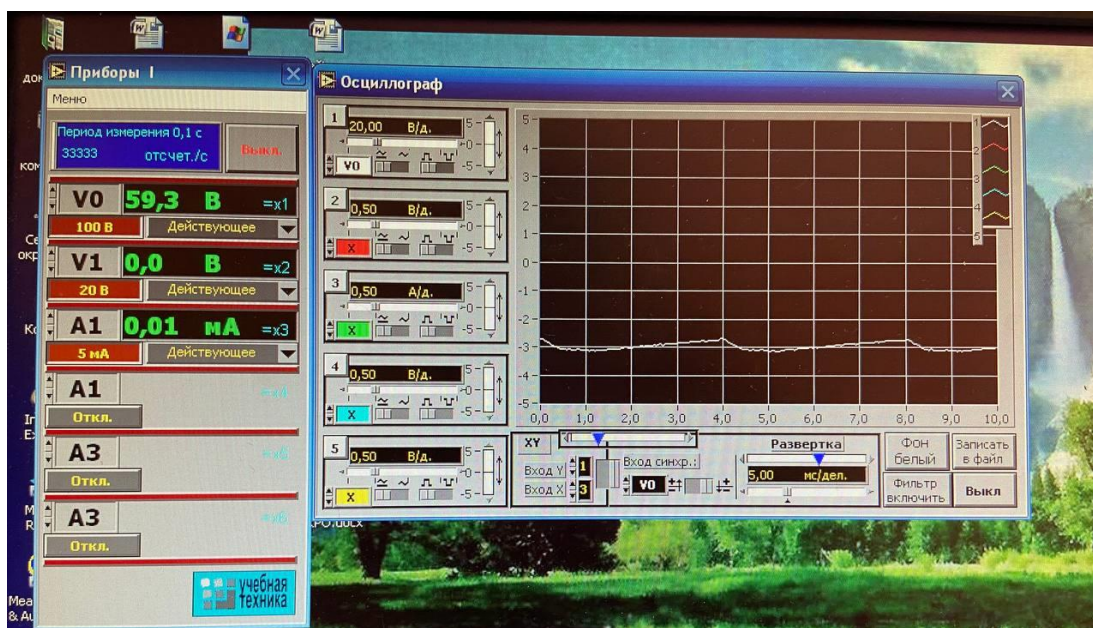
(2.27) формула дұрыс болып қалады және $m=2$ жағдайында, ол $h=2\delta u$ береді.[15]

3 КЦ201Е ДИОДЫНЫҢ КӨМЕГІМЕН КЕРНЕУ ҰЛҒАЙТҚЫШ СҰЛБАНЫ ЭКСПЕРИМЕНТТІК ТҮРҒЫДА ЗЕРДЕЛЕУ

Есептің берілгені: кернеуді екі еселеуші сұлбаны пайдаланып эксперименттік стендта зерделеу.



3.1 Сурет - Кернеуді екі еселеуші сұлба

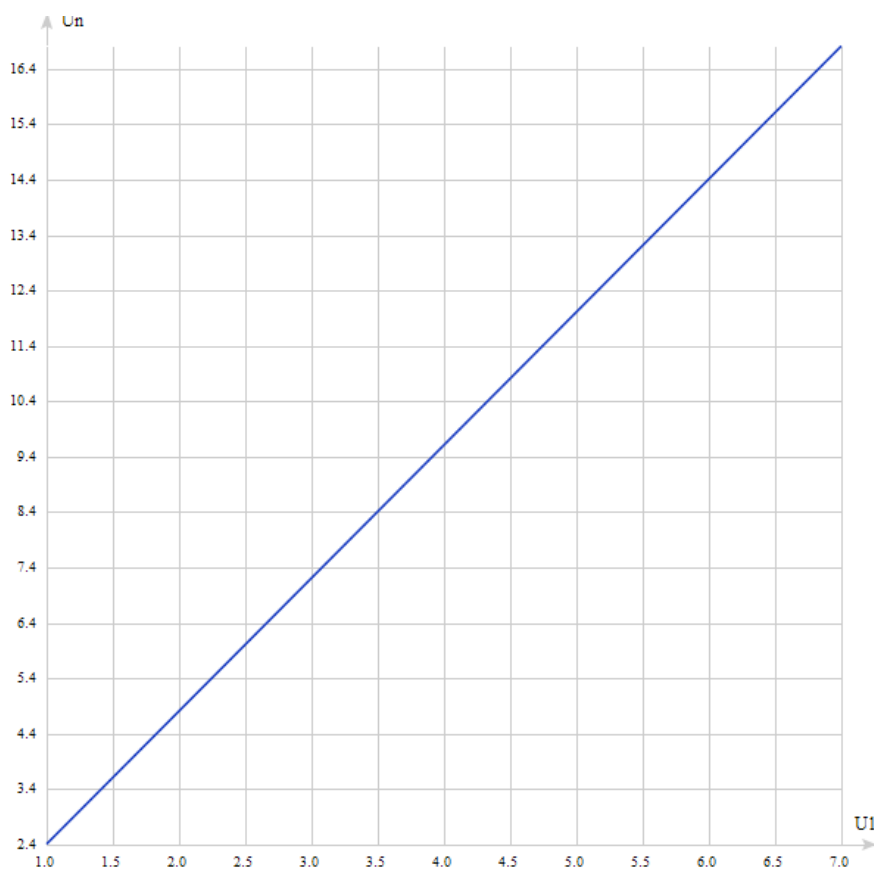


3.2 Сурет - Осциллографтың көрсеткіші

Шешімі: Эксперименттік стендте екі еселеуші кернеудің сұлбасын құрастырамыз(3.1-сурет). Осциллографтың мәні бойынша бірнеше эксперименттер жасадық. Шыққан мәндерді 1-кестеге жаздық.

3.1 Кесте – Тәжірибелік стенд бойынша алынған мәндер

f	U_1, B	U_n, B
1	1	2,1
2	2	4,7
3	3	7,4
4	4	9,9
5	5	12,7
6	6	15,2
7	7	17,7



3.3 Сурет - Кернеуді екі еселеуші сұлбаның графигі

Алынған мәндерді пайдаланып график тұрғызамыз(3.3-сурет). Алынған мәндерге назар аударатын болсақ, бізде кернеу екі есе емес одан да жоғары мәнге ие. Сонда

$$U_1 = kU_n$$

болады. Мұндағы k – еселеуші коэффициент.

$y=kx$ функциясын пайдаланып k еселеуші коэффициентті анықтаймыз. Сонда

$$k = \frac{y}{x} = \frac{U_n}{U_1},$$

$$k = \frac{2.1}{1} = \frac{4.7}{2} = \frac{7.4}{3} = \frac{9.9}{4} = \frac{12.7}{5} = \frac{15.2}{6} = \frac{17.7}{7} \approx 2.4.$$

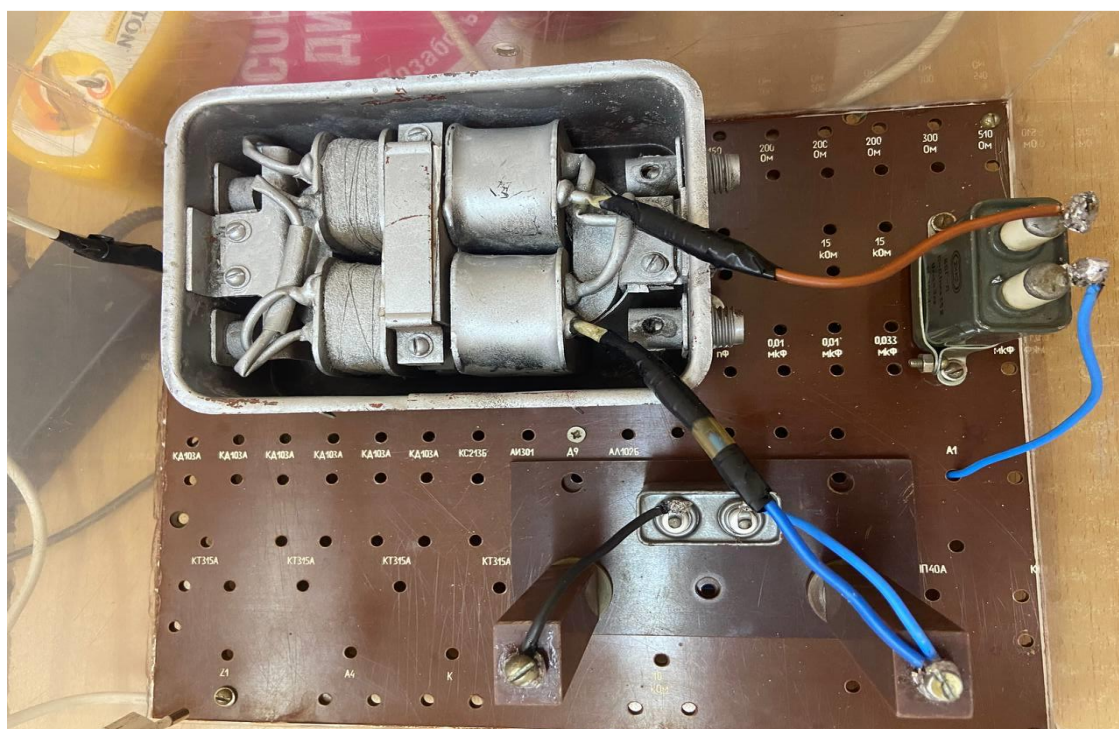
Оциллографқа назар аударсақ бізде тұрақты токтың графигі келтірілген. Берілгені: $U=15$ кОм, $I_{ж}=15$ мА.

Есептеу барысы: Жүктеменің кедергісін анықтаймыз:

$$R_{ж}=U/I_{ж}=15000/0,015=1000000 \text{ Ом}=1 \text{ МОм}$$

Конденсаторды анықтаймыз:

$$C=5.7/k_{п} * R_{ж}=5.7/0,5 * 1 * 10^6=11,4 \text{ Ф}$$



3.4 Сурет - Кернеуді екі еселеуші сұлбаның макеті

3.4-суретте кернеудің екі еселеуші сұлбаның макеті келтірілген. Бұл макетте екі КЦ201Е столб диоды, екі конденсатор және трансформатор қолданылған.

Трансформатордың параметрлері[10]:

1. Номиналды қуаты. Әрбір ораманың қуатын сипаттайды. Үш орамалы трансформаторларға келетін болсақ, оларды әртүрлі немесе бірдей қуаттылықтағы орамалармен жасауға болады. Әр түрлі мәндер болған жағдайда номиналды мән үлкен мәнге ие қуат болып саналады. Барлық трансформатордың номиналды қуаты бір-бірімен өту қуаты бар Тараптардың әрқайсысының мәні болып саналады. Орамалардың бірдей мәні-бұл құрылғының бос кезіндегі бастапқы және қайталама орамалардың кернеуі. Бір фазалы трансформаторда олар сызықтық кернеу болады.

2. Трансформация коэффициенті. Бұл орамалардың номиналды кернеуінің қатынасы (жоғары және төменгі).

3. Номиналды ток. Бұл құрылғының төлқұжатында көрсетілген орамалардағы токтардың мәні, онда қондырғының ұзақ жұмыс істеуі мүмкін. Бұл мән ораманың номиналды қуатымен және сол кернеумен анықталады.

4. Қысқа тұйықталу кернеуі. Трансформация кезінде кернеу деңгейінің төмендеуін анықтайды. Ол орамалардың толық кедергісімен сипатталады. Үш орамалы жабдықта қысқа тұйықталу кернеуі орамалардың кез – келген жұбы үшін анықталады, егер үшіншісі ашық болса.

5. Бос ток. Болаттағы реактивті және белсенді шығындарды сипаттайды. Оны табу металдың магниттік параметрлеріне, дизайн қасиеттеріне және негізгі құрастырудың басқа ерекшеліктеріне және магниттің индукциясына байланысты. Номиналды трансформатор тогының пайызымен көрсетіледі.

6. Бос жүру шығындары. Трансформатор жұмысындағы үнемділік қасиеттерін анықтаңыз.

7. Қысқа тұйықталудың жоғалуы. Олар жүктеме токтары және орамалар мен басқа құрылымдарда болатын қосымша шығындар болған кезде пайда болатын орамалардағы шығындардан тұрады.

4 КЦ201Е СТОЛБ ДИОДЫНЫҢ ЭКОНОМИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІ

4.1 Кесте – Құрылғының бастапқы берілістері

Құрылғының атауы	Маркасы	Саны	Қысқаша техникалық анықтама
Столб диоды	КЦ201Е	50	Максималды кернеуі 15 кВ, кері ток 100 мкА, максимальды кері ток 500 мА

4.2 Кесте – Жұмысшылар туралы ақпарат

Жұмыс жасаушы	разряд	еңбек шарты	жалақысы (сағатына)
инженер1	3	норм	2500 тг
инженер2	4	норм	1500 тг
инженер3	5	норм	1800 тг

4.3 Кесте – Құрылғының бастапқы берілістері

Көрсеткіші	теңге
Жабдықтың теңгерімдік құны	2 352,67
Ғимарат пен құрал-жабдықтардың құны	500 000

Есептік сметалар болмаған кезде осы бап бойынша шығындарды өндірістік жұмысшылар жалақысының 150% мөлшерінде шартты түрде айқындауға болады:

$$З_M = 1,5 * Z_0;$$

$$З_M = 1,5 * 5\,751\,567,5 = 8\,627\,351,25 \text{ тенге}$$

"Еңбекақы төлеу" бабы өндірістік жұмысшылардың жалақысынан тұрады. Осы бап бойынша шығындардың мөлшері белгілі бір объектіні жөндеуге жұмсалған еңбек мөлшеріне және оның бірлігіне ақы төлеуге байланысты:

$$Z_0 = T_M * C_{cp} * K_n * n_{yp};$$

мұндағы T_M – бір шартты жөндеу бірлігінің еңбек сыйымдылығы, C_{cp} – орташа жалақы, K_n – тариф бойынша жалақыға қосымша ақыны ескеретін коэффициент, n_{yp} – жылдық бағдарламадағы шартты жөндеу бірліктерінің саны.

$$Z_0 = 35 * 1933,3 * 1,7 * 50 = 5\,751\,567,5 \text{ тенге}$$

Орташа тарифтік мөлшерлеме мына өрнектен анықталады:

$$C_{cp} = \frac{T_1 C_1 + T_2 C_2 \dots + \dots T_n C_n}{T_1 + T_2 + \dots + T_n};$$

$$C_{cp} = (2500 \cdot 1 + 1500 \cdot 1 + 1800 \cdot 1) / 3 = 1933,3 \text{ тенге}$$

Әлеуметтік қажеттіліктерге аударымдардың жалпы сомасы мына формула бойынша анықталады:

$$Z_{отч} = \frac{Z_o \cdot K_o}{100};$$

K_o – әлеуметтік мұқтаждықтарды аудару нормасы.

Әлеуметтік мұқтаждықтарға аударымдар еңбекақы түріндегі барлық төлемдердің 30% - ын құрайды.

$$Z_{отч} = 5\,751\,567,5 \cdot 30 / 100 = 1\,725\,470,25 \text{ тенге}$$

РМЦ жабдығын ұстауға және пайдалануға арналған шығындар жөндеу жабдығының, ғимараттар мен өндірістік үй-жайлардың амортизациялық аударымдарынан, оларды жөндеуге, энергия ресурстарына арналған шығындардан құралады.

Жабдықтың амортизациясы:

$$Z_a^{об} = \frac{C_{об} \cdot H_a^{об}}{100};$$

$C_{об}$ – жабдықтың теңгерімдік құны, $H_a^{об}$ – жабдықтың амортизациялық аударымдарының нормасы (14,1%).

$$Z_a^{об} = 2\,352,67 \cdot 14,1 / 100 = 331,72 \text{ теңге}$$

Ғимараттар мен құрылыстардың амортизациясы:

$$Z_a^{зд} = \frac{C_{зд} \cdot H_a^{зд}}{100}$$

$H_a^{зд}$ – амортизациялық аударымдар мен өндірістік құрылыстардың нормасы (4,7%).

$$Z_a^{зд} = 500\,000 \cdot 4,7 / 100 = 23\,500 \text{ теңге}$$

$$Z_a = Z_a^{об} + Z_a^{зд}$$

$$Z_a = 331,72 + 23\,500 = 23\,831,72 \text{ теңге}$$

Жабдықты жөндеуге арналған шығындар:

$$З_p^{об} = \frac{C_{об} * H_p^{об}}{100}$$

$H_p^{об}$ – жабдықты жөндеуге арналған шығындар нормативі(5%).

$$З_p^{об} = 2\,352,67 * 5 / 100 = 117,63 \text{ теңге}$$

Ғимараттар мен құрылыстарды жөндеуге арналған шығындар:

$$З_p^{зд} = \frac{C_{зд} * H_p^{зд}}{100}$$

$H_p^{зд}$ – ғимараттарды жөндеуге арналған шығындар нормативі (2,0%)

$$З_p^{зд} = 500\,000 * 2 / 100 = 50\,000 \text{ теңге}$$

Техникалық қызмет көрсету және жөндеу шығындарының жалпы шамасы:

$$З_p = З_p^{об} + З_p^{зд};$$
$$З_p = 117,63 + 50\,000 = 50\,117,63 \text{ теңге.}$$

Жабдықты ұстауға және пайдалануға арналған жылдық шығындар = 23831,72 + 50117,63 = 73949,35 теңге.

Жабдықты ұстауға және пайдалануға арналған шығындар РМЦ = 50117,63 / 50 = 1002,35.

Цех шығындарын есептейміз:

$$З_ц = \frac{З_0 * R_ц}{100}$$

$R_ц = 100 \dots 120\%$ - өндірістік жұмысшылардың жалақысына қатысты цех шығыстарының пайызы.

$$З_ц = 5751567,5 * 120 / 100 = 6\,901\,881 \text{ теңге}$$

Есептеу нәтижелерін кестеге саламыз:

4.4 Кесте - Технологиялық жабдыққа техникалық қызмет көрсету мен жөндеудің өзіндік құнының калькуляциясы (шартты жөндеу бірліктерінің саны 50)

Шығындар	Құны, теңге
----------	-------------

1. Қосалқы бөлшектер мен жөндеу материалдары	8 627 351,25
2. Еңбек ақысы	5 751 567,5
3. Әлеуметтік қажеттіліктерге аударымдар	1 725 470,25
4. РМЦ жабдығын ұстауға және пайдалануға арналған шығындар	1002,35
5. Цех шығындары	6 901 881
Барлық шығындар	23 007 272,4

Күрделі жөндеу шығындары $23\,007\,272,4/50=460\,145,447$ теңге.

2021 жылғы есеп бойынша Ресейден 1,02 млрд теңге көлемінде физикалық құрылғылар алынған. Оның 35%-ы диод. Сонда Ресейден алынған көрсеткішті есептесек

$$1,02 \text{ млрд} * 35/100 = 0.0306 \text{ млрд} = 30,6 \text{ млн теңге}$$

Сонда экономикалық тиімділігі:

$$30,6 \text{ млн} - 23 \text{ млн} = 7,6 \text{ млн теңге}$$

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста жартылай өткізгіштердің даму жолын қысқаша қарастырып, жоғары кернеулі диодтардың сипаттамаларын салыстырып, КЦ201Е столб диодының артықшылықтарын қарастырдым. Тіректердің массасы басқа диодтарға қарағанда әлдеқайда үлкен – 90 грамм. Және де кернеуі әлдеқайда үлкен – 15кВ. Ол электронды жабдықта кеңінен қолданылады және пластикалық корпустарда қатты түйреуіштермен шығарылады. Кинескоптардың анод тізбектерін қоректендіру үшін қолданылды.

Жоғары кернеу аймағында, ұлғайтқыштарды қолдану арқылы біз аз кернеулі айнаымалы ток көздерін қуат үшін пайдалануға мүмкіндік аламыз. Кернеу ұлғайтқыштарының өтпелі процессін кернеудің екі еселенген сұлбасы арқылы қарастырып, есептеулер келтірдім. Кернеу ұлғайтқыштарының жүктемесінің теңдеулер жүйесі бойынша есептеулер шығардым.

Кернеуді екі еселеуші сұлбаға КЦ201Е столб диоды арқылы эксперименттік тәжірибелер жүргіздім. Кернеуді екі еселеуші сұлбаны тәжірибелік стендтың көмегімен графигін алып, зерттеулер жүргіздім. Графигі тұрақты токтың графигі болып шықты. Зерттеулер жүргізілу барысында бізде еселеуші коэффициенті бар екені анықталды. Оны $u=kx$ функциясын пайдаланып анықтадым.

Кернеуді екі еселеуші сұлбаның макетін жасадым. Ол жерде екі КЦ201Е диоды, екі конденсатор және күшті трансформатор қолданылған. Ток күші бізде 15кА-ден артық болмауы керек. Себебі ток күші одан көп болса біздің диодымыз атылып кетеді.

Экономикалық тиімділігін есептедім. Ол жерде КЦ201Е диодының қысқаша бизнес жоспары келтірілген. Қазақстаннан өндіретін болсақ Ресейден алғанға қарағанда 7,6 млн теңгеге пайда көреміз.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ланцов В., Владимиров Е. Мощные высоковольтные источники питания. Часть 1 // Силовая электроника. 2010. № 5.
2. Костиков В. Г., Никитин И. Е. Источники электропитания высокого напряжения. М.: Радио и связь. 1986.
3. Березин О. К., Костиков В. Г., Шахнов В. А. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры. М.: Три Л. 2000.
4. Владимиров Е. Н., Ланцов В. В., Лебедева О. К. Высоковольтный импульсный источник питания большой мощности с управлением от микропроцессора // Современная электроника. 2007. №7.
5. Блинов Н. Н. Рентгеновские питающие устройства. М.: Энергия. 1980.
6. Ключев В. В., Соснин Ф. Р., Авертс В., Болен Р., Меестр П. и др. Рентгенотехника: Справочник в 2-х книгах. Кн. 1. М.: Машиностроение. 1992.
7. Акимов А. В. и др. Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-физические исследования (38). 2001. № 3.
8. www.deantechnology.com
9. www.spellmanhv.com
10. Ланцов В., Эраносян С. Надежность силовых устройств в России: мифы и реалии, проблемы и пути решения. Часть 5. Импульсные источники питания // Силовая электроника. 2009. № 3.
11. Гольдина Р. А., Девонисский В. Ю. Высоковольтные выпрямители малой мощности. М.: Энергия. 1976.
12. Ланцов В. В., Эраносян С. Электронная компонентная база силовых устройств. Часть 1 // Силовая электроника. 2009. № 5.
13. www.nprtez.ru
14. ООО компания «Электроника и связь» квалифицированный поставщик электронных компонентов и оборудования eandc.ru 1996-2022.
15. https://www.rotr.info/electronics/theory/entry_level_circuit/voltage_multiplier.htm

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

Дипломдық жұмыс

Талгатқызы Назым

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

Тақырыбы: «Жартылай өткізгішті КЦ201Е типті столб диодын қолдану арқылы кернеуді сатылап өсіру сұлбасын зерделеу»

Орындалды:

- а) графикалық бөлімі _____ бет;
- б) түсіндірме жазбасы _____ бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Дипломдық жұмыста Талгатқызы Назым Жартылай өткізгішті КЦ201Е типті столб диодын қолдану арқылы кернеуді сатылап өсіру сұлбасын зерделеуді қарастырған. Дипломдық жұмыс келесі бөлімдерден тұрады:

Бірінші бөлімде Жоғары кернеулі столб диодтарының қасиеттері, 2Ц106(А-Г) столб диоды, 2Ц203(А-В) столб диоды, КЦ201(А-Е) столб диодтарының сипаттамалары мен артықшылықтары қарастырылған.

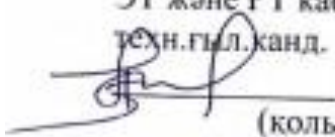
Екінші бөлімде кернеу ұлғайтқыштары бойынша сұлбалар мен есептеулер келтірілген.

Үшінші бөлімде жоба бойынша эксперименттік тәжірибелер келтірілген. Тәжірибелік стенд және сол бойынша есептеулер, КЦ201Е столб диодын пайдаланып кернеуді екі еселеуші сұлбаның макеті қарастырылған. Және де КЦ201Е столб диодының экономикалық тиімділігі есептелген.

Жалпы, дипломдық жұмыс «95/А/өте жақсы» деген бағаға, ал студент Талгатқызы Назым 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне алдын-ала қорғауға ұсынылады.

Ғылыми жетекші

ЭТ және FT каф. ассистент-профессоры,
техн. ғыл. канд.

 Абдыкадыров А.А.
(колы)

«20» 05 2022 ж.

Дипломдық жұмысқа

РЕЦЕНЗИЯ

Талғатқызы Назым

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Тақырыбы: «Жартылай өткізгішті КЦ201Е типті столб диодын қолдану арқылы кернеуді сатылап өсіру сұлбасын зерделеу»

Орындалды:

а) графикалық бөлім _____ парак;

б) түсініктеме _____ бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Дипломдық жобадан Талғатқызы Назым Жартылай өткізгішті КЦ201Е типті столб диодын қолдану арқылы кернеуді сатылап өсіру сұлбасын зерделеуді қарастырған. Дипломдық жұмыс келесі бөлімдерден тұрады:

Бірінші бөлімде Жоғары кернеулі столб диодтарының қасиеттері, 2Ц106(А-Г), КЦ106(А-Г) столб диоды, 2Ц203(А-В) столб диоды, 2Ц202(А-Е) столб диоды, КЦ201(А-Е) столб диодтарының сипаттамалары мен артықшылықтары қарастырылған.

Екінші бөлімде кернеу ұлғайтқыштары бойынша сұлбалар мен есептеулер келтірілген.

Үшінші бөлімде жоба бойынша эксперименттік тәжірибелер келтірілген. Тәжірибелік стенд және сол бойынша есептеулер, КЦ201Е столб диодын пайдаланып кернеуді екі еселеуші сұлбаның макеті қарастырылған. Және де КЦ201Е столб диодының экономикалық тиімділігі есептелген.

Бұл дипломдық жоба жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғары дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер ақпаратты өңдеп тарату технологиялардағы ғылыми бағытқа жауап береді.

Жұмыс бағасы

Жалпы, дипломдық жұмыс "95/А/ өте жақсы" деген бағаға, ал студент Талғатқызы Назым 5B071900 - РЭТ мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавр» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Ғ. Дәукеев ағ. АУЭС

каф. меңгерушісі, доктор PhD

Ж.С.Шыныбай.

«20» 05 2022 ж.

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

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

Автор: Талғатқызы Назым

Тақырыбы: Жартылай өткізінші КЦ201Е типті столб диодын қолдану арқылы кернеуді сатылап өсіру сұлбасын зерделеу

Жетекшісі: Асқар Абдықадыров

1-ұқсастық коэффициенті (30): 4.1

2-ұқсастық коэффициенті (5): 2.1

Дәйексөз (35): 0.6

Өріптерді ауыстыру: 95

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 28

Ақ белгілер: 0

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

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

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

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

Негіздеме:

19.05.2022

Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Талгатқызы Назым

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Жартылай өткізгішті КЦ201Е типті столб диодын қолдану арқылы кернеуді сатылап өсіру сұлбасын зерделеу

Научный руководитель: Аскар Абдыкадыров

Коэффициент Подобия 1: 4.1

Коэффициент Подобия 2: 2.1

Микропробелы: 28

Знаки из других алфавитов: 95

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

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

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

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

Обоснование:

19.05.2022
Дата

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Тапгатызы Назым

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Жартылай өткізінгі КЦ201Е типті столб дюдүн қолдану арқылы кернеуді сатылап өсіру сұлбасын зерделеу

Научный руководитель: Аскар Абдыкадыров

Коэффициент Подобия 1: 4.1

Коэффициент Подобия 2: 2.1

Микропробелы: 28

Знаки из других алфавитов: 95

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

21.05.2022
Дата


проверяющий эксперт