

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ ТА СИСТЕМ

До захисту допущено
Завідувачка кафедри

_____ Юлія ЯМНЕНКО
(підпис) (ім'я ПРІЗВИЩЕ)

" _____ " _____ 2021 р.

Дипломний проєкт

на здобуття першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Спеціальність 171 Електроніка
(код та назва спеціальності)

Спеціалізація Електронні прилади та пристрої

на тему: Джерело живлення для зварювання

Виконав (-ла): студент (-ка) IV курсу, групи ДЕ-71

Сергій СИДОРЕНКО
(ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Керівник проф. д.т.н. проф. Володимир РОМАШКО
(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Консультант Технічний розділ
доц. к.т.н. доц.Олександр БОНДАРЕНКО
(назва розділу) (посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Консультант
з нормоконтролю доцент, к.т.н., доц. Павло САФРОНОВ
(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань

Студент _____
(підпис)

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”**

Факультет електроніки
(повна назва)

Кафедра електронних пристроїв та систем
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 171 Електроніка
(шифр і назва)

Спеціалізація Електронні прилади та пристрої

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри

_____ Юлія ЯМНЕНКО
(підпис) (ім'я ПРІЗВИЩЕ)

" _____ " _____ 2021 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

_____ Сергію СИДОРЕНКО
(ім'я ПРІЗВИЩЕ)

1. Тема проєкту Джерело живлення для зварювання

Керівник проєкту проф. проф. д.т.н. Володимир РОМАШКО,
(посада, науковий ступень, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ)

затверджені наказом по університету від « 24 » травня 2021 року № 1316-с

2. Термін подання студентом проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту вхідна напруга 220В 50Гц, вихідна напруга від 10

В до 190 В, опір навантаження 100 Ом

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)

Розробити структурну та принципову електричну схему, розрахувати основні параметри схеми, моделювання роботи джерела живлення у різних режимах роботи

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Теоретичні креслення, схема електрична структурна, схема електрична принципова

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Ім'я ПРІЗВИЩЕ, посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технічний	Олександр БОНДАРЕНКО доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строки виконання етапів проекту	Примітка
1	Пошук інформації про зварюванням живих тканин та джерела живлення	12.04-16.05	
2	Розробка структурної та принципової електричної схеми	16.05-21.05	
3	Розрахунок основних параметрів схеми	21.05-27.05	
4	Моделювання роботи схеми	27.05-1.06	
5	Оформлення пояснювальної записки	1.06-07.06	

Студент

_____ (підпис)

_____ (ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту

_____ (підпис)

_____ (ім'я ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

В дипломному проєкті представлено огляд науково-технічної літератури по зварюванню живих тканин та джерелам живлення. Було розроблена структурна та принципова схеми джерела живлення для зварювання живих тканин. Була створена схема для моделювання роботи джерела живлення та приведені результати розрахунку характеристик джерела живлення для зварювання живих тканин. Результати моделювання відрізняються від теоретичних розрахунків на:

- 2,5 % на початку схеми на згладжувальному конденсаторі(при моделюванні назва вузла «first»);
- 1,955 % на другій обмотці трансформатору (при моделюванні назва вузла «second»);
- 2,12 % на навантаженні при ШІМ 0,05(при моделюванні назва вузла «out»);
- 1,983 % на навантаженні при ШІМ 0,95(при моделюванні назва вузла «out»);

Джерело живлення забезпечує виконання наступних функцій: випрямлення вхідної напруги, перетворення вхідної напруги з іншою амплітуду і регулювання вихідної напруги в діапазоні від 10 В до 190 В.

A N N O T A T I O N

The diploma project presents a review of scientific and technical literature on welding of living tissues and power sources. A structural and schematic diagram of a power supply for welding living tissues was developed. A scheme was created to model the operation of the power supply and the results of calculating the characteristics of the power supply for welding living tissues. The simulation results differ from the theoretical calculations for:

- 2.5% at the beginning of the circuit on the smoothing capacitor (when modeling the node name "first");
- 1.955% on the second winding of the transformer (when modeling the node name "second");
- 2.12% on the load at PWM 0.05 (when simulating the name of the node "out");
- 1.983% on the load at PWM 0.95 (when modeling the node name "out");

The power supply provides the following functions: rectification of the input voltage, conversion of the input voltage with a different amplitude and regulation of the output voltage in the range from 10 V to 190 V.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	5
ВСТУП.....	6
1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМІСТІ ПРО ЗВАРЮВАННЯ ЖИВИХ ТКАНИН.....	8
1.1 Зварювання живих тканин.....	8
1.2 Сучасні види коагуляторів. Вітчизняний апарат для зварювання ЖТ ..	11
1.3 Джерело живлення	16
1.4 Висновки за розділом.....	22
2. РОЗРОБКА ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ЖТ.....	23
2.1 Структурна схема джерела живлення	23
2.2 Види перетворювачів електроенергії	25
2.3 Принципова схема джерела живлення.....	27
2.4 Висновки за розділом.....	29
3. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СХЕМИ.....	31
3.1 Розрахунок основних параметрів	31
3.2 Вибір елементів	34
3.3 Висновки за розділом.....	35
4. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ.....	36
4.1 Вибір програмного забезпечення для моделювання електричних схем	36
4.2 Створення схеми для моделювання	37
4.3 Моделювання.....	43
4.4 Висновки за розділом.....	50

					<i>ДП.ДЕ71.14. 001 ПЗ</i>				
<i>Змн</i>	<i>Арк А</i>	<i>№ локум №</i>	<i>ПілписП</i>	<i>Дата</i>	<i>Джерело живлення для зварювання</i>	<i>Літ</i>	<i>Літ</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркшів</i>
<i>Розроб</i>		Сидоренко С.О.						3	51
<i>Певеніп</i>		Бондаренко О.							
<i>Реценз.</i>									
<i>Н. Контр</i>		Сафронов П. С.							
<i>Затверл</i>		Бондаренко О.			<i>«КПІ ім. Ігоря Сікорського», ФЕЛ, ЕПС, гр. ДЕ-71</i>				

ВИСНОВКИ.....51

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....53

Додаток А. Summary

Додаток Б. Перелік елементів

Додаток В. Принципова електрична схема

Додаток Г. Структурна електрична схема

Додаток Д. Теоретичне креслення

									Арк.
									4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ				

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція;

ЖТ – жива тканина;

DC-DC перетворювач – перетворювач постійної напруги в постійну;

ДЖ – джерело живлення.

					ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

За допомогою електроніки можна вирішувати багато різноманітних задач. Однією з таких задач є перетворення електричної електроенергії. Необхідність перетворення пов'язана з тим, що для різних приладів необхідне різне значення вихідної напруги та різна форма цієї напруги(струму). Вторинні джерела живлення - один із видів перетворювачів електроенергії.

Джерела живлення мають різний спосіб реалізації лінійний та імпульсний. Кожен з цих способів має свої плюси та мінуси. За допомогою джерела живлення можна створити необхідні умови для утворення зварних з'єднань ЖТ.

Зварювання ЖТ має незаперечні переваги перед іншими видами з'єднання ЖТ, менший час операцій, менші втрати крові, можливість проводити операції над хворими, які раніше вважались неоперабельними. Цьому способу проводити операції не більше 30 років.

На сьогоднішній день виконують таке зварювання за допомогою високочастотного струму і досліджували вплив лише високочастотного струму на ЖТ. Маючи ДЖ, яке буде забезпечувати необхідну потужність на ЖТ та на виході якого буде постійний струм, можна почати досліджувати вплив на ЖТ та можливість утворення зварного з'єднання за допомогою постійного струму.

Імпульсне ДЖ може виконувати поставленні на нього задачі в досить широкому діапазоні вхідної напруги, але воно створює шуми через використання всередині високих частот. Зазвичай в джерелах живлення для високочастотного зварювання живих тканин застосовуються частоти 66 кГц та 444 кГц. Тому для створення таких джерел всередині застосовуються дві схеми перетворювачів електроенергії. Перша, яка буде випрямляти вхідну напругу та забезпечить зміну вихідної напруги в деякому діапазоні. І друга, яка буде перетворювати постійну напругу в зміну пульсуючу з заданою частотою.

ДЖ для зварювання живих тканин постійним струмом, буде мати простішу конструкцію. В цій конструкції перший перетворювач буде

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ				6

створювати постійну не змінну напругу, а другий буде змінювати амплітуду цієї напруги.

Для даної мети можна застосовувати мостові або напівмостові перетворювачі електроенергії, а для зміни амплітуди понижуючий DC-DC перетворювач. Завданням дипломного проєкту є:

- Створення структурної схеми джерела живлення;
- Створення принципової схеми джерела живлення;
- Розрахунок основних параметрів схеми;
- Моделювання джерела живлення у спеціалізованих програмах;

На вхід джерела живлення потрапляє змінна напруга 220 В з частотою 50Гц, яку воно перетворює в постійну в діапазоні від 10 В до 190 В.

					<i>ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМІСТІ ПРО ЗВАРЮВАННЯ ЖИВИХ ТКАНИН

1.1 Зварювання живих тканин

Зварювання вже давно увійшло в наше життя, воно використовується всюди: в будівництві, в машинобудуванні, в літакобудуванні, для ремонту трубопроводів під водою і т.і. [1]. В основному зварювання використовується для з'єднання і обробки конструкційних і функціональних матеріалів, але з 1992р. Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона почав дослідження в області зварювання ЖТ.

Зварювання ЖТ – це спосіб з'єднання тканин при якому через тканини, які збираються з'єднати, пускають струм. Найбільшого поширення набув контактний спосіб зварювання, коли жива тканина стискається між електродами, потім через неї пропускається високочастотний струм, який розплавляє молекули білка і забезпечує утворення нероз'ємного з'єднання (рис.1) [2]. Схема контактного зварювання представлена на рис.1.1.

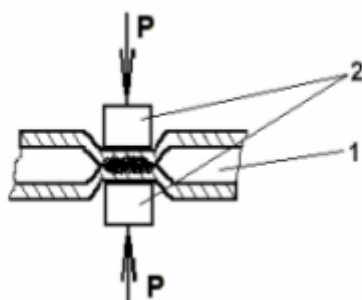


Рис.1.1 Схема контактної зварювання кровеносних судин, 1 – судина, 2 – електроди зажима, P – сили стиснення

Цикл зварювання відбувається в три етапи. На першому етапі біологічна тканина стискається електродами. На другому через тканину пропускають високочастотний струм, який нагріває і сприяє утворення з'єднання. На третьому етапі тканина охолоджується і твердіє [3].

						ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			8

Сам процес який відбувається в тканині виглядає так, при проходженні струму тканина нагрівається, а глобули білку розпрямляються при цьому тканину стискають і з'єднуванні поверхні проникають один в одного. Без стискання електроди просто розійшлися би, стискання ще потрібне для того, щоб видавити з зони зварювання тканини які не приймають участі в утворенні з'єднання [2].

Зварювання ЖТ застосовується в основному в Україні та Росії і використовується в різних областях [4]:

- для виконання розрізів та для гемостазису;
- в онкологічній хірургії;
- в дитячій хірургії;
- в лапароскопічній хірургії;
- для зварювання кишечника;
- для зварювання при множинних травмах;
- в офтальмогії;
- в отарингології;
- в урології;
- в трансплантації органів;
- в ветеринарії;
- і т.д;

Це стає можливим через те, що електрозварювання має такі переваги [5]:

- Зниження втрат крові на 50%;
- Зниження тривалості операцій на 20...50%;
- Надійний гемостаз;
- Швидку та повноцінну післяопераційну реабілітацію;
- Можливість хірургічного лікування хворих, які вважались неоперабельними;

Але зварювання ЖТ має свої особливості, які відрізняють її від звичайної зварки металу, наприклад [6]:

									ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Адж.
Змн.	Адж.	№ докum.	Підпис	Дата						9

1. Потрібно контролювати температуру процесу, при збільшенні температури більше 80° С в тканині відбувається незворотні зміни.
2. Зварювальне з'єднання ЖТ має властивість з часом розсмоктуватись, поступаючись місцем живій тканині.
3. Опір живих тканин складається з активного та реактивного опорів. Еквівалентна електрична схема Фріке та Коула представлена на рис.1.2. Завдяки присутності великої кількості мембран, по обидві сторони яких знаходяться вільні іони, жива тканина веде себе як конденсатор.

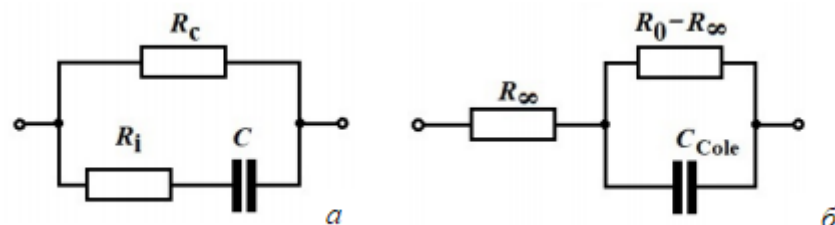


Рис.1.2 Схема заміщення біологічної тканини а) Фріке, б) Коула

Імпеданс моделі Фріке представляється наступною формулою:

$$Z(\omega) = \left(\frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_i + 1/j\omega C} \right)^{-1}$$

Імпеданс моделі Коула виражається формулою:

$$Z(\omega) = R_\infty + \left(\frac{1}{R_0 - R_\infty} + j\omega C_{Cole} \right)^{-1}$$

Х.Шван виділив три частотних діапазони з різними механізмами релаксації при підвищенні частоти змінного електричного поля. Частотні діапазони дисперсії характеризуються α -дисперсія діапазон, якої знаходиться в межах 1 мГц - 1 кГц, β -дисперсія діапазон, якої знаходиться в межах 1 кГц - 100 МГц, γ - дисперсія діапазон, якої знаходиться в межах 100 МГц - 100 ГГц. [7]

При α -дисперсія струм протікає по міжклітинній речовині, а опір клітини великий.

									ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Дрк
Змн.	Дрк.	№ докум.	Підпис	Дата						10

При β -дисперсії струм також протікає по міжклітинній речовині, на цих частотах зменшується поляризованість великих білкових структур

При γ -дисперсії відбуваються резонанси молекул води міжклітинної речовини і клітинного вмісту, зменшується поляризація усіх молекул.

“Дисперсія, тобто частотна залежність, імпедансу (повного або комплексного опору) і його складових - резистансу (активного опору) і реактанс (реактивного опору) біологічних тканин важлива при дослідженні впливу на них електричного струму.” [8]

1.2 Сучасні види коагуляторів. Вітчизняний апарат для зварювання ЖТ

Коагулятор – це медичний прилад який застосовується для різання, коагуляції, епіляції та зварювання ЖТ. Сучасний коагулятор може бути стаціонарним, портативним і має два способи взаємодії на біологічну тканину монополярний та біполярний. [9]

Монополярний – є окремий активний електрод та нейтральний електрод, який підкладають під пацієнта.

Біполярний – є пінцет з двома активними електродами.

Багато країн розроблюють електрохірургічне устаткування наприклад: Росія «ЭХВЧ-300», США «LIGASHURE», Німеччина «ERBE VIO 300D», Польща «ES - 400». Переважна більшість цього устаткування застосовується для виконання монополярної коагуляції і має деякі недоліки, а саме перепалювання тканин в результаті чого настає омертвіння тканин і опіки, які спричиняються розташуванням електроду на тілі пацієнту [10].

“Апарат ЭХВЧ-300 "Надія-4" призначений для різання і коагуляції м'яких тканин і судин з використанням струму високої частоти без анестетиків при проведенні операцій в умовах лікарень та клінік(рис.1.3).” [11]

									ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата						11



Рис.1.3. ЭХВЧ-300 "Надія-4"

Характеристики цього апарату:

- Робоча частота, МГц – 0,44.
- Максимальна потужність в режимі монополярного РІЗАННЯ – 1, Вт – 300.
- Максимальна потужність в режимі монополярного РІЗАННЯ – 2, Вт – 200.
- Максимальна потужність в режимі монополярна КОАГУЛЯЦІЯ – М, Вт – 200.
- Максимальна потужність в режимі біполярна КОАГУЛЯЦІЯ – Б, Вт – 120.
- Оптимальне навантаження в режимі монополярного РІЗАННЯ – 1, Ом – 200.
- Оптимальне навантаження в режимі монополярного РІЗАННЯ – 2, Ом – 100.
- Оптимальне навантаження в режимі монополярна КОАГУЛЯЦІЯ – М, Ом – 50.
- Оптимальне навантаження в режимі біполярна КОАГУЛЯЦІЯ – Б, Ом – 50.
- Потужність споживання 600 ВА.

В Україні в Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона розробили коагулятор «ЕКВЗ-300», який не має цих недоліків.

- Використовується для виконання біполярної коагуляції.

									ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						12

- Режими роботи: різка, коагуляція, автоматичне зварювання-1 та автоматичне зварювання-2. В кожному із режимів є 10 підрежимів для налаштування в залежності від характеристик оброблюємих тканин.
- Можна підключати два електрохірургічні інструменти та використовувати їх під час операції.

В режимі автоматичного зварювання хірургу потрібно стиснути тканину і натиснути на педаль для початку процесу і після звукової індикації закінчення процесу відпустити стиснуті тканини. [10] Структурна схема «ЕКВЗ-300» наведена нижче на рис.4.

Структурна схема приладу «ЕКВЗ-300» показана на рис.1.4, де 1 – вхідний блок; 2 - блок живлення; 3 - інвертор; 4 - перетворювач схеми зворотнього зв'язку; 5 - система керування; 6 – високочастотний комутатор; 7 - блок керування комутатором; 8 - високочастотний генератор; 9 - мікропроцесор програмування; 10,11 - хірургічні інструменти;

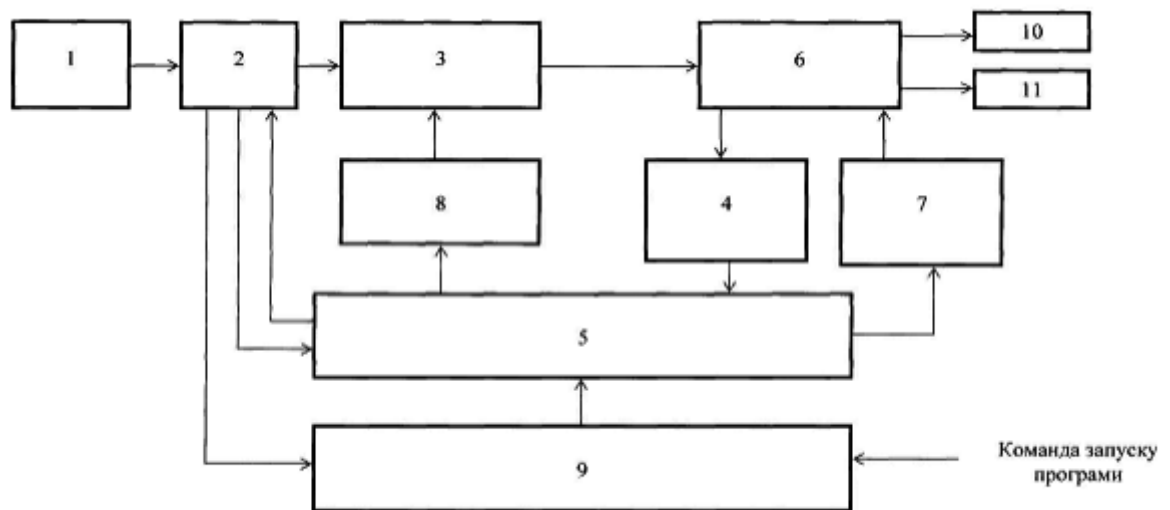


Рис.1.4 Структурна схема приладу «ЕКВЗ-300»

Мікропроцесор програмування, який підключений до системи керування здійснює передачу запрограмованих параметрів при зварюванні ЖТ до блоку живлення, високочастотного генератора та блоку керування комутатором.

Високочастотний комутатор дозволяє одночасне використання двох хірургічних інструментів.

Зварювання таким приладом відбувається в 4 етапи та має початкову стадію. [12] На рис.1.5 представлені наступні залежності: зміна напруги високої частоти U , високочастотного зварювального струму I та опору зварюваної тканини R від терміну протікання процесу зварювання t , а також відображено послідовність стадій протікання процесу зварювання.

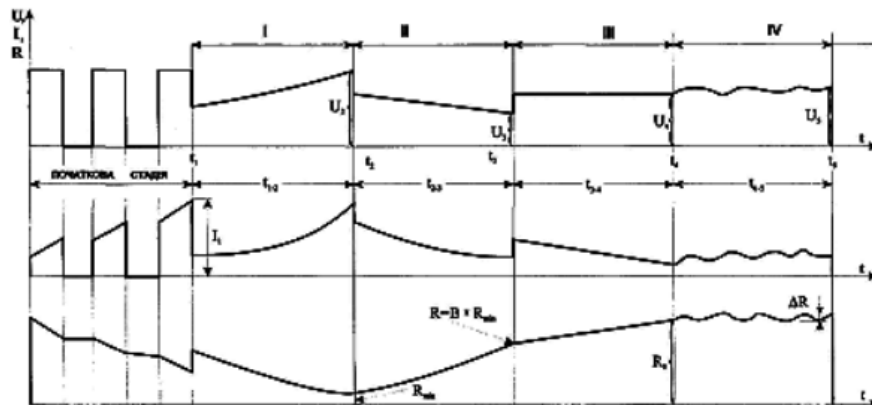


Рис.1.5 Зміна струму, напруги та опору біологічної тканини на різних етапах зварювання

Зовнішній вигляд електрокоагулятора «ЕКВЗ-300» представлений на рис.1.6.



Рис.1.6 Електрокоагулятор «ЕКВЗ-300» Патонмед

									Арк.
									14
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата	ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ				

Основні характеристики електрокоагулятора «ЕКВЗ-300» [13]:

- Напруга змінного струму мережі живлення 220 ± 22 В.
- Частота змінного струму мережі живлення $50\pm 0,5$ Гц.
- Потужність споживання від мережі, не більше 600 ВА.
- Частота вихідного струму електрокоагулятора - 440 ± 44 кГц.
- Час безперервної роботи, не більше – 8 годин.
- Розміри, не більше $440\times 450\times 170$ мм.
- Вихідна потужність, не більше, в режимах роботи:
 - Різання(навантаження 100 Ом) – 300 Вт.
 - Зварювання ручне(навантаження 20 Ом) – 200 Вт.
 - Зварювання автоматичне(навантаження 20 Ом) – 200 Вт.
 - Зварювання автоматичне з налаштуванням(навантаження 20 Ом) – 200 Вт.

В США проводилася експертиза обладнання Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона для зварювання кровоносних судин. Експерименти проводилися на свинях. В результаті середня міцність судин в сім разів перебільшувала нормальний тиск і складала 940 ± 84 мм. рт. ст. [3]

На основі ЕКВЗ-300 були розроблені мобільні системи ЕКВЗ-300М(рис.1.7) і ЕКВЗ-300МДУ(рис.1.8).



Рис.1.7 Фото апарату ЕКВЗ-300М

									Арк.
									15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ</i>				



Рис.1.8 Фото апарату ЕКВ3-300МДУ

1.3 Джерело живлення

Сучасний світ не уявити без електроніки, зараз електронні прилади та пристрої використовуються в кожній сфері людського життя в тому чи іншому вигляді. При цьому всередині майже кожного приладу є перетворювач електроенергії, яке забезпечує основну схему необхідними параметрами(напруги, струму і т.і.). Від надійності та якості цих приладів можуть залежати людські життя, наприклад в медичних апаратах .

Перетворювачі електроенергії змінюють електричні параметри, які отримують на вході на ті, які потрібні на виході. Перетворювачі бувають різні і виконують різні функції наприклад: перетворюють змінну напругу в постійну чи навпаки, змінюють її значення, змінюють форму цієї напруги.

Одним із видів перетворювачів є джерела живлення, які отримують електроенергію від мережі, випрямляють її, стабілізують та найчастіше понижують напругу.

Джерела живлення бувають різні основні два види це:

- Лінійні
- Імпульсні

Лінійні джерела живлення отримують енергію з мережі, ця енергія попадає на трансформатор, який змінює напругу(підвищує або понижує). Потім змінена напруга йде на випрямляч і після випрямляча на згладжувальний

									ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						16

фільтр зі стабілізатором. Структурна схема лінійного джерела живлення представлена на рис.1.9.

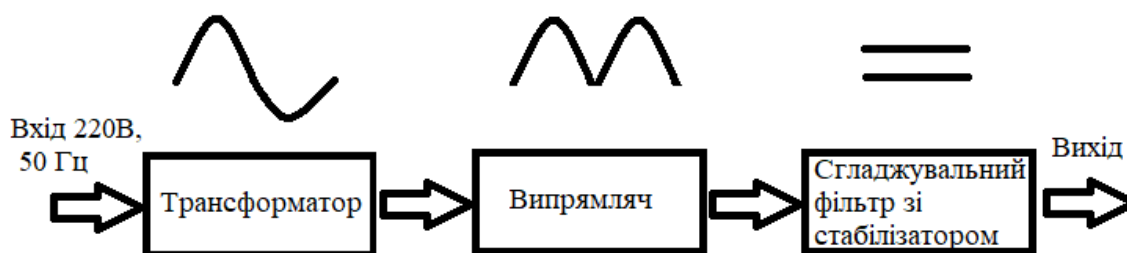


Рис.1.9 Структурна схема лінійного джерела живлення

Але лінійні джерела живлення мають недоліки:

- Мають КПД до 50%
- Великі габарити та вагу
- Проблеми з нагрівом деталей

Причина цих недоліків в основному через використання низькочастотних трансформаторів, тому що вони мають великі габарити та вагу і витрачають значну частину потужності на електромагнітні перетворення і нагрів.

В той час, як у імпульсних джерел живлення відсутні такі недоліки. Вони швидко ідуть на заміну лінійним джерелам живлення. Причиною цього є висока продуктивність, поліпшена стабілізація напруги та малі габарити. Але більшість схем імпульсних джерел живлення складні в збірці і налаштуванні.

Основними перевагами імпульсних джерел живлення є:

- Високий КПД;
- Малі габарити і маса;
- Висока питома потужність;

Це стало можливим через використання ключового режиму роботи силових елементів. Через те, що в ключовому режимі робоча точка більше часу знаходиться в області відсічки або насичення ВАХ, а зону активного режиму проходить з високою швидкістю за короткий час переключення, втрати на транзисторі виявляються достатньо малими. Середня за період комутації

						ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			17

потужність, що розсіюється на транзисторі, виявляється набагато менше, ніж в лінійних регуляторах. [14]

Причиною покращення масогабаритних характеристик імпульсних джерел живлення є те, що в схемі відсутній силовий трансформатор, який працює на частоті 50 Гц. Замість нього в схемі використовується високочастотний трансформатор чи дросель, їх габарити набагато менші, ніж низькочастотного силового трансформатору.

Але попри всі свої переваги імпульсні джерела живлення мають і недоліки:

- Складність схеми
- Наявність високочастотних шумів та завад
- Збільшена пульсація вихідної напруги
- Більший час виходу на робочий режим

Структурна схема нерегульованого імпульсного джерела живлення наведена на рис.1.10.

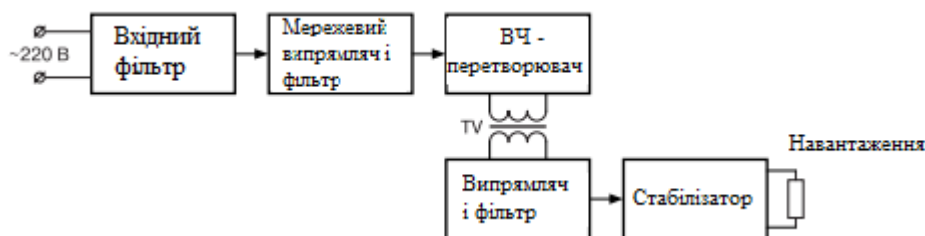


Рис.1.10. Структурна схема нерегульованого імпульсного джерела живлення

Основними вузлами первинного ланцюга є:

- Вхідний фільтр
- Випрямляч напруги мережі
- ВЧ перетворювач з трансформатором

Таблиця з характеристиками ККД, питомої потужності, часом утримання вихідної напруги, нестабільністю по напрузі(струму), напругою пульсацій та часом наростання перехідної характеристики для лінійного та імпульсного ДЖ(табл.1.1).

					<i>ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		18

Порівняльна характеристика лінійного та імпульсного джерел живлень

Характеристика	Лінійний	Імпульсний
ККД, %	30-50	70-80
Питома потужність, Вт/дм	30-40	140-220
Час утримання вихідної напруги, мс	2-3	20-30
Нестабільність по напрузі, %	0,01-0,1	0,05-0,1
Нестабільність по струму, %	0,02-0,1	0,1-0,5
Напруга пульсацій, мВ	2-5	20-30
Час наростання перехідної характеристики, мкс	20-50	100-500

Аналізуючи дані з табл.1.1 можна зробити висновки, що КПД імпульсних джерел живлення більше в 2 рази, ніж у лінійних, а питома потужність в 4 рази. Також імпульсні джерела живлення мають більший час утримання вихідної напруги при відключення живлення мережі. Причиною цього є використання конденсаторів з великою ємністю та високою робочою напругою. [14]

В імпульсних джерелах живлення необхідно використовувати фільтри.

Необхідність використання вхідного фільтру обумовлена такими факторами:

1. Цей фільтр повинен усувати різкі короточасні скачки напруги живлення і імпульсні перешкоди, які спричиняються роботою імпульсних приладів(ВЧ перешкоди) або виникаючі в результаті підключення чи відключення від мережі суміжних навантажень.
2. Фільтр повинен усувати перешкоди, які проникають в мережу від імпульсного джерела живлення.

ВЧ трансформатори, які використовуються в імпульсних джерелах живлення - це перетворювачі імпульсних коливань з половою частот мегагерци. Також передача енергії трансформатором має двосторонній характер. Тобто

						ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			19

завади можуть передаватися від навантаження через перетворювач до мережі. А так як в джерелах живлення найчастіше використовуються понижуючі трансформатори, то в зворотньому напрямку він буде працювати як підвищувальний трансформатор і буде підвищувати завади.

В імпульсному джерелі живлення використовується каскад ВЧ перетворювача автогенераторного типу, режим автоколивань, якого визначається тільки номіналами його елементів і ніяк не регулюється. Ще одним недоліком може бути висока чутливість автогенераторів, суміщених з силовим каскадом блоку живлення, до величини навантаження.

Регульоване імпульсне ДЖ не має таких недоліків. Структурна схема регульованого імпульсного джерела живлення наведена на рис.1.11.

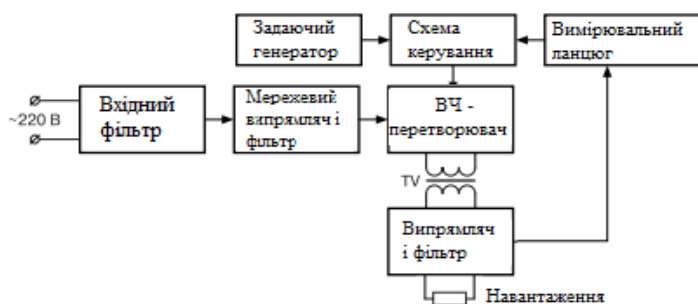


Рис.1.11 Структурна схема регульованого імпульсного джерела живлення

Ця схема виконує дві функції – перетворення та стабілізацію напруги. Принципові відмінності регульованого і нерегульованого імпульсного джерела живлення:

- Відсутній стабілізатор вторинної напруги
- Додані вимірний ланцюг, схема керування і задаючий генератор
- Змінні функції каскаду ВЧ перетворювача

Силовий каскад працює в режимі підсилення потужності коливань, які надходять зі схеми керування. Його навантаженням є ВЧ трансформатор.

Схема керування включає в себе широтно-імпульсний модулятор і повністю визначає режим роботи підсилювача потужності. Вихідна напруга керуючої схеми має форму прямокутних імпульсів. Керуючи тривалістю паузи

						ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Адж
Змн.	Адж.	№ док.	Підпис	Дата			20

між цими імпульсами можна регулювати енергією, яка попадає на вторинний ланцюг.

Вихідні параметри для роботи схеми керування – це сигнали помилки, які поступають від вимірювального ланцюга, в якому відбувається порівняння еталонного значення напруги з реальним значенням на навантаженні. По сигналу помилки схема керування змінює тривалість паузи між імпульсами в сторону її збільшення або зменшення в залежності від зміни реального значення напруги від номінального.

Зараз в коагуляторах для зварювання ЖТ застосовуються імпульсні джерела живлення з імпедансом живої тканини в якості зворотнього зв'язку. [15] Але не абсолютне його значення, а характер його зміни і відносне значення, що є часткою від ділення поточного значення імпедансу на його мінімальне значення.

Кращим способом контролю вихідної потужності буде температура тканини в якості зворотнього зв'язку. Так як під час зварювання імпеданс живої тканини змінюється, то потужність, яка необхідна для нагрівання тканини до необхідної температури теж буде змінюватися.

Система керування відслідковує температуру на навантаженні(живій тканині). При збільшенні температури потужність зменшується, а при зменшенні температури – збільшується. Зміну потужності можна зробити за допомогою зміни вихідної напруги, так як $P = U^2/R$, де P – потужність, що виділяється на тканині, U – вихідна напруга, R – опір тканини.

Контроль та керування буде забезпечувати необхідні умови зварювання для кожного виду живої тканини і при цьому буде гарантовано утворюватися зварне з'єднання і не буде відбуватися перекоагуляція. Також такий контроль є критичним при операціях на серці. [16]

									ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Адж.
Змн.	Адж.	№ докum.	Підпис	Дата						21

1.4 Висновки за розділом

В цьому розділі було розглянуто зварювання ЖТ, його переваги над минулими способами з'єднань тканин, еквівалентні схеми та особливості зварювання ЖТ, які не мають інші види зварювання. Були розглянуті сучасні апарати для зварювання ЕКВЗ-300, ЭХВЧ-300 "Надія-4". Також були розглянуті види джерел живлення (лінійні та імпульсні).

					ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2. РОЗРОБКА ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ЖТ

2.1 Структурна схема джерела живлення

З теоретичної інформації отриманої з попереднього розділу, була створена структурна схема джерела живлення для зварювання ЖТ.

Структурна схема складається з блоків випрямляч, згладжувальний фільтр, перетворювач електроенергії(half-bridge), трансформатор, інвертор(half-bridge), зворотнього зв'язку та блоків систем керування і їх джерела живлення(рис.2.1).



Рис.2.1 Структурна схема джерела живлення для зварювання

На вхід поступає мережева напруга характеристика якої 220 В, 50 Гц та має синусоїдальну форму. Ця мережева напруга потрапляє на випрямляч після якого форма напруги змінюється та має форму, яка наведена на рис.2.2.

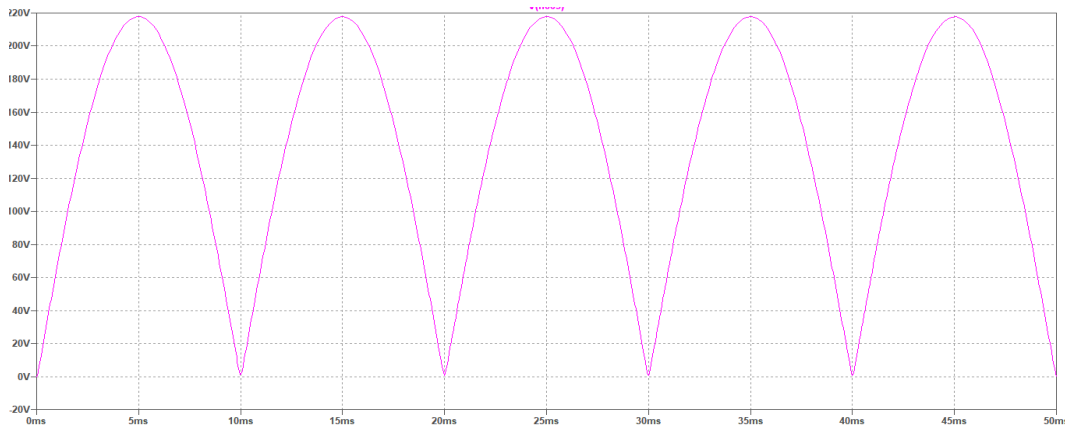


Рис.2.2 Форма напруги після випрямляча(без урахування згладжування від згладжувального фільтру)

										ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Адж.
Змн.	Адж.	№ докum.	Підпис	Дата							23

Після згладжувального фільтра ця напруга стає постійною(рис.2.3) та йде на перетворювач електроенергії за допомогою системи керування(рис.2.4) напруга на виході перетворювача стає прямокутною та має високу частоту.

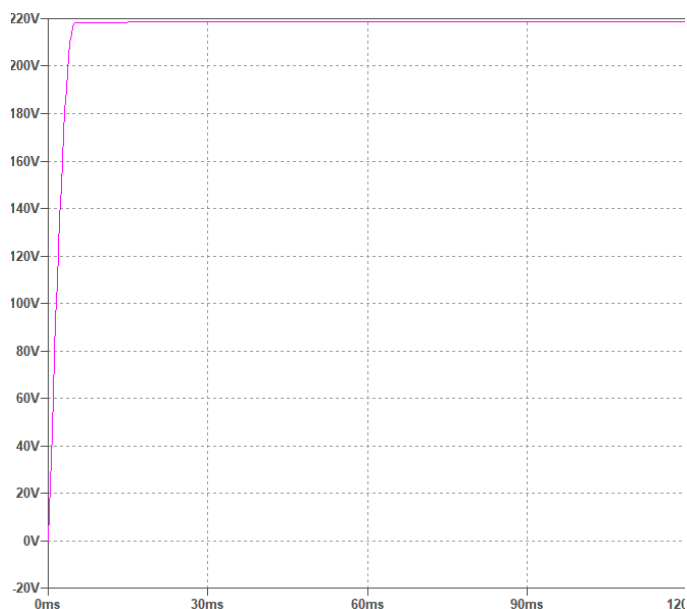


Рис.2.3 Напруга на згладжувальному фільтрі

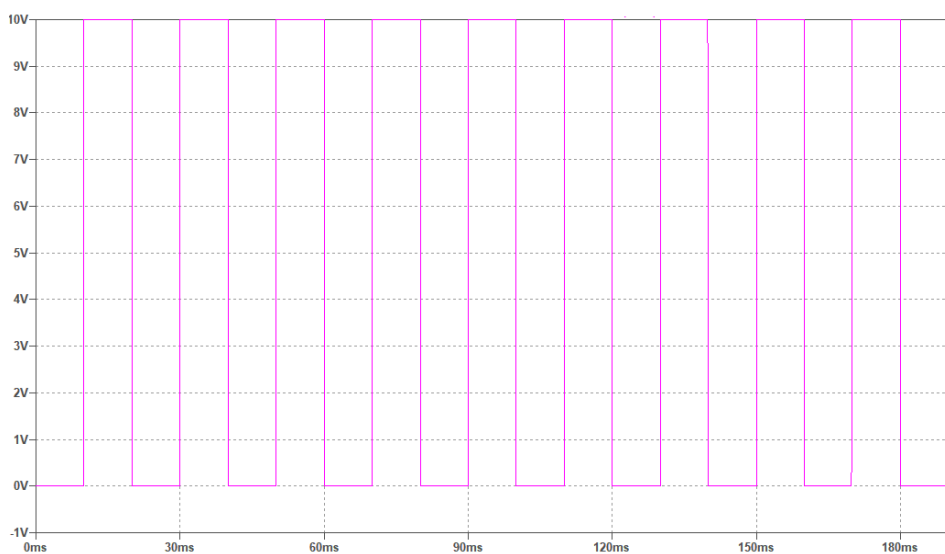


Рис.2.4 Форма керуючих імпульсів

Далі ця напруга потрапляє на трансформатор на якому змінює свою амплітуду, знову згладжується. Постійна напруга потрапляє на DC-DC перетворювач на якому ця напруга перетворюється в постійну напругу іншої величини.

					ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Адк.
Змн.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дата		24

В цьому підрозділі була створена структурна схема джерела живлення. Були описані її блоки та як вони взаємодіють між собою та деякі часові діаграми.

2.2 Види перетворювачів електроенергії

Існують різні види перетворювачів електроенергії наприклад з трансформатором та без. Без трансформаторні види поділяються на понижуючі, інвертуючі та підвищуючі. Та трансформаторні прямоходові, обратногоходові, пушпульні, напівмостові та мостові.

Понижуючий безтрансформаторний використовується для зниження постійної напруги з мінімальними втратами та отримання стабільної напруги на виході використовує такий підхід. Постійна напруга перетворюється в імпульси змінної шпаруватості. Далі ці імпульси пропускають через котушку індуктивності. Енергії накоплюється в конденсаторі. Зворотній зв'язок сліdkує за стабільністю вихідної напруги і регулює шпаруватість імпульсів. [17]

Інвертуючий перетворювач застосовується коли потрібна напруга протилежна за знаком до вхідної. Схема схожа з понижуючим перетворювачем, але відрізняються схема включення індуктора, діода та конденсатора.

Повищуючий перетворювач застосовується коли потрібна напруга більше, ніж напруга живлення. Принцип роботи схожий з понижуючим трансформаторов, але в схемі по іншому включаються індуктор, діод та конденсатор.

В напівмостовій схемі(рис.2.4) [18] за допомогою конденсаторів С1, С2 створюється квазісередня точка джерела живлення. Робота схеми заснована на попеременном пропусканні струму через верхнє та нижнє плече. При цьому через первинну обмотку трансформатору проходить симетричний струм.

									ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата						25

В цьому підрозділі були розглянуті деякі види перетворювачів електроенергії, які можуть застосовуватися в джерелі живлення для зварювання ЖТ.

2.3 Принципова схема джерела живлення

Використовуючи структурну схему з розділу 2.1 та інформацію з розділу 2.2 було створено принципову схему джерела живлення(рис.2.5).

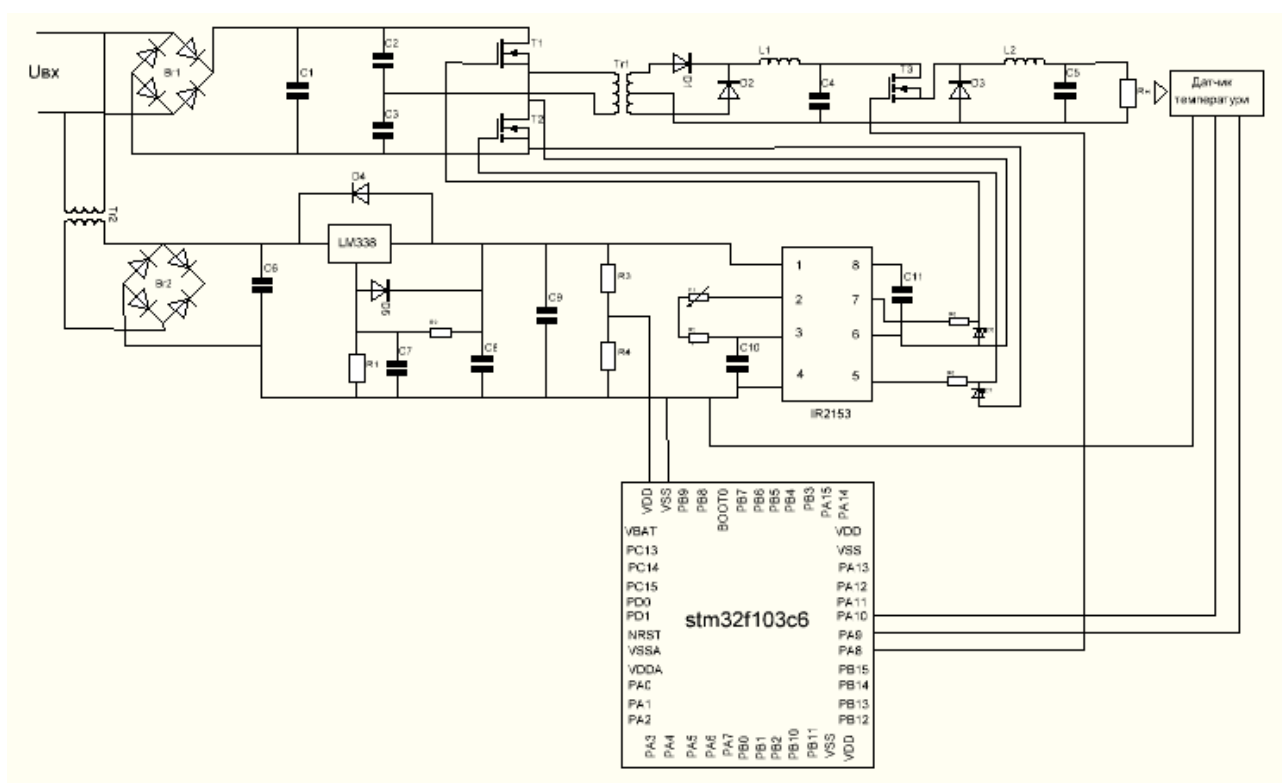


Рис.2.5 Принципова схема джерела живлення

Мережева напруга потрапляє на діодний міст(Br1) після якого вона випрямляється і на конденсаторі(C1) згладжується. Далі постійна напруга потрапляє на перетворювач електроенергії, що складається з конденсаторів C2-C3 та транзисторів T1-T2.

Транзистори T1-T2 відкриваються при умові прикладання до них прямої напруги. При відкритті транзистору T1 струм протікає через T1 та конденсатор C3. При відкритті транзистору T2 струм протікає через конденсатор C2 та T2.

						ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			27

На ВЧ трансформаторі Tr1 напруга понижується та на діодах(D1-D2) випрямляється, а на котушці(L1) і конденсаторі(C4) згладжується.

Постійна напруга потрапляє на DC-DC перетворювач, який за допомогою системи керування може змінювати напругу на навантаженні від 0 до напруги живлення транзистору(T3).

Перетворення постійного струму в постійний здійснюється для покращення якості електроенергії джерела постійного струму. Одночасно з цим можуть вирішуватися завдання узгодження рівнів напруг джерела і споживачів та забезпечення гальванічної розв'язки. В більшості випадків перетворювачі постійного струму в постійний використовуються, як регулятори постійного струму. [19]

В цій схемі використовуються два перетворювача електроенергії: перший елементи якого конденсатори C2-C4, транзистори T1-T2, трансформатор Tr1, діоди D1-D2, котушка L1; другий елементи якого транзистор T3, діод D3, котушка L2, конденсатор C5.

Завданням першого перетворювача є забезпечення живлення для другого перетворювача та створення гальванічної розв'язки. Перший перетворювач керується за допомогою ШІМ та забезпечує постійне значення напруги на його виході.

Завданням другого перетворювача створення необхідного значення напруги для зварювання ЖТ. Цей перетворювач також керується за допомогою ШІМ, але у відмінності від першого, який забезпечує постійне значення напруги, другий може змінювати напругу в широкому діапазоні для забезпечення необхідної потужності для утворення зварного з'єднання.

На трансформаторі Tr2 зменшується вхідна напруга, яка потім випрямляється на діодному місті Br2. Далі випрямлена напруга потрапляє на згладжувальний конденсатор C6 та LM338. LM338 забезпечує необхідну напругу для живлення мікроконтролера stm32f103c6 та мікросхеми ir2153.

Мікросхема ir2153 забезпечує прямокутні керуючі імпульси, які потрапляють на транзистори T1, T2.

									Арк.
									28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ				

Мікроконтролер stm32f103с6 використовується для забезпечення ШІМ керування транзистору Т3. За допомогою датчику температури забезпечується зворотній зв'язок вихідної потужності.

Найбільш поширеним способом керування перетворювачів електроенергії є ШІМ. З джерела [20] ШІМ – процес управління потужністю методом пульсуючого включення та виключення споживача енергії. Розрізняють аналогову ШІМ, цифрову ШІМ, двухрівневу ШІМ і трьохрівневу ШІМ.

Основною причиною використання ШІМ є бажання збільшити ККД при побудові вторинних джерел живлення електронної апаратури і в інших вузлах.

В ШІМ в якості ключових елементів використовуються [20] транзистори, які працюють не в лінійному, а ключовому режимі, тобто транзистор або весь час розімкнений(виключений), або зімкнутий(знаходиться в стані насичення). В першому випадку транзистор має дуже високий опір, тому струм в ланцюгу дуже малий, хоча вся напруга живлення падає на транзисторі, виділяема потужність на транзисторі дуже мала. В другому випадку опір транзистора дуже малий, тому падіння напруги на ньому близьиться до нуля і виділяема потужність також мала. В перехідних станах(перехід ключа з одного стану в інший) потужність, що виділяється на ключовому елементі, значна, але так як тривалість перехідних станів мала в порівнянні з періодом модуляції, то середня потужність втрат виявляється незначною.

В цьому підрозділі була розроблена принципова схема джерела живлення для зварювання. Також було описано призначення кожного елемента, загальний принцип дії приладу та ШІМ.

2.4 Висновки за розділом

В цьому розділі були створена структурна схема джерела живлення. Були розглянуті деякі схеми перетворювачів електроенергії, які можуть застосуватися в цьому джерелі. Використовуючи структурну схему та розглянуті схеми перетворювачів електроенергії була створена принципова

									Арк.
									29
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ				

схема. В цій схемі було описано призначення кожного елемента та загальний принцип дії приладу.

					<i>ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>30</i>

3. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СХЕМИ

3.1 Розрахунок основних параметрів

Схема джерела живлення для розрахунків наведена на рис.3.1.

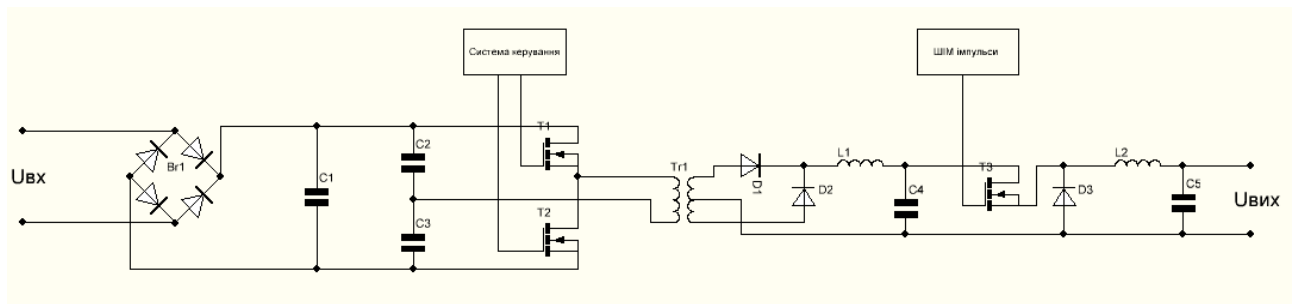


Рис.3.1 Схема джерела живлення для розрахунків

Параметри схеми:

- $U_{вх}$ 220 В/50 Гц;
- $U_{вих}$ 200В;
- Коефіцієнт заповнення ШІМ λ від 0,05 до 0,95;

Амплітудне значення вхідної напруги:

$$U_m \equiv U_d \cdot \sqrt{2}.$$

де U_m – амплітудна напруга, U_d – діюча напруга

$$U_m \equiv 220 \cdot \sqrt{2} = 310 \text{ В.}$$

Розраховуємо згладжувальний конденсатор $C1$. Опір конденсатору повинен бути значно менше опору навантаження. Розрахуємо згладжувальний конденсатор для опору навантаження 50 Ом. Формула опору конденсатору:

$$X_c = \frac{1}{m \cdot w \cdot C}.$$

З попередньої формули виражаємо С.

$$C = \frac{1}{m \cdot w \cdot X_c},$$

де – С ємність конденсатору, m – для двохперіодної схеми 2, w – циклічна частота, X_c – опір конденсатору.

При опорі навантаження 50 Ом опір конденсатору повинен бути 5 Ом та менше. Розрахуємо ємність конденсатору при опорі конденсатора 5 Ом. Частота мережі 50 Гц.

$$C = \frac{1}{2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 5} = 0,000318 \text{ Ф} = 318 \text{ мкФ}.$$

Отже, при опорі навантаження в 50 Ом ємність згладжувального конденсатору С1 повинна бути не менше 318 мкФ.

Розрахуємо ємнісний дільник напруги конденсатори С2, С3.

$$U_1 = \frac{U_{\text{жив}} \cdot C_1}{C_1 + C_2},$$

$$U_2 = \frac{U_{\text{жив}} \cdot C_2}{C_1 + C_2},$$

де U_{жив} – напруга живлення, С1 та С2 – ємності конденсаторів С1 та С2 відповідно.

При однакових значеннях ємності С1 та С2 падіння напруги буде однаковим на цих конденсаторах, тому при С1 = С2 та U_{жив} = 310В:

$$U_{1,2} = \frac{U_{\text{жив}}}{2} = \frac{310}{2} = 155 \text{ В}.$$

									Адк.
Змн.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дата	ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ				32

Напруга на первинній обмотці трансформатора буде складати 310 В. А на вторинній обмотці буде залежати від коефіцієнта трансформації трансформатора.

$$k_T = \frac{U_{п.об}}{U_{вт.об}},$$

де k_T – коефіцієнт трансформації трансформатора, $U_{п.об}$ – напруга на первинній обмотці, $U_{вт.об}$ – напруга на вторинній обмотці.

Так як в схемі використовується трансформатор з нульовим виводом, то на вторинній обмотці три виводи: на першому та другому в протифазі виділяється половина від напруги живлення, тобто 155 В(за умови $k_T = 1$), а на третьому знаходиться нульовий вивід.

Трансформатор повинен бути підвищуючим, щоб задовольняти технічному завданню. Тому на першому та другому виводу вторинної обмотки трансформатора повинно бути хоча б по 200 В. Вирахуємо який коефіцієнт трансформації має бути в трансформатору. Беремо два виводи по 220 В.

$$k_T = \frac{310}{440} = 0,7.$$

Тобто, для отримання необхідних параметрів на виході 200 В при напрузі живлення 310 В необхідно використовувати високочастотний трансформатор з коефіцієнтом трансформації 0,7.

При напрузі сток-виток на транзисторі ТЗ в 200В змінюючи коефіцієнт заповнення ШІМ λ від 0,05 до 0,95, можна керувати часом відкриття транзистору ТЗ. Напруга на витоку транзистору буде змінюватися від:

$$U_B = U_{ТЗ} \cdot \lambda$$

де U_B - напруга на витоку транзистору, $U_{ТЗ}$ – напруга між стоком та витоком, λ - коефіцієнт заповнення.

$$U_{B \min} = 200 \cdot 0,05 = 10 \text{ В},$$

					<i>ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		33

$$U_{B \max} = 200 \cdot 0,95 = 190 \text{ В.}$$

На навантаження буде утворюватися напруга залежно від коефіцієнта заповнення і може регулюватися приблизно від 10 до 190 В, якщо не враховувати падіння напруги на силових та згладжувальних елементах.

В цьому розділі були проведені розрахунки основних параметрів схеми. Був розрахований діапазон зміни напруги на навантаженні.

3.2 Вибір елементів

Використовуючи дані з попереднього підрозділу можна вибрати елементи для джерела живлення.

Як силові ключі (Т1, Т2) будуть використовуватися н-канальні польові транзистори R6020PNJ.

З даташиту[]:

- напруга сток-виток максимальна 600 В;
- опір транзистору у відкритому стані 0,25 Ом;
- максимальний струм 20 А;
- напруга затвор-виток 30 В;

Як силовий ключ (Т3) буде використовуватися н-канальний польовий транзистор IPP600N25N3.

З даташиту[]:

- напруга сток-виток максимальна 250 В;
- опір транзистору у відкритому стані 0,06 Ом;
- максимальний струм 25 А;
- напруга затвор-виток 20 В;

Конденсатори повинні вибиратись з урахуванням максимальної напруги, яка буде до них прикладена:

- Конденсатор С1 повинен бути не менше 400 В, 470 мкФ;
- С2-С3 не менше 200 В, 1500 мкФ;

					<i>ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ</i>	<i>Адж.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Адж.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		34

- С4, С5 не менше 250 В, 1500 мкФ;

Діоди D1-D3 повині бути не менше 250 В.

Котушки індуктивності L1-L2 39 мГн.

В цьому підрозділі були вибрані силові елементи. Та номінали конденсаторів, котушок індуктивності та діодів при яких вони не мають вийти з ладу.

3.3 Висновки за розділом

В цьому розділі були розраховані деякі основні параметри джерела живлення для зварювання. Був розрахований діапазон напруг, який можна отримати для такої схеми. Також були вибрані елементи та їх номінали для цієї схеми.

					<i>ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		35

4. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ

4.1 Вибір програмного забезпечення для моделювання електричних схем

Щоб дослідити роботу джерела живлення потрібно промоделювати його в спеціалізованому програмному забезпеченні. Кількість середовищ в яких можна провести моделювання електричних схем дуже велика. Тому потрібно визначити, які можливості потрібні бути в цих програмах для можливості моделювання імпульсного джерела живлення для зварювання ЖТ.

Основні вимоги:

1. Можливість моделювання аналогових та цифрових пристроїв.
2. Програма повинна бути безкоштовною.

Були розглянуті такі програми для моделювання Matlab пакет Simulink, Proteus Design Suit, Multisim. Але хоч вони й потужні програми для моделювання вони не задовольняють основним вимогам. Тому була вибрана програма LTspice XVII.

LTspice - це комп'ютерне програмне забезпечення для аналогових електронних схем, засноване на SPICE, вироблене виробником напівпровідників Analog Devices (спочатку Linear Technology). [21]

SPICE ("Імітаційна програма з інтегральною схемою") - це загальноприйнятий аналоговий симулятор з відкритим кодом. Це програма, що використовується в проектуванні інтегральних мікросхем та плат для перевірки цілісності конструкцій схем та прогнозування поведінки ланцюга. [22]

Це найбільш широко розповсюджене та використовуване програмне забезпечення SPICE у галузі. Хоча це безкоштовна програма, LTspice не обмежує свої можливості (без обмежень функцій, обмежень вузлів, обмежень компонентів).

LTspice забезпечує схематичне захоплення для введення електронної схеми електронної схеми, вдосконаленого аналогового імітатора електронних

									ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						36

Використовуючи розраховані дані з розділу 3 задаємо параметри джерела живлення V1(Рис.4.2). Вибираємо синусоїдальну форму напруги. В полі «Amplitude» задаємо амплітудне значення 310 В. В полі «Freq» задаємо частоту 50 Гц.

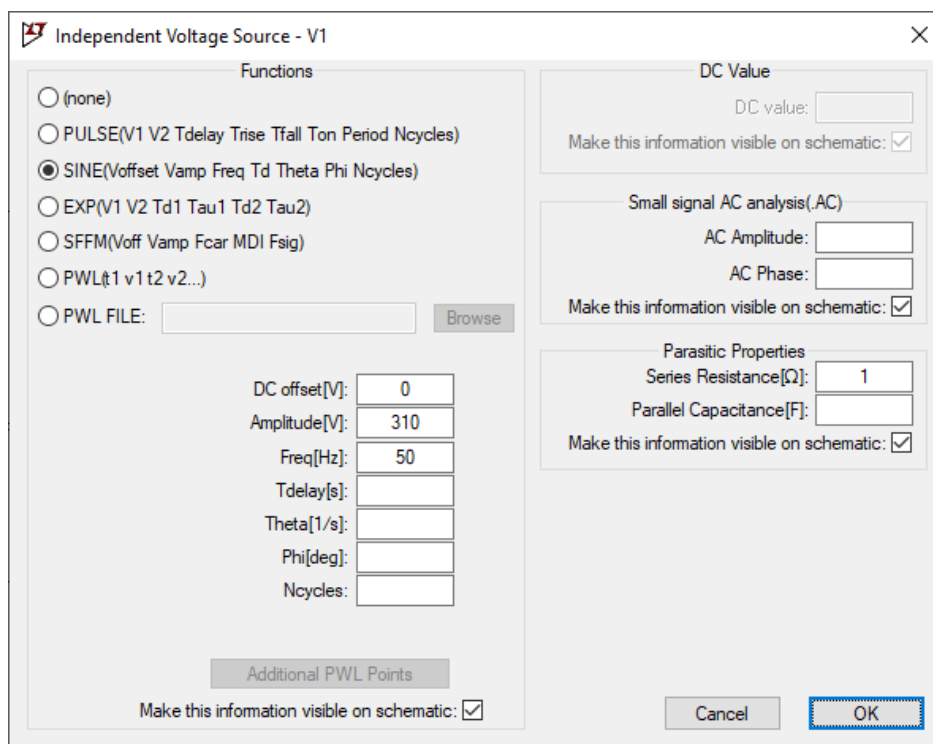


Рис.4.2. Параметри джерела живлення V1

Вибираємо діоди D1-D4 для діодного мосту. Вікно вибору діоду наведена на рис.4.3.

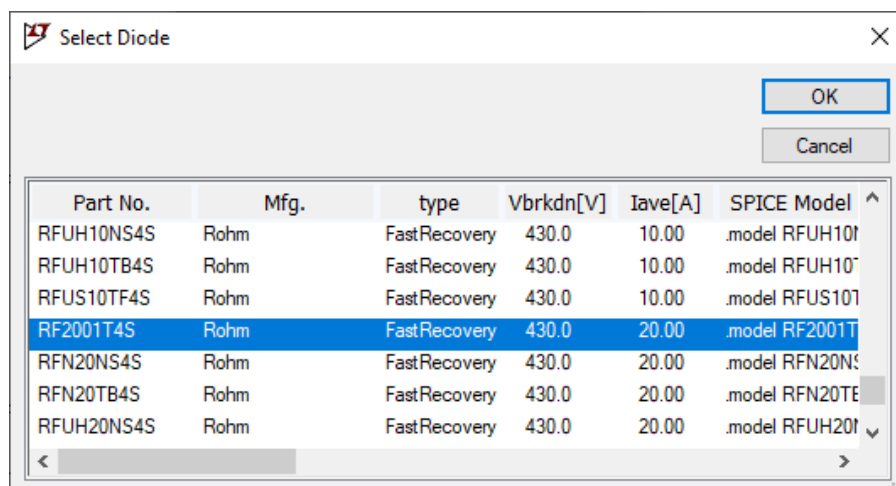


Рис.4.3. Вікно вибору діоду

Вибираємо конденсатори для схеми згідно з розділом 3. С1 – 470 мкФ 400 В; С2-С3 1500 мкФ, 200 В; С4, С5 1500 мкФ, 250 В. Вікно вибору конденсатору наведено на рис.4.4.

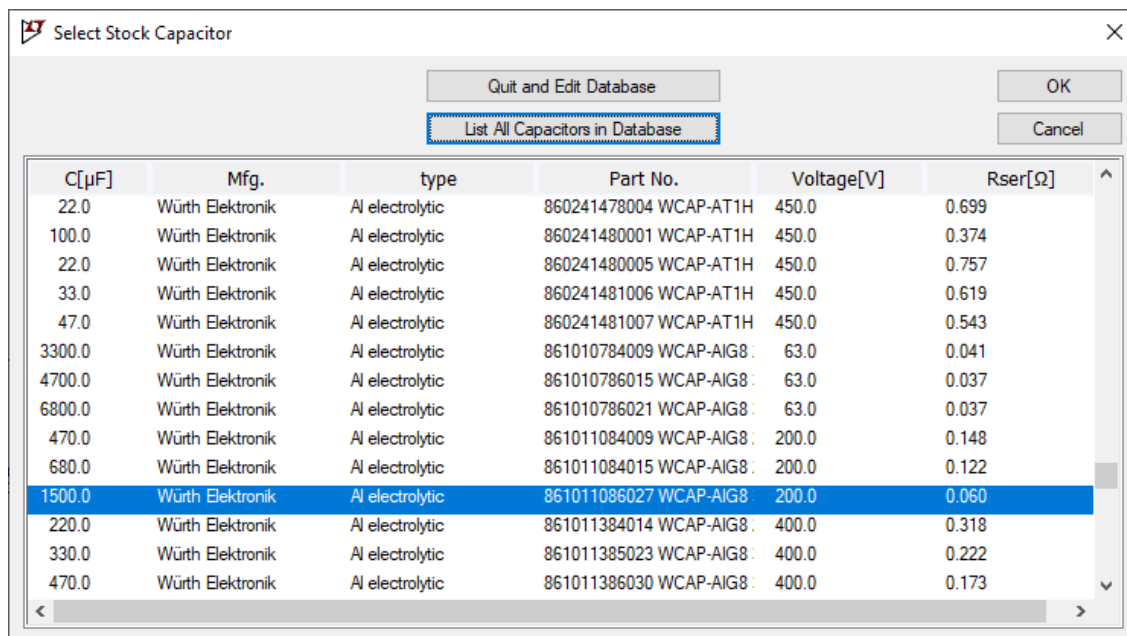


Рис.4.4 Вікно вибору конденсатору

Вибираємо польові n - каналні транзистори R6020PNJ. Транзистори мають такі характеристики. Вікно з характеристиками транзистору R6020PNJ наведено на рис.4.5

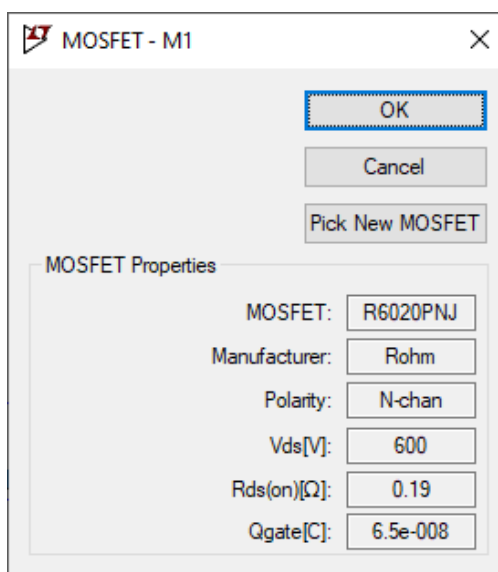


Рис.4.5 Характеристики транзистору R6020PNJ

Розраховуємо параметри для джерел напруги V2, V3. При частоті керуючих імпульсів в 40 кГц. Період буде складати:

$$T_i = \frac{1}{f_{\text{кер.і}}},$$

де T_i – період керуючих імпульсів, $f_{\text{кер.і}}$ – частота керуючих імпульсів.

$$T_i = \frac{1}{40000} = 0,000025 = 25 \text{ мкс.}$$

Половина від періоду керування, це час коли транзистор перебуває у відкритому стані. Але потрібно ще передбачити «мертвий час», щоб на транзисторах відбулися всі перехідні процеси пов'язані з паразитними ємностями та індуктивностями.

Задаємо джерелам напруги V2, V3(рис.4.6) такі параметри:

- Максимальна напруга 10 В
- Час підтримання максимальної напруги 12,3 мкс
- Період 25 мкс

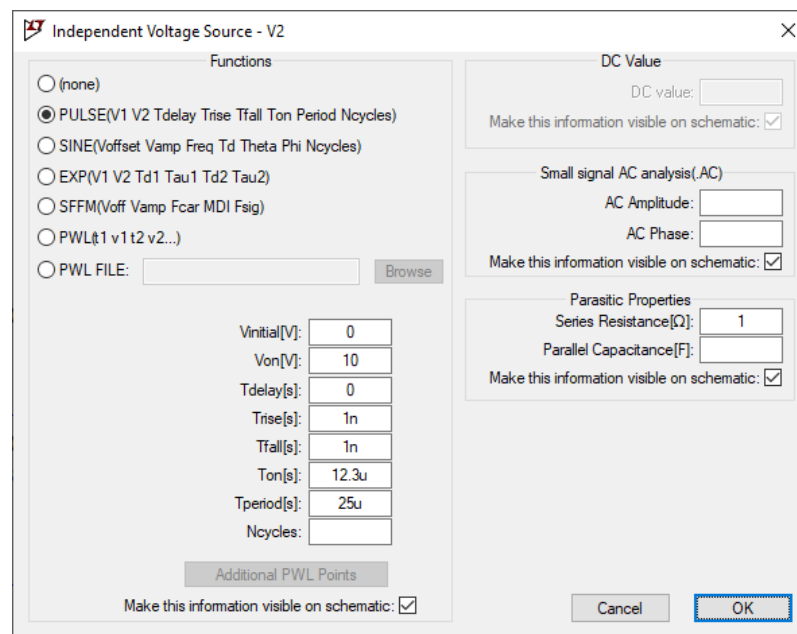


Рис.4.6 Параметри джерела напруги V2

									Джк	
Змн.	Джк.	№ докum.	Підпис	Дата	ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ					40

Для створення трансформатору в LTspice необхідно додати індуктивності та у вікні «SPICE directive» написати «K L1 L2 L3 1». Цей запис означає створення трансформатору зі зв'язком між індуктивностями L1, L2, L3 з коефіцієнтом трансформації рівній одиниці. Хоч при записі було задано коефіцієнтом трансформації рівній одиниці за допомогою параметрів індуктивностей можна його змінити. Вікно «SPICE directive» наведено на рис.4.7.

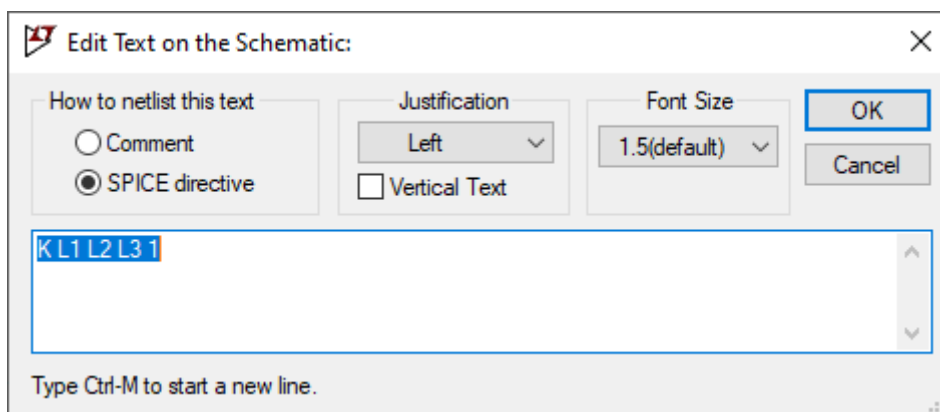


Рис.4.7 Вікно «SPICE directive»

Вибираємо котушку індуктивності L4, L5. Вікно вибору індуктивності наведено на рис.4.8.

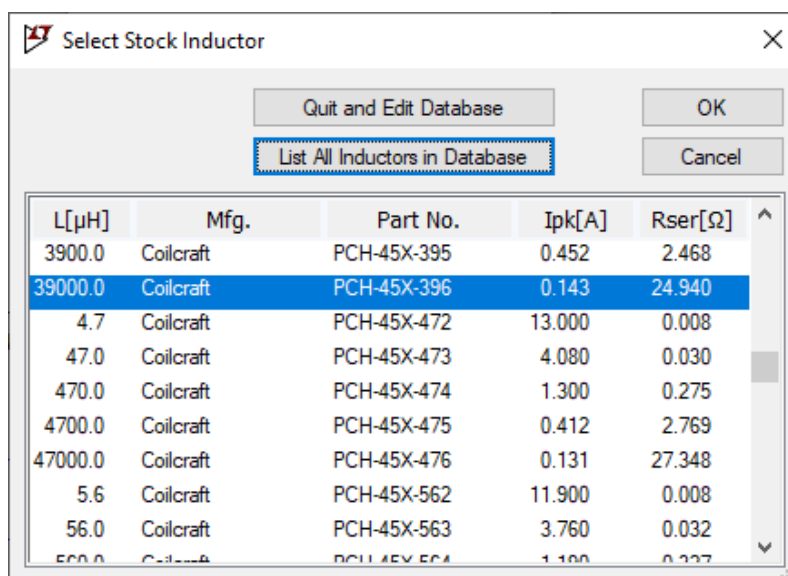


Рис.4.8 Вікно вибору індуктивності

Задаємо параметри джерела напруги V4(рис.4.9):

- Максимальна напруга 15 В
- Форма напруги пульсуюча
- Час підтримання максимальної напруги змінний
- Період 1 мс

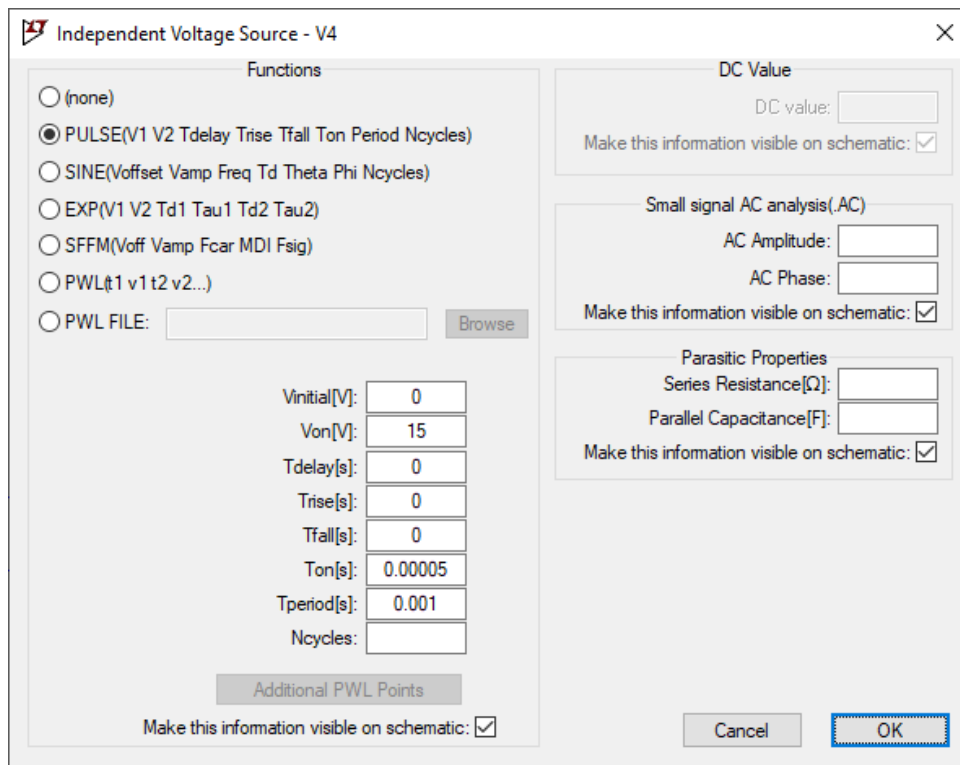


Рис.4.9 Параметри джерела напруги V4

Кінцева схема з усіма заданими параметрами наведена на рис.4.10.

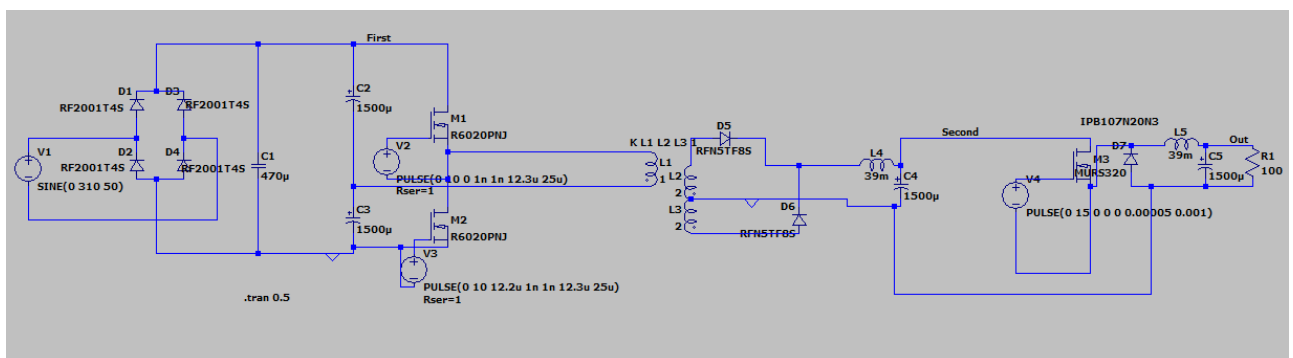


Рис.4.10 Схема для моделювання

Змн.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дата

ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ

Адк.

42

4.3 Моделювання

Виконуємо модуляцію в режимі «transient» час модуляції 20 мс. Коефіцієнт заповнення ШІМ 0,05. Форми напруги на вузлах «first», «second», «out» наведені на рис.4.11.

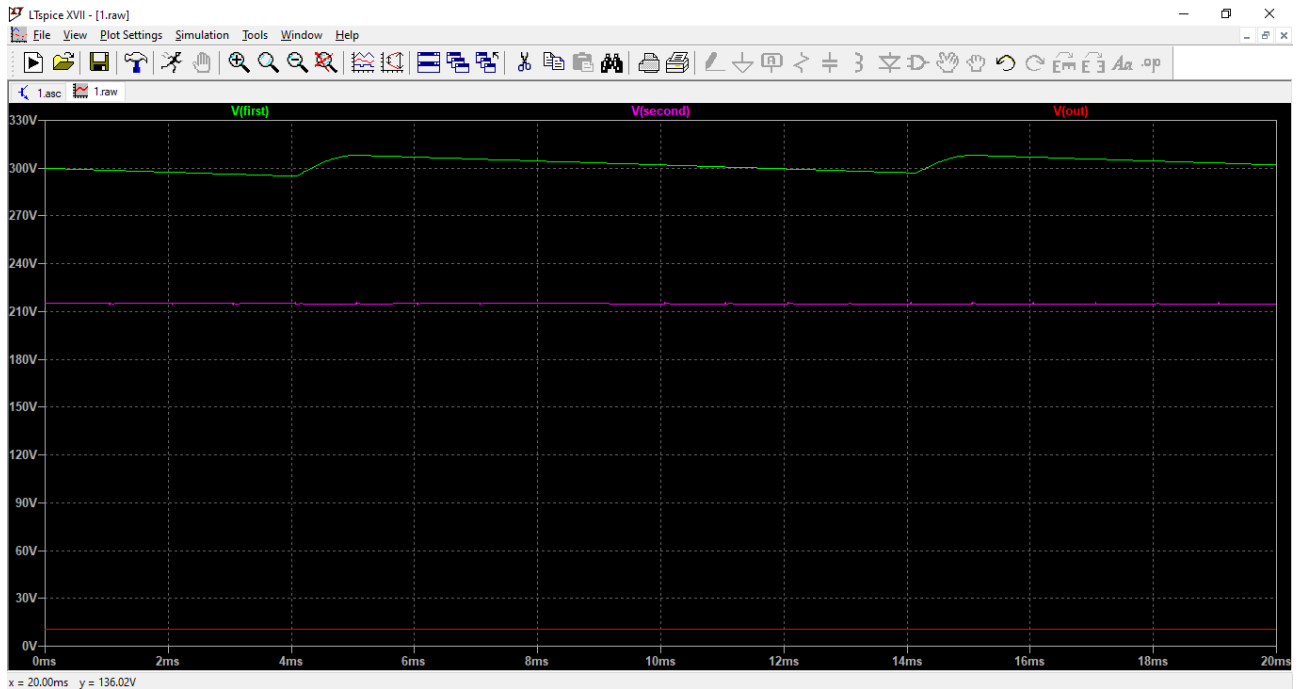


Рис.4.11. Форми напруг на вузлах

Значення середньої напруги на вузлі «first» наведена на рис.4.12.

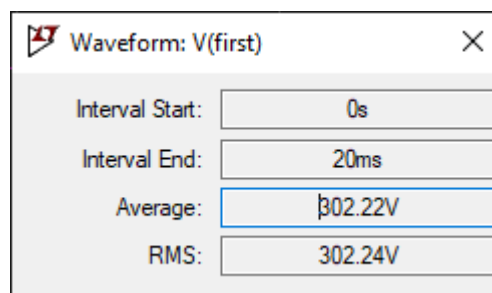


Рис.4.12. Середня напруга на вузлі «first»

Середня напруга на вузлі «first» при моделюванні складає 302,22 В. Розраховане значення складає 310 В.

									Арк.
									43
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ				

$$100\% - \frac{302,22}{310} \cdot 100\% = 2,5\%$$

Різниця між розрахованим та змодельованим значенням складає 2,5 %.

Значення середньої напруги на вузлі «second» наведена на рис.4.13.

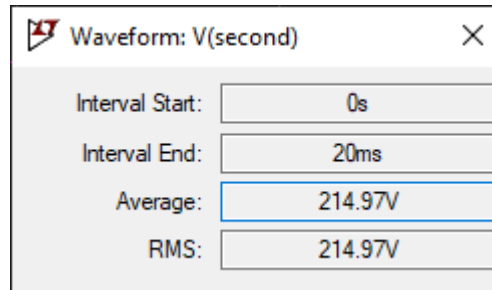


Рис.4.13. Середня напруга на вузлі «second»

Середня напруга на вузлі «second» при моделюванні складає 215 В. Розраховане значення складає 220 В.

$$100\% - \frac{215}{220} \cdot 100\% = 1,955\%$$

Різниця між розрахованим та змодельованим значенням складає 1,955 %.

Значення середньої напруги на вузлі «out» наведена на рис.4.14.

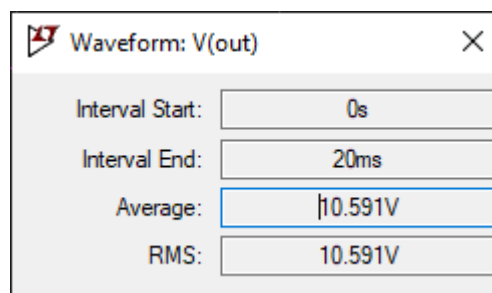


Рис.4.14. Середня напруга на вузлі «out»

Середня напруга на вузлі «out» при ШІМ 0,05 моделювання складає 10,591 В. Розраховане значення при ШІМ 0,05 складає 12 В.

$$100\% - \frac{10,591}{10} \cdot 100\% = 2,12\%$$

Різниця між розрахованим та змодельованим значенням складає 2,12 %.
 Форми імпульсів керування джерел напруг V2, V3 наведена на рис.4.15.

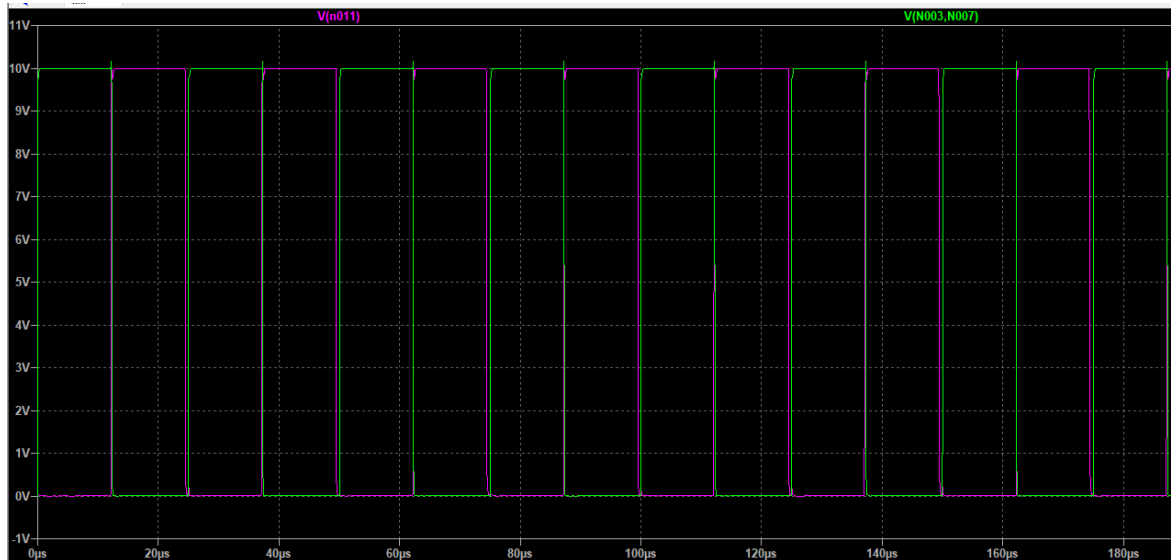


Рис.4.15 Форми імпульсів керування V2, V3

Форма напруг на первинній(зелений колір) та вторинній(розовий колір) обмотці трансформатора наведена на рис.4.16.

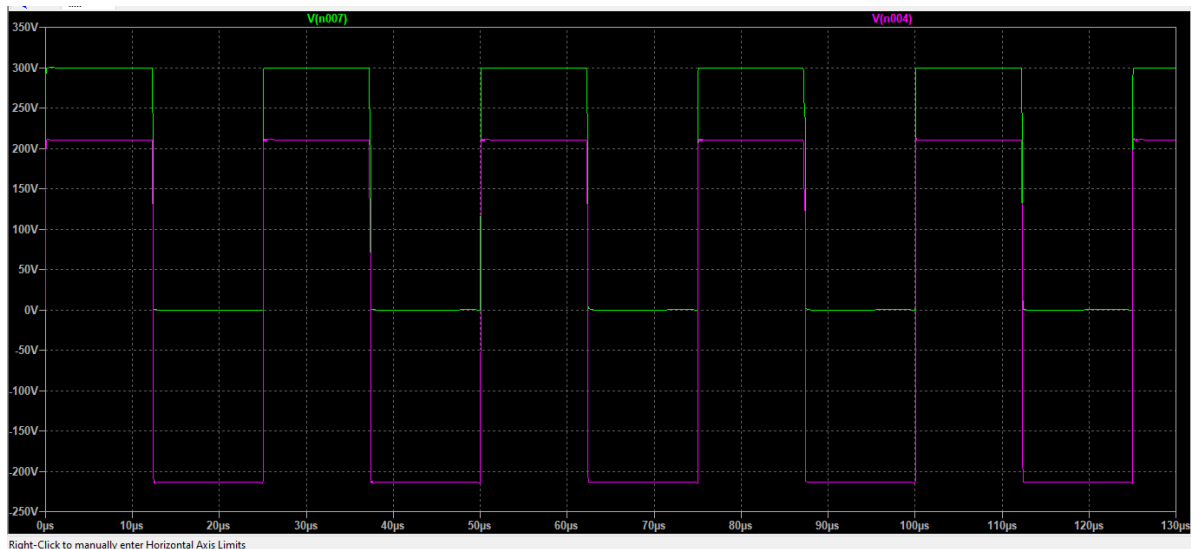


Рис.4.16 Форма напруг на первинній та вторинній обмотці трансформатора

Амплітудне значення напруги на первинній обмотці трансформатору наведено на рис.4.17.

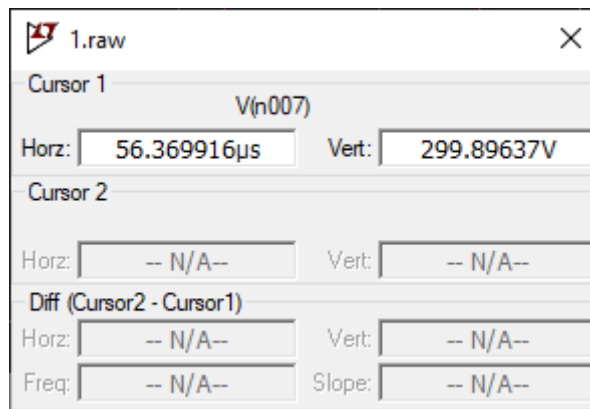


Рис.4.17 Амплітудне значення напруги на первинній обмотці

На первинній обмотці трансформатору 300 В.

Амплітудне значення напруги на вторинній обмотці трансформатору наведено на рис.4.18.

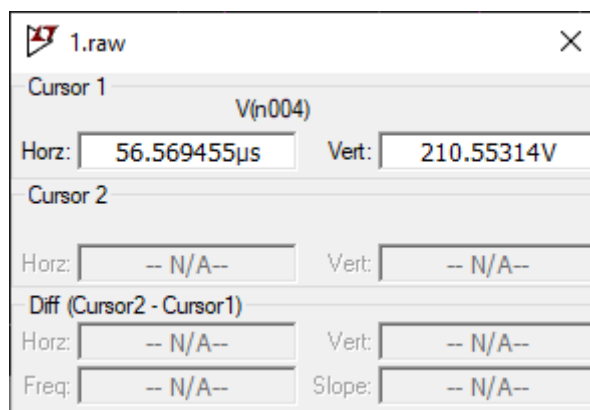


Рис.4.18 Амплітудне значення напруги на первинній обмотці

На первинній обмотці трансформатору 210,55 В.

Коефіцієнт трансформації трансформатору:

$$k_T = \frac{300}{421} = 0,71$$

Потужність виділяема на навантаженні наведена на рис.4.19.

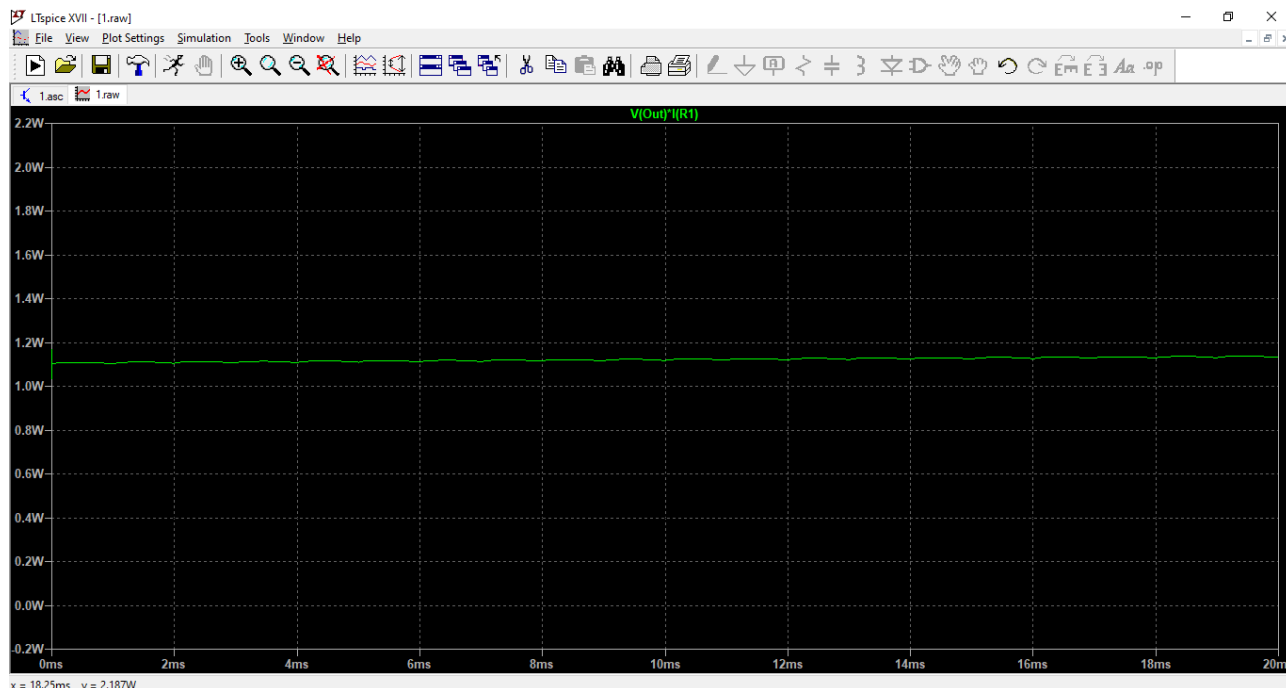


Рис.4.19 Потужність на навантаженні

Середня потужність наведена на рис.4.20.

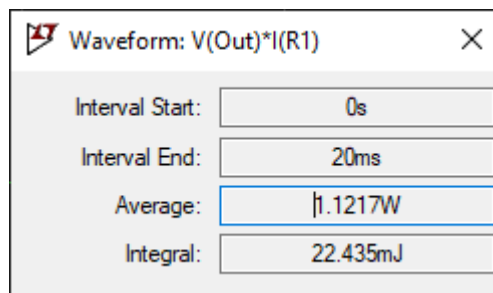


Рис.4.20 Середня потужність навантаження

Середня потужність на навантаженні при опорі навантаження 100 Ом складає 1,12 Ват.

При зміні коефіцієнту заповнення ШІМ до 0,5 змінюється вихідна напруга(рис.4.21).

					ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Адж.
Змн.	Адж.	№ доквм.	Підпис	Дата		47

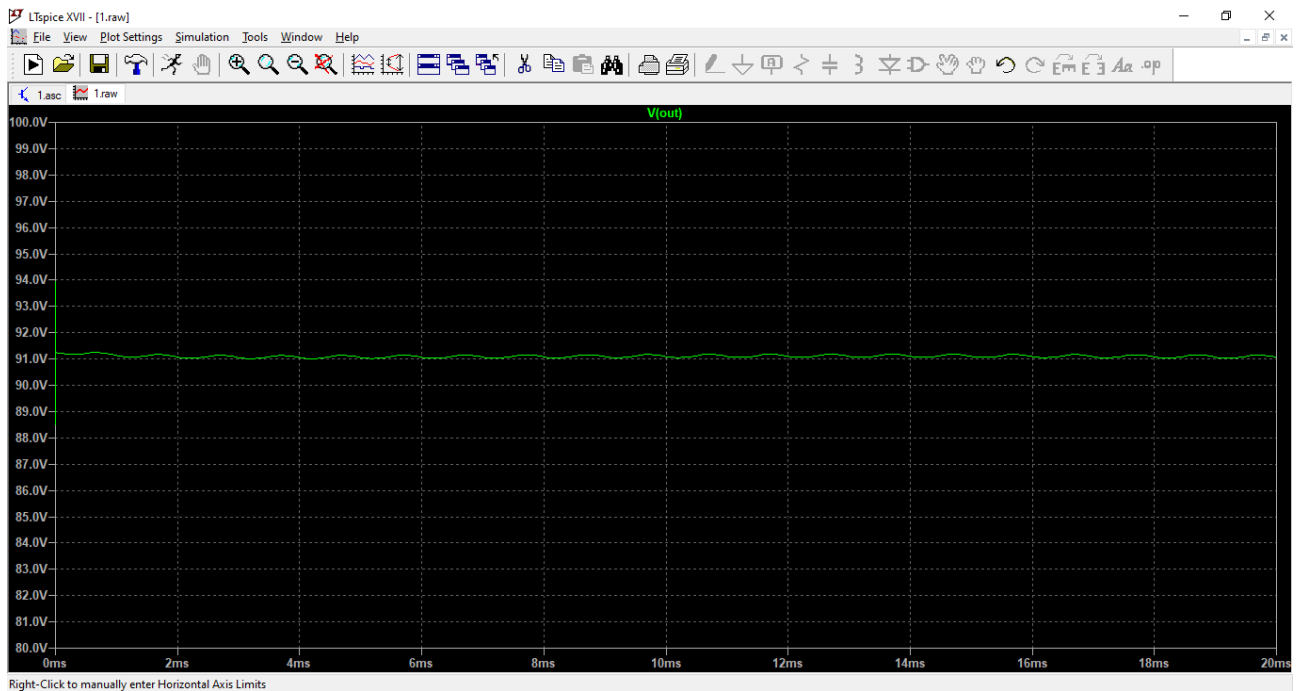


Рис.4.21 Форма напруги на навантаженні при ШІМ 0,5

Середнє значення напруги на навантаженні наведена на рис.4.22

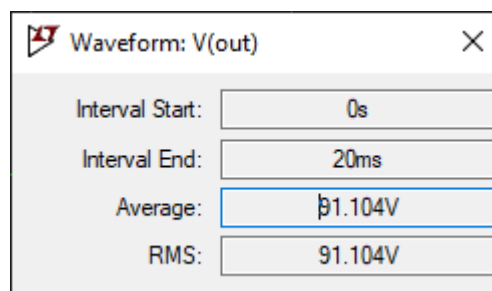


Рис.4.22. Середнє значення напруги

Середня потужність на навантаженні наведена на рис.4.23.

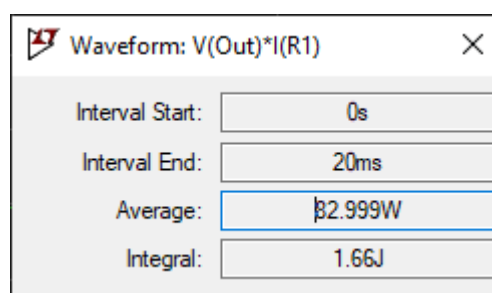


Рис.4.23. Середнє потужність на навантаженні

При зміні коефіцієнту заповнення ШІМ до 0,95 форма вихідної напруги має таку форму і амплітуду(рис.4.24).

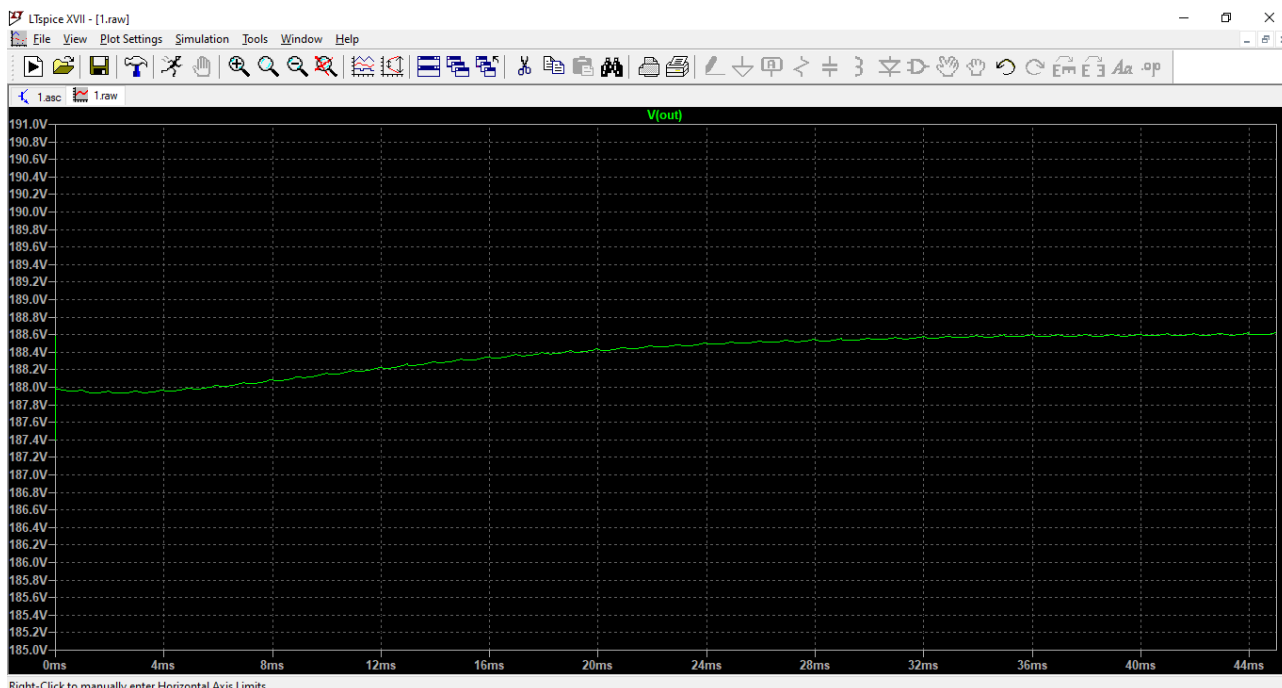


Рис.4.21 Форма напруги на навантаженні при ШІМ 0,95

Середнє значення напруги на навантаженні наведена на рис.4.22

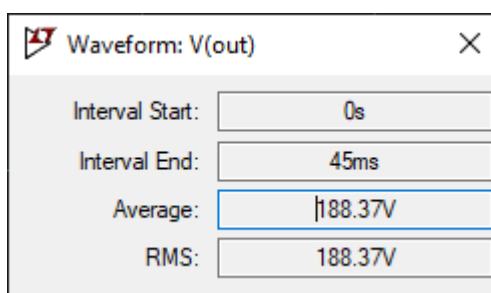


Рис.4.22. Середнє значення напруги

Середня напруга на вузлі «out» при ШІМ 0,95 моделювання складає 188,37 В. Розраховане значення при ШІМ 0,95 складає 190 В.

$$100\% - \frac{188,37}{190} \cdot 100\% = 1,983\%$$

					ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Адк.
Змн.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дата		49

Різниця між розрахованим та змодельованим значенням складає 1,983 %.

4.4 Висновки за розділом

В цьому розділі була створена схема джерела живлення у програмі LTspice для моделювання. Було описано створення схеми. Також було проведено моделювання джерела живлення та наведені скріншоти графіків напруг на вузлах схеми та скріншоти середньої потужності на навантаженні при коефіцієнтах заповнення ШІМ 0,05, 0,5, 0,95. Були розраховані відхилення змодельованих значень напруги від розрахованих значень на вузлах схеми.

					<i>ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		50

ВИСНОВКИ

Утворення зварних з'єднань ЖТ за допомогою постійного струму нова і не досліджена область. Для створення джерела живлення, яке змогло б виконувати таке з'єднання було розглянуто зварювання ЖТ, його особливості. Були розглянуті сучасні апарати для зварювання. Також були розглянуті види джерел живлення (лінійні та імпульсні). Була створена структурна схема джерела живлення. Були розглянуті деякі схеми перетворювачів електроенергії, які можуть застосуватися в цьому джерелі.

Використовуючи структурну схему та розглянуті схеми перетворювачів електроенергії була створена принципова схема. В цій схемі було описано призначення кожного елемента та загальний принцип дії приладу. Також були розраховані деякі основні параметри джерела живлення для зварювання. Був розрахований діапазон напруг, який можна отримати для такої схеми.

Була створена схема джерела живлення у програмі LTspice для моделювання. Було описано створення схеми. Також було проведено моделювання джерела живлення та наведені скріншоти графіків напруг на вузлах схеми та скріншоти середньої потужності на навантаженні при коефіцієнтах заповнення ШІМ 0,05, 0,5, 0,95. Були розраховані відхилення змодельованих значень напруги від розрахованих значень на вузлах схеми.

Розраховані та змодельовані значення напруги відрізнялися на:

- 2,5 % на початку схеми на згладжувальному конденсаторі (при моделюванні назва вузла «first»);
- 1,955 % на другій обмотці трансформатора (при моделюванні назва вузла «second»);
- 2,12 % на навантаженні при ШІМ 0,05 (при моделюванні назва вузла «out»);
- 1,983 % на навантаженні при ШІМ 0,95 (при моделюванні назва вузла «out»);

									Адк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ				51

Отримані результати свідчать про те, що необхідну напругу ДЖ може видати. Отже, ДЖ задовольняє поставлене технічне завдання.

Цю розробку можна використовувати, як основу для створення системи керування джерела живлення. Потім створити вже повноцінне ДЖ з усіма структурними елементами для зварювання ЖТ за допомогою постійного струму і використовувати вже повноцінно розроблену системи для досліджень можливості використання постійного струму для утворення якісного зварного з'єднання живої тканини.

					<i>ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		52

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] «Сварка,» [В Інтернеті]. Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Сварка>. [Дата звернення: 17 05 2021].
- [2] Дубко А. Лопаткина К. Е. Лебедев А., «Особенности применения теории контактной сварки металлов к сварке живых тканей,» *Техн. электродинамика*, Январь 2012.
- [3] Лебедев. А. Дубко А., «Применение сварки живых тканей для гемостаза при хирургических операциях(обзор),» Киев, 2021.
- [4] Dubko A. Lebedev A., «Use of Electric Welding of Living Tissues in Surgery (review),» *Biomedical Engineering*, pp. 73-78, 2020.
- [5] ПАТОН Б. и др., «Сварка, резка и термическая обработка живых тканей,» *Автоматическая сварка*, pp. 135-146, 2013.
- [6] Дубко А. Лопаткина Е. Лебедев А., «ОСНОВНЫЕ БИОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЯГКИХ ЖИВЫХ ТКАНЕЙ ПРИ ЭЛЕКТРОСВАРКЕ,» *Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*, pp. 130-133, 2011.
- [7] Сидорець В. Пентегов І. Римар С., «Врахування особливостей біоімпедансу при високих частотах моделями Фріке та Коула,» *Технічна електродинаміка*, pp. 22-25, 2018.
- [8] Кривцун И. Пентегов И. Сидорец В. Рымар С., «Методика обработки экспериментальных данных при моделировании дисперсии импеданса биологических тканей с помощью схемы замещения Фрике,» *Електротехніка і електромеханіка*, pp. 27-37, 2017.
- [9] «Как выбрать коагулятор,» [В Інтернеті]. Режим доступу: <http://medbuy.ru/articles/kak-vybrat-koagulyator>. [Дата звернення: 17 05 2021].
- [10] Патон Б. та ін., «Электрокоагулятор высокочастотный зварювальний ЕКВЗ-300». Україна+ Патент 72577, 27 08 2012.
- [11] «Аппарат высокочастотный электрохирургический ЭХВЧ-300 "Надія-4",» [В Інтернеті]. Режим доступу: <https://nadiya-4.vet/ru/aparat-visokochastotniy-elektrokhirurgichniyekhvch-300-nadiya-4/>. [Дата звернення: 17 05 2021].
- [12] Патон Б. та ін., «Спосіб з'єднання зварюванням біологічних тканин людей і тварин з використанням високочастотного струму». Україна Патент 106513, 21 01 2014.
- [13] «Аппараты для сварки живых тканей,» [В Інтернеті]. Режим доступу: <http://patonmed.com.ua/ru/apparatus-patonmed>. [Дата звернення: 17 05 2021].
- [14] Шмаков С. Б., Импульсные источники питания: создание, ремонт, работа, Санкт-Петербург: наука и техника, 2013.
- [15] Дубко А. Шлыков В., «Бесконтактный метод контроля температуры при высокочастотной сварке тканей,» ResearchGate, 2019.

					<i>ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ</i>	<i>Адк</i>
<i>Змн.</i>	<i>Адк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		
					<i>53</i>	

S U M M A R Y

Supply source for welding

The diploma project of first educational level "Bachelor" by specialty 171 Electronics, specialization electronic devices and equipment Serhii Sydorenko. National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute». Faculty of Electronics, Department of Electronic Devices and Systems. Academic group DE-71. - Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2021. - 52 p., Ill. 39, tables 1.

With the help of electronics you can solve many different problems. One such task is the conversion of electricity. The need for conversion is due to the fact that different devices require different values of output voltage and different forms of this voltage (current). Secondary power sources are one of the types of electricity converters.

Power supplies have a different way of implementing linear and switching. Each of these methods has its pros and cons. With the help of a power supply, you can create the necessary conditions for the formation of welded joints of living tissues.

Welding of living tissues has undeniable advantages over other types of connections of living tissues, less time of operations, less blood loss, the ability to perform operations on patients who were previously considered inoperable. This method to perform operations for no more than 30 years.

To date, such welding is performed using high-frequency current and studied the effect of only high-frequency current on living tissue. With a power source that will provide the required power to the living tissue and output a direct current, you can begin to investigate the effect on living tissue and the possibility of forming a welded joint using direct current.

A switching power supply can perform tasks on it in a fairly wide range of

					<i>ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ</i>	<i>Адк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Адк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		55

input voltages, but it creates noise due to use inside high frequencies. Frequently 66 kHz and 444 kHz are used in power supplies for high-frequency welding of living tissues. Therefore, two circuits of electricity converters are used to create such sources inside. The first, which will rectify the input voltage and provide a change in output voltage in some range. And the second, which will convert the DC voltage into a pulsating change with a given frequency.

The power supply for welding living tissues with direct current will have a simpler design. In this design, the first converter will create a constant non-alternating voltage, and the second will change the amplitude of this voltage.

Bridge or semi-bridge power converters can be used for this purpose, and a step-down DC-DC converter can be used to change the amplitude. The task of the diploma project were:

- Creating a block diagram of the power supply;
- Creating a schematic diagram of the power supply;
- Calculation of the main parameters of the scheme;
- Power supply modeling in specialized programs;

The input of the power supply receives an alternating voltage of 220 V with a frequency of 50 Hz, which it converts to a constant in the range from 10 V to 190 V.

The formation of welded joints of living tissues with the help of direct current is a new and unexplored area. To create a power source that could perform such a connection, welding of living tissues, equivalent schemes and features that distinguish the welding of living tissues from other types of welding were considered. Modern devices for high-frequency current welding EKVZ-300, "Nadiya-4" were considered. Types of power supplies (linear and switching) were also considered. The block diagram of the power supply was created (fig. 1) and the principle of operation of each unit was described and some time diagrams were demonstrated.

					<i>ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ</i>	<i>Адк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Адк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>56</i>

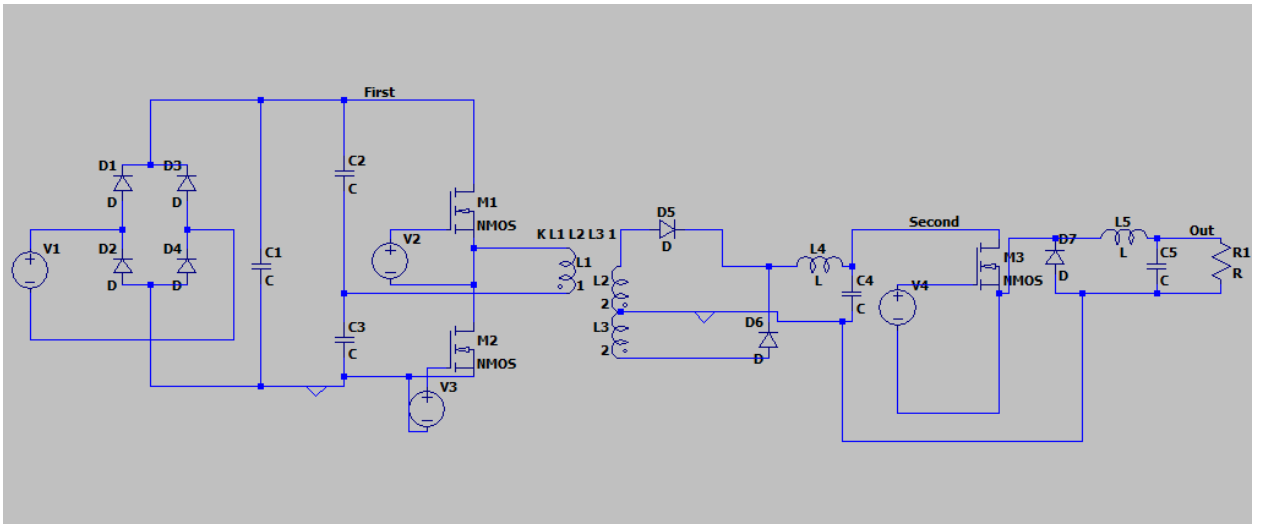


Fig.3 Scheme for modeling

It was described to create circuit elements and set their parameters and create a circuit for modeling. The power supply was also simulated and screenshots of voltage graphs at the nodes of the circuit and screenshots of the average voltage at the load at the PWM fill factors of 0.05, 0.5, 0.95 were given.

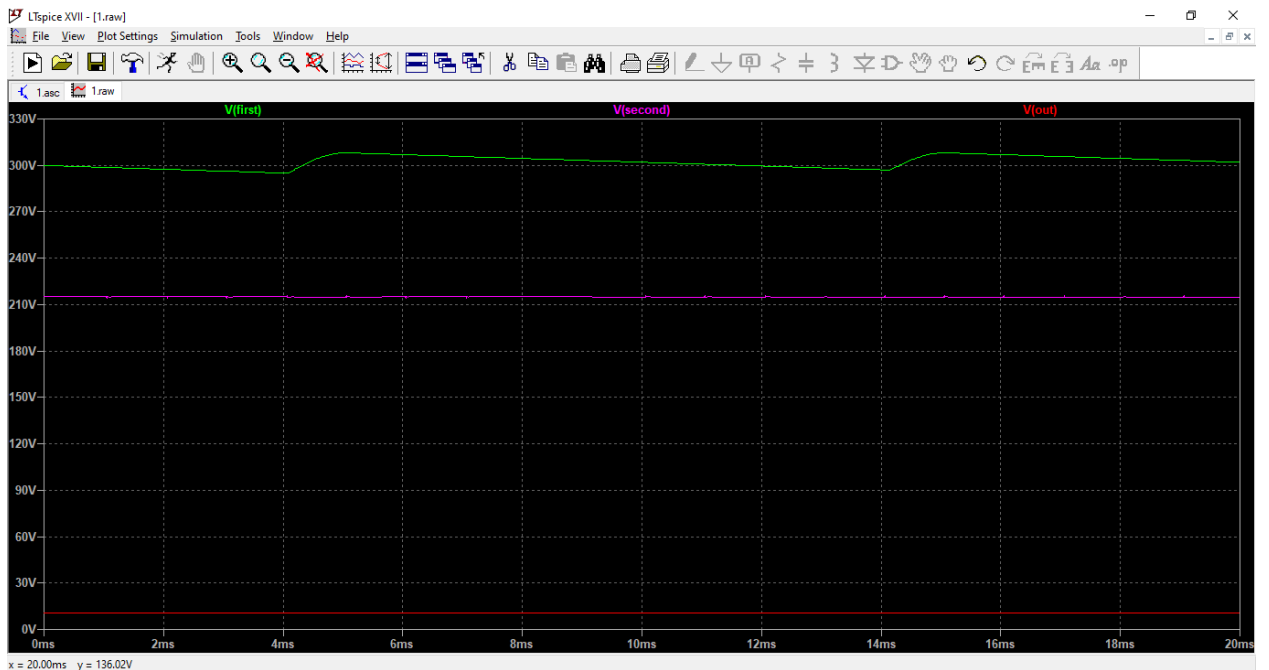


Fig.4. Forms of voltages at the nodes of the circuit

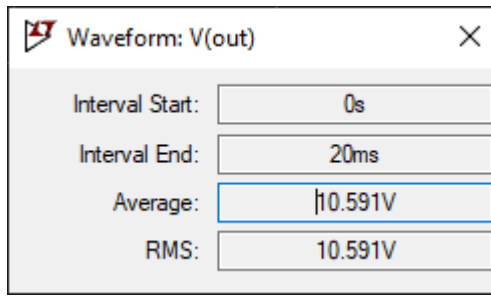


Fig.5. The average voltage at the node "out" (PWM load 0.05)

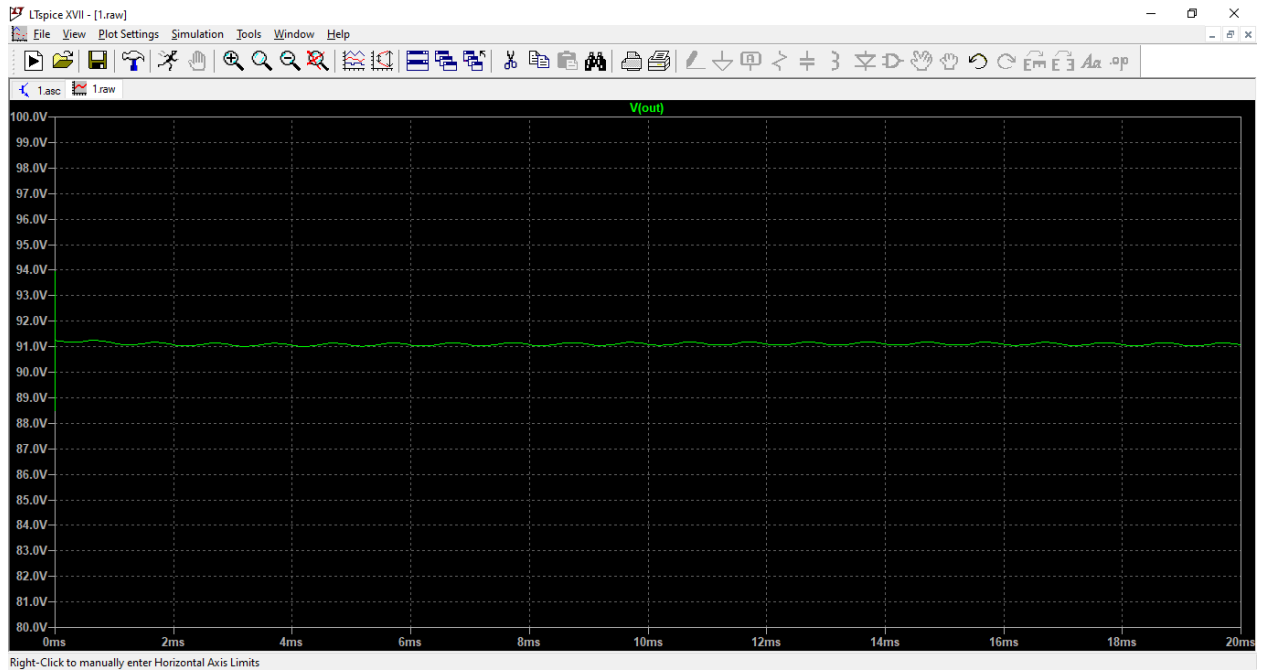


Fig.6 The shape of the voltage on the load at PWM 0.5

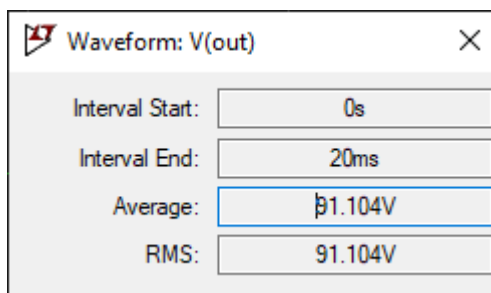


Fig.7. Average voltage

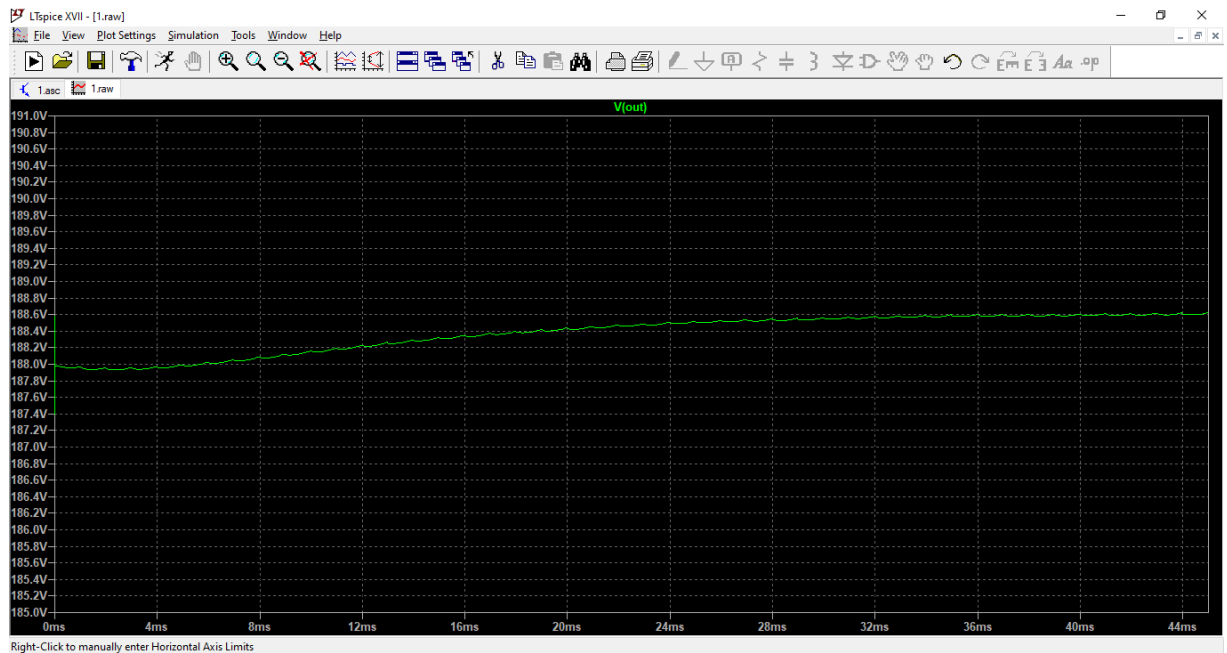


Fig.8 The shape of the voltage on the load at PWM 0.95

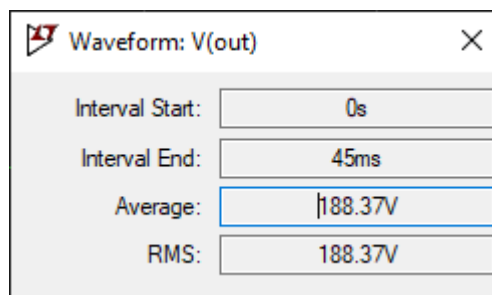


Fig.9. Average voltage

Deviations of the simulated voltage values from the calculated values at the circuit nodes were calculated.

The calculated and simulated voltage values differed by:

- 2.5% at the beginning of the circuit on the smoothing capacitor (when modeling the node name "first");
- 1.955% on the second winding of the transformer (when modeling the node name "second");
- 2.12% on the load at PWM 0.05 (in the simulation of the name evil "out");
- 1.983% on the load at PWM 0.95 (when modeling the node name "out");

The obtained results indicate that the required voltage can be supplied by the power supply. Therefore, the power supply satisfies the technical task.

					ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ	Адк.
						60
Змн.	Адк.	№ доквм.	Підпис	Дата		

This development can be used as a basis for creating a power supply control system. Then create a full-fledged power supply with all the structural elements for welding living tissues with direct current and use a fully developed system to study the possibility of using direct current to form a quality welded joint of living tissue.

Keywords: DC/DC converter, half-bridge converter, electrical welding of living tissues, pulse source supply.

Summary of the project: 5–8 pages

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ДП. ДЕ71. 14. 001 ПЗ</i>				61