

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Блок живлення потужністю 1 кВт**

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи РАС-41

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

Снітинський Н.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Яськів В.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Марценюк А.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Дозорський В.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«31» травня 2021 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Снітинському Назару Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Блок живлення потужністю 1 кВт

Керівник роботи Яськів Володимир Іванович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 31 » 05 2021 року № 4/7-435

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21.06.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Кількість вихідних каналів живлення 2; Увих блоку живлення 60 В; I_{мах} навантаження до 8 А; P_{мах}, не більше 1100 Вт.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз технічного завдання

2. Розробка структурної схеми блоку живлення

3. Проектування схеми блоку живлення

4. Вибір компонентної бази блоку живлення

5. Компонування друкованого вузла блоку живлення

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Структурна схема;

2. Схема електрична принципова;

3. Друкована плата;

4. Друкований вузол;

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Пилипець М.І., проф. каф.МТ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розробка та затвердження технічного завдання	22.02. 2021	Виконано
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	1.03. 2021	Виконано
3	Вибір власних схемо-технічних рішень	16.03.2021	Виконано
4	Вибір елементної бази для розроблюваного пристрою;	29.03.2021	Виконано
5	Розрахунок основних вузлів у схемі пристрою.	12.04.2021	Виконано
6	Створення допоміжної документації	26.04.2021	Виконано
7	Розроблення креслень	26.04.2021	Виконано
8	Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності	10.06.2021	Виконано
9	Нормоконтроль	16.06.2021	Виконано
10	Попередній захист	16.06.2021	Виконано
11	Захист	23.06.2021	

Студент

_____ (підпис)

Снітинський Н.І.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Яськів В.І.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Блок живлення потужністю 1 кВт». Кваліфікаційна робота бакалавра// Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАС-41. // Тернопіль, 2021р. // с.- 57, рис.- 23, табл. – 2, бібліог. – 11, додат.- 3.

Ключові слова: БЛОК ЖИВЛЕННЯ, ІМПУЛЬСНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ, ПІВМОСТОВА СХЕМА.

Роботу присв'ячено розробці блока живлення потужністю 1 кВт. За основу проектування використано схемні рішення побудови напівмостових імпульсних перетворювачів напруги. Як базовий елемент використано мікросхему IR2155 як драйвер керування силовими ключами перетворювача. Проведено розрахунки окремих вузлів блока живлення та вибір елементної бази. З використанням САПР P-CAD та Компас розроблено топологію друкованої плати та друкованого вузла блока живлення. Основні технічні параметри, яким задовольняє блок живлення: кількість вихідних каналів живлення – 2, вихідна напруга блоку живлення по кожному каналу – 60 В, максимальний струм навантаження по кожному каналу до 8 А, максимальна споживана потужність, не більше 1100 Вт, середнє напрацювання на відмову – не менше 50000год.

SUMMARY

Theme of qualification work: "Power supply with a capacity of 1 kW".
Qualifying work of a bachelor // Ternopil Ivan Puluj National Technical University,
Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, group
RAs-41. // Ternopil, 2021 // p.- 57, fig.- 23, table.- 2, bibliog. - 11, appendix- 2.

Key words: POWER SUPPLY, PULSE CONVERTER, SEMI-BRIDGE
SCHEME.

The work is devoted to the development of a power supply with a capacity of 1 kW. The design solutions for the construction of half-bridge pulse voltage converters are used as a basis for the design. The IR2155 circuit is used as a basic element as a driver for controlling the power keys of the converter. The calculations of individual nodes of the power supply and the selection of the element base are performed. Using P-CAD and Compass CAD, the topology of the printed circuit board and the printed circuit board of the power supply unit was developed. The main technical parameters that satisfy the power supply: the number of output power channels - 2, the output voltage of the power supply for each channel - 60 V, the maximum load current for each channel up to 8 A, maximum power consumption, not more than 1100 W, average failure time - not less than 50,000 hours.

Зміст

Вступ.....	7
1 Основна частина.....	9
1.1 Аналіз технічного завдання.....	9
1.2 Розробка структурної схеми блока живлення.....	9
1.3 Проектування схеми блока живлення.....	15
1.3.1 Способи реалізації структури потужних блоків живлення.....	15
1.3.2 Обґрунтування вибору власного рішення.....	24
1.3.3 Розрахунки вузлів схеми.....	26
1.4 Вибір компонентної бази блока живлення.....	33
1.5 Компонування друкованого вузла блока живлення.....	36
2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.....	45
2.1 Освітлення при виготовленні блоку живлення потужністю 1 кВт.....	45
2.2 Розрахунок місцевого освітлення при виготовленні блоку живлення потужністю 1 кВт.....	47
2.3 Особливості розрахунку штучної вентиляції при виготовленні блоку живлення потужністю 1 кВт.....	48
Висновки.....	53
Список використаних джерел.....	54
Додатки	

					<i>СНІ 2.087.001 ПЗ</i>			
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>	Блок живлення потужністю 1 кВт Пояснююча записка	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Перев.</i>	Снітинський Яськів В.І.				6	54	
<i>Н.конт</i>					ТНТУ, ФПТ, РАс-41			
<i>Зав.каф</i>								

Вступ

Актуальність роботи. Для забезпечення живленням вузлів радіоелектронної апаратури необхідним є застосування блока живлення, який може бути понижуючим або підвищуючим. При цьому ставляться особливо високі вимоги до якісних та кількісних показників, які визначають технічні характеристики таких блоків живлення. Важливими при цьому є значення таких показників, як коефіцієнт пульсації і стабілізації, а обов'язковою є реалізація вузлів різних види захисту, як самого блока так і основних вузлів радіоелектронної апаратури, що є навантаженням для блока живлення.

Поширені в минулому низькочастотні трансформаторні блоки живлення в загальному випадку включають в себе власне низькочастотний мережевий трансформатор або автотрансформатор, випрямляч, для переведення змінної вхідної напруги в постійну та елементів фільтрації ємнісного, індуктивного, ємнісно-індуктивного типу або активні транзисторні чи тиристорні фільтри. Однак недоліком таких блоків живлення, який знизив їх використання в сучасній радіоелектронній апаратурі, є значні маса та габарити, складність реалізації кіл захисту а також складність автоматизації процесу виготовлення, зокрема моточних вузлів .

Найбільшого поширення сьогодні одержали так звані високочастотні імпульсні перетворювачі або імпульсні інвертори напруги. При виборі схемних рішень побудови потужного блока живлення необхідно знайти компроміс чи так звану золоту середину між габаритами зпроектованого блока живлення, його вартістю та простотою схемо-технічних рішень його виконання. Сучасний рівень розвитку елементної бази дає можливість використовувати базові елементи схеми із мінімальною кількістю елементів обв'язки, чим спростити саму схему блока живлення і його габарити. Однак вартість таких елементів є набагато вищою за вартість більш простих

					СНІ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		7

елементів із обв'язкою. При цьому в першому випадку і габарити проєктованого блока живлення будуть значно меншими.

В роботі проводиться розробка блока живлення потужністю 1 кВт, який реалізований саме на основі двотактних перетворювачів із застосуванням сучасних мікросхем керування силовими ключами.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати можуть бути використані при розробленні блоків живлення більшої за 1 кВт потужності із застосуванням потужніших транзисторних ключів, а введення кіл захисту дозволить використання проєктованого блока живлення в радіоелектронній апаратурі широкого вжитку.

					СНІ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		8

1. Основна частина

1.1 Аналіз технічного завдання

В роботі необхідно розробити блок живлення потужністю 1 кВт, що забезпечує напругою живлення відповідні блоки і вузли радіоелектронної апаратури.

Основні технічні вимоги, яким повинен задовольняти проєктований блок живлення:

1. Кількість вихідних каналів живлення 2;
2. $U_{\text{вих}}$ блоку живлення 60 В;
3. $I_{\text{мах}}$ навантаження до 8 А;
4. $P_{\text{мах}}$, не більше 1100 Вт;

Умови експлуатації:

- проєктований блок живлення експлуатується при коливанні температури навколишнього середовища від -5 до $+65$ °С, нормального тиску, вологості – до 85%, при не великих механічних впливах. Блок живлення належить до пристроїв стаціонарного типу.

Слід зауважити, що виріб повинен відповідати класу захисту II типу ВР.

Середній термін напрацювання на відмову не менше п'яти років.

1.2 Розробка структурної схеми блока живлення

Існує певне правило, що для блоків живлення, які призначені для живлення апаратури невеликої потужності не більше 200 Вт доцільно застосовувати схемі рішення виконання одноктних прямо ходових та зворотньоходових перетворювачів. При цьому перші є особливо чутливими до випадків різкого відключення навантаження, що може призвести до виходу їх

з ладу. Стабілізатори, в яких не вимагається гальванічної розв'язки навантаження від живлячої мережі, застосовують чоперні схеми. При живленні від гальванічних елементів або акумуляторів можна використовувати бустерні схеми. На потужностях же більше 200 Вт рекомендується застосовувати різні варіанти двотактних схем перетворювачів напруги.

Найбільш поширені двотактні перетворювачі: напівмостовий (half-bridge) і мостовий (full-bridge), двофазний пуш-пульний (push-pull). Перевага цих схем є можливість додання в структуру базових вузлів додаткових вузлів стабілізації вихідної напруги, струму чи додаткових захистів, зокрема від ураження електричним струмом. При цьому перетворювачі першого типу є повноцінними блоками живлення з можливістю під'єднання довільних типів навантаження. Перетворювачі другого типу є перетворювачами електроенергії, які потребують додаткової вихідної стабілізації. Проаналізуємо способи реалізації та особливості згаданих трьох типів перетворювачів напруги.

На рис. 1.1 наведена схема реалізації двотактного пуш-пульного перетворювача.

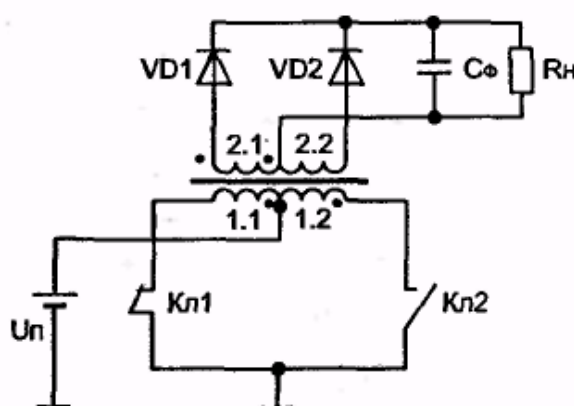


Рисунок 1.1 – Схема реалізації двотактного пуш-пульного перетворювача

Ця схема включає в себе електричні ключі чи комутуючі елементи КЛ1 і КЛ2, якими можуть бути потужні силові біполярні або польові транзистори. Трансформатор Тр є високочастотним імпульсним трансформатором та включає дві обмотки – первинну та вторинну із додатковими середніми виводами. Напряга живлення подається на середній вивід первинної обмотки. До виводів вторинної обмотки підключається двопівперіодний випрямляч з середнім виводом на елементах VD1, VD2, а також ємнісна інтегруюча ланка на конденсаторові C_ϕ .

Процеси, які протікають в перетворювачеві такого типу під час першого робочого такту наведено на рис. 1.2. Тут комутатор КЛ1 замкнутий, а комутатор КЛ2 розімкнутий. При цьому струм протікає по першій половині первинної обмотки 1.1 і передається в вторинну обмотку 2.1. Діод VD1 в цей час пропускає струм $i_{2,1}$.

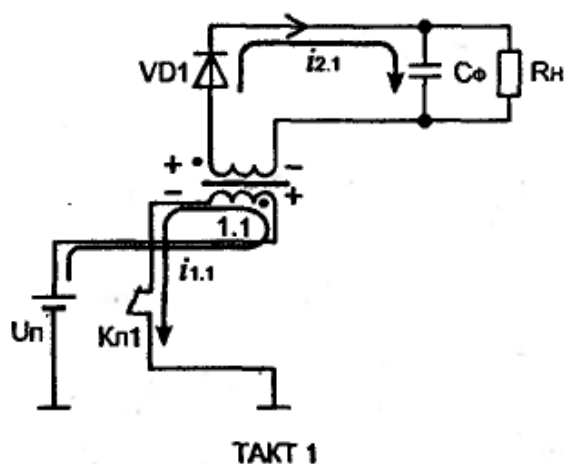


Рисунок 1.2 – Процеси, які протікають в перетворювачеві під час першого робочого такту

Процеси, які протікають в перетворювачеві такого типу під час другого робочого такту наведено на рис. 1.3. Комутатор КЛ1 закривається і відкривається комутатор КЛ2. В цьому випадку струм $i_{1,2}$ протікає по другій половині первинної обмотки 1.2 і передається в другу половину вторинної

обмотки 2.2. Діод VD1 закритий, а діод VD2 пропускає струм $i_{2.2}$. Відповідно, передача енергії в навантаження відбувається під час обох тактів.

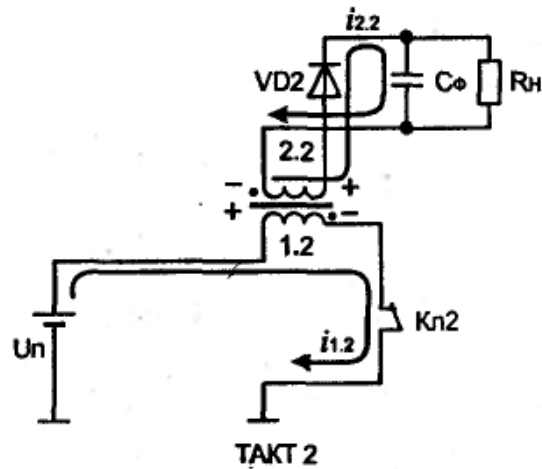


Рисунок 1.3 – Процеси, які протікають в перетворювачеві під час другого робочого такту

На рисунку 1.4 додатково показано комутаційні процеси в пуш-пульному перетворювачеві.

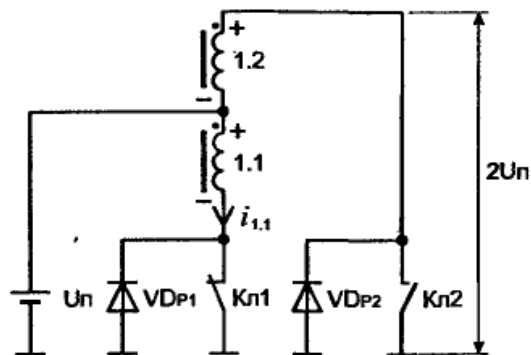


Рисунок 1.4 – Комутаційні процеси в пуш-пульному перетворювачеві

При відкритті комутатора Кл1 накопичена в магнітопроводі енергія намагається забезпечити стабільне значення струму і утримати його на одному рівні. Без діода захисту VD_{P2} , на електронному комутаторові Кл2 з'являтиметься стрибок напруги. Стійкість біполярних транзисторів до появи стрибків напруги є низькою, тому діод VD_{P2} проводить розрядний струм через себе.

На рис. 1.5 наведено варіант схеми напівмостового перетворювача (half-bridge). Для такого перетворювача вихідна напруга може бути визначена аналогічно як і для пуш-пульного перетворювача:

$$U_n = n\gamma U_n \quad (1.1)$$

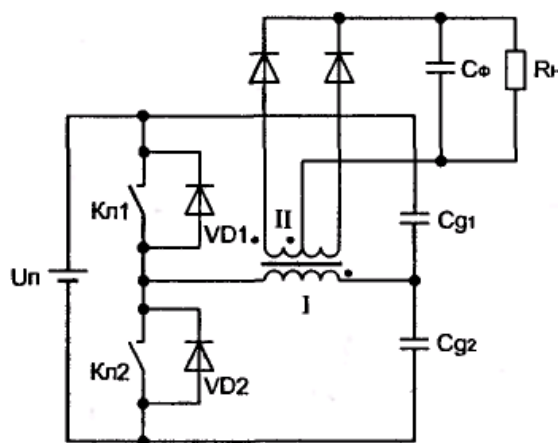


Рисунок 1.5 – Схема півмостового перетворювача

Максимальне значення напруги на силовому комутаційному елементі в ідеалі повинне бути не нижче напруги живлення. В реальних же випадках зазвичай вибираються транзистори із запасом в 150-200 В.

Напівмостовий перетворювач рекомендується використовувати для мережевих джерел потужністю 200...1000 Вт.

Отже, вибираємо структуру півмостового перетворювача, що зображена на рис. 1.6.

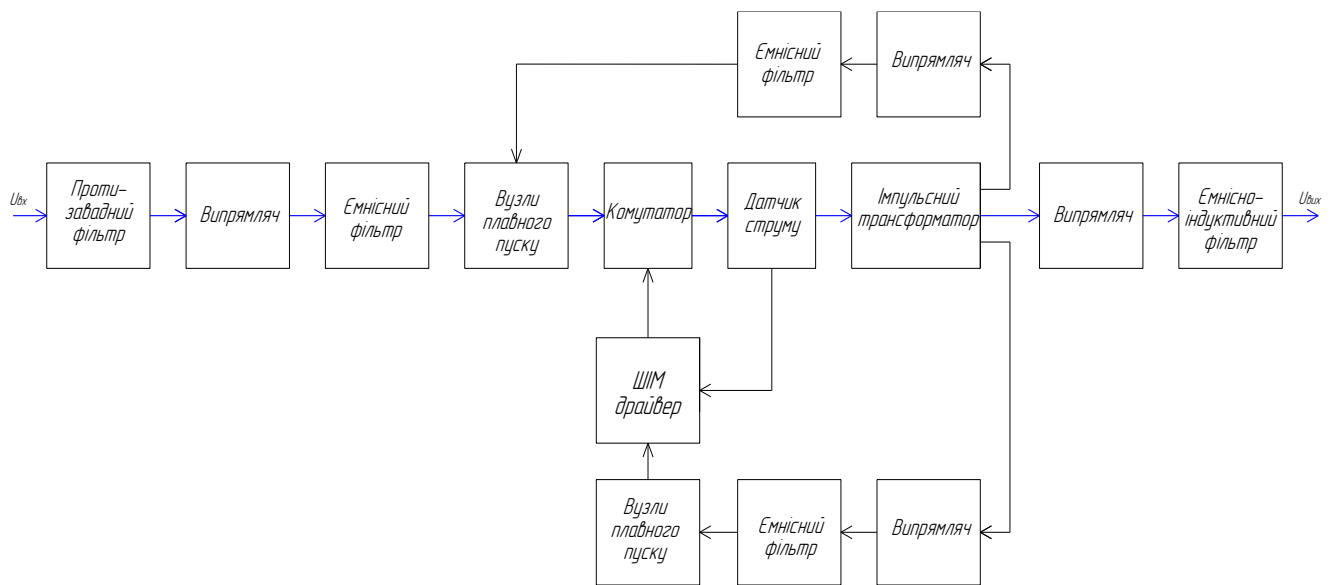


Рисунок 1.6 – Структурна схема блока живлення

Відповідно до рис. 1.6, перетворювач складається з протизавадного фільтра для непопадання високочастотних завад в мережу (220 В), що є результатом роботи перетворювача, випрямляча, вузла плавного запуску, ємнісного фільтра, які призначені для обмеження струму споживання в момент включення перетворювача. Керування комутатора здійснюється за допомогою ШІМ драйвера. Контроль струму в навантаженні і стабілізації його величини та унеможливлення виникнення режимів короткого замикання змінюється щільність імпульсів, які живлять силові комутатори, пропорційно до сигналу, який знімається з давача струму. Метод аналогічний методу широтно-імпульсної модуляції. Живлення кіл запуску та драйвера керування виконується окремо від окремих обмоток трансформатора для забезпечення гальванічної розв'язки.

1.3 Проектування схеми блока живлення

1.3.1 Способи реалізації структури потужних блоків живлення

Розглянемо блокживлення структура якого наведена на рис. 1.7.

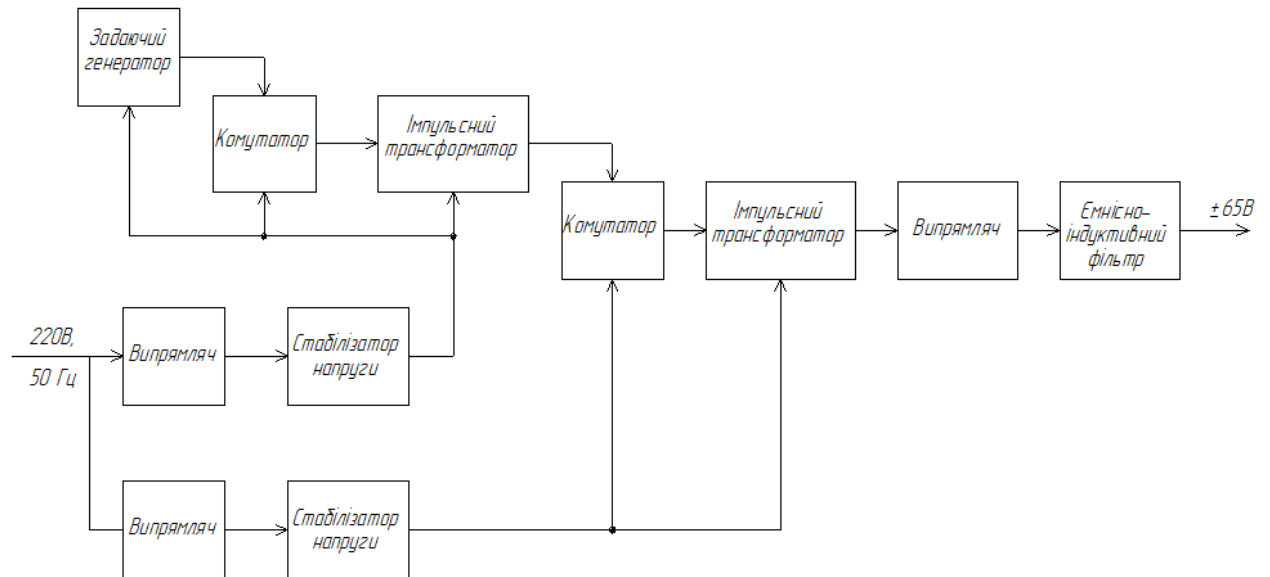


Рисунок 1.7 – Структурна базового блока живлення

Відповідно до рис. 1.7, перетворювач включає в себе задаючий генератор, який керує комутатором. Комутатор під'єднує до кіл живлення первинну обмотку першого по схемі імпульсного трансформатора. Трансформатор містить дві ідентичні вторинні обмотки, в яких виникають два сигнали – послідовності прямокутних імпульсів, зміщені один відносно одного на 90°. Ці сигнали керують другим по схемі комутатором (силовим), який під'єднує до кіл живлення первинну обмотку другого по схемі імпульсного трансформатора. З вторинних обмоток вихідна напруга поступає на випрямляч та ємнісно-індуктивний фільтр.

Схема електрична такого блока живлення зображена на рис. 1.8.

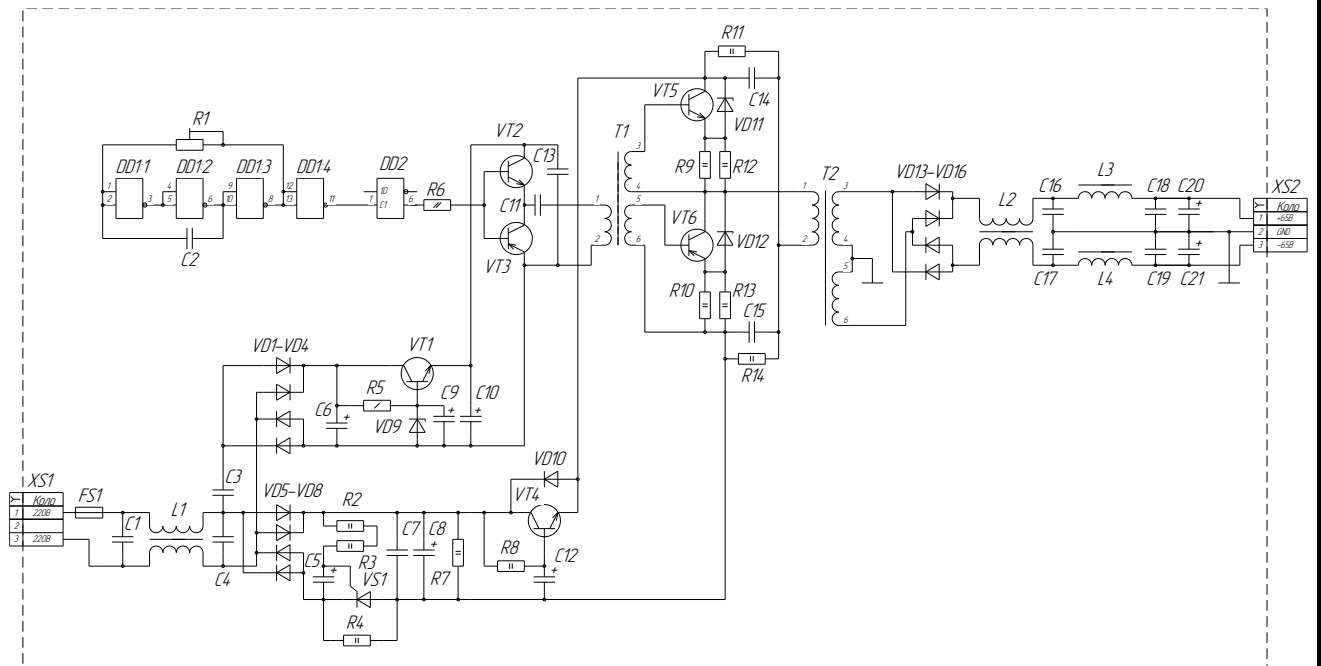


Рисунок 1.8 – Схема електрична блока живлення

На мікросхемі DD1 виконано задаючий генератор прямокутних імпульсів. З його виходу сигнал поступає на тригер DD2, який ділить частоту імпульсів на два та робить фронти імпульсів більш крутими. Через струмообмежуючий резистор R6 імпульси надходять на транзисторні ключі VT2, VT3, які підключають до кіл живлення первинну обмотку трансформатора. Він містить дві вторинні обмотки, на яких формуються два парафазні сигнали керування ключами VT5 та VT6. Вони по черзі комутують первинну обмотку трансформатора T2. На діодах VD13-VD16 зібрано вихідний випрямляч. На елементах L2-L4, C16-C21 зібрано ємнісно-індуктивний фільтр.

Елементи C1, C2, L1 являють собою мережевий протизавадний фільтр. Елементи VD1-VD4, VD9, VT3 C6, C9, C10, R5 являють собою випрямляч та компенсаційний стабілізатор напруги живлення задаючого генератора та першої пари транзисторних ключів.

Елементи VD5-VD8, VD10, VT4 C5, C7, C8, C12, R2-R4, R7, R8, VS1 являють собою стабілізоване джерело живлення силових транзисторів та силового імпульсного трансформатора.

Іншим варіантом може служити блок живлення, показаний на рис. 1.9. Він виконаний на базі півмостового інвертора на потужних польових транзисторах VT2 і VT3. Пасивне плече моста утворене конденсаторами фільтра C28, C29, які заряджаються через випрямляч безпосередньо від мережі змінного струму 220В (напруги U1). Інвертор навантажений імпульсним трансформатором, що розташований у високовольтному баку. Роботою інвертора керує ШІМ контролер на мікросхемі DA2. Контролер має два виходи, де строго по черзі формуються імпульси запуску, що надходять на входи буфера DA3. Буфер, окрім посилення імпульсів по потужності, має функцію вимикача, тому тільки при наявності рівня логічної "1" на вході ключа VT1 імпульси проходять на вихід буфера, що виключає несанкціоновану роботу інвертора. Через розділові трансформатори TV1 і TV2 імпульси запуску передаються на затвори транзисторів інвертора. Амплітуда імпульсів обмежується по максимуму стабілітронами VD1-V4, а по мінімуму визначається напругою живлення DA3, у зв'язку з чим ця мікросхема живиться від стабілізатора DA5. Робоча частота інвертора постійна (20 кГц) і визначається елементами C6 і R8. Управління тривалістю імпульсів запуску здійснюється за чотирма входів у двох каналах порівняння сигналів. Перша пара входів використовується для порівняння сигналу зворотного зв'язку з постійним рівнем напруги, що задається потенціометром R1. Друга пара - для виділення сигналу неузгодженості між встановленням струму навантаження і фактичним сигналом зворотного зв'язку. Результатом порівняння в першому каналі є обмеження ширини запускаючих імпульсів. Це обмежує потужність, що віддається в навантаження. По другому каналу реалізується автоматична стабілізація струму відповідно із заданим рівнем.

						СНІ 2.087.001 ПЗ	Арк
							17
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат			

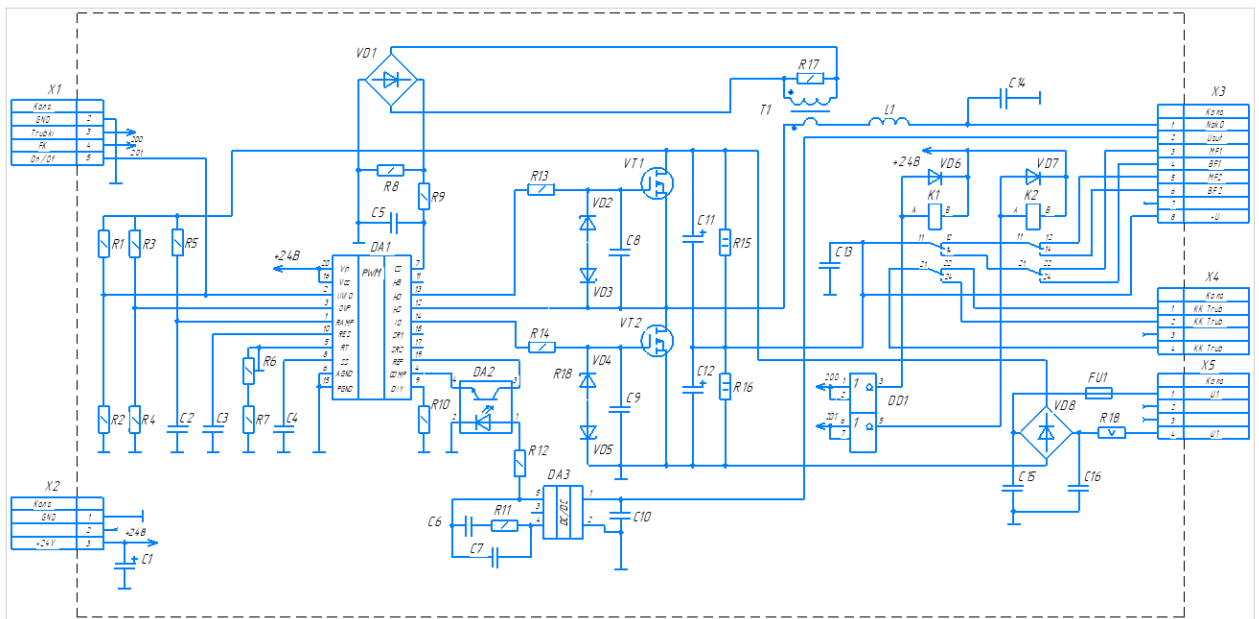


Рисунок 1.9 – Схема блока живлення

В основі роботи розглянутого блока живлення є використання мікросхеми LM5035, що є і драйвером напівмостової схеми перетворювачів і ШІМ-контролером

LM5035 є останнім продуктом у сімействі LM5000 і включає в себе ШІМ-контролер зворотного зв'язку, 2А високі та низькі драйвери затвора та два програмованих синхронних випрямних драйвера. Програмне управління випрямними драйверами дозволяє встановлювати необхідні параметри інтервалу для найкращої ефективності застосування. LM5035 включає джерела живлення в телекомунікаційних, промислових та інших сферах, де ефективність та щільність потужності відіграють провідну роль.

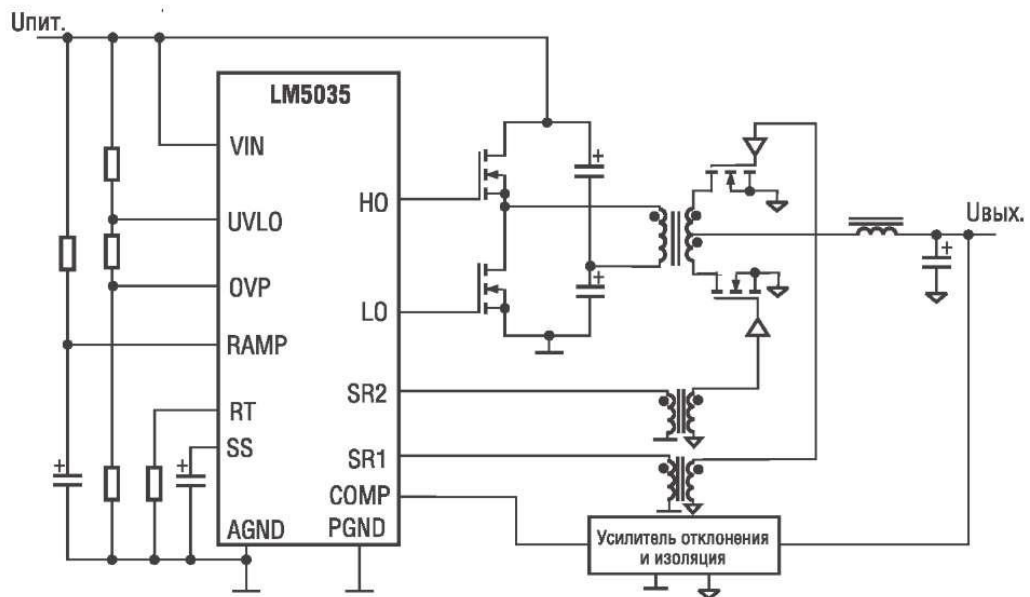


Рисунок 1.10 – Структура LM5035

LM5035 містить усі компоненти, необхідні для реалізації напівмостового перетворювача з датчиком вхідної напруги. Крім того, він виконує наступні функції:

- Керування синхронним випрямлячем з програмованими затримками, які оптимізують ефективність, регулюючи часову діаграму для перемикання польових транзисторів на первинну та вторинну сторони;
- Регулювання напруги для стабільної роботи в напівмостовій топології та кращої перешкодозахищеності порівняно з управлінням поточним режимом;
- Пряма компенсація для поліпшення стабільності при коливаннях вхідної напруги;
- Генератор з налаштуванням частоти з використанням зовнішнього резистора і можливістю роботи на частотах до 2 МГц;
- Можливість синхронізації ШІМ із зовнішнім генератором;
- Програмоване блокування низької напруги для управління послідовністю живлення та мінімізації стрибків струму пуску;
- Вхід для підключення зовнішнього датчика температури (термістора)

- Регульований плавний пуск для ланцюгів з великими ємнісними навантаженнями;
- Гнучкий дворезимний захист від перевантаження по струму з таймером автоматичного перезапуску, що зменшує виділення тепла при тривалих перевантаженнях;
- Покрокове обмеження струму для захисту елементів живлення від імпульсних перевантажень струму.

Розглянемо міросхему IR2153/ IR2155, що представляє високовольтний драйвер. Це дає можливість проектувати на її основі блоки живлення потужністю до 2 кВт з мінімальною обв'язкою.

Схема імпульсного блока живлення є стандартною. Різниця полягає лише в оригінальному способі живлення драйвера та простому, високоефективному захисті від коротких замикань та перевантажень.

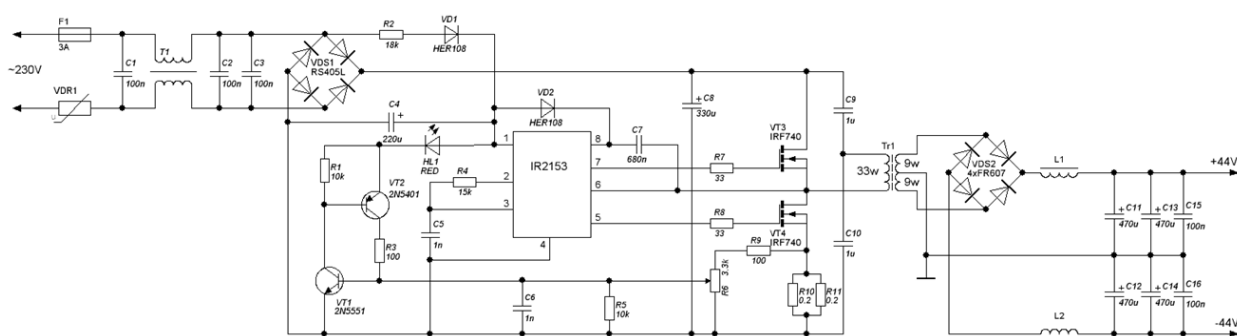


Рисунок 1.11 – Схема імпульсного блока живлення

В схемі драйвер живиться через діод та демпфуючий резистор, а не після основного випрямляча з шини + 310В, як це зазвичай роблять. Цей спосіб живлення дає одразу кілька переваг:

1. Зменшує потужність, що розсіюється демпфуючим резистором. Це зменшує виробництво тепла на платі та збільшує загальну ефективність схеми.
2. V відрізняється від джерела живлення через шину + 310 В, забезпечує нижчий рівень пульсацій напруги живлення драйвера.

Захист від перевантаження та короткого замикання виконується на парі транзисторів 2N5551/5401. В якості датчика струму в цій схемі використовуються резистори, що входять до джерела нижнього плеча перетворювача. Це виключає трудомісткий процес намотування трансформатора струму. R6 використовується для встановлення порогу спрацювання захисту.

У разі короткого замикання або перевантаження, коли падіння напруги на R10 R11 досягає заздалегідь заданого значення, такого значення, при якому напруга на базі VT1 стає більше 0,6 - 0,7 В, захист спрацює, а джерело живлення мікросхеми буде шунтоване на землю. Що, в свою чергу, відключає драйвер і весь блок живлення в цілому. Як тільки усувається перевантаження або коротке замикання, драйвер вмикається, і джерело живлення продовжує працювати в нормальному режимі. Світлодіод HL1 сигналізує про захист.

Розглянемо ще один блок живлення.

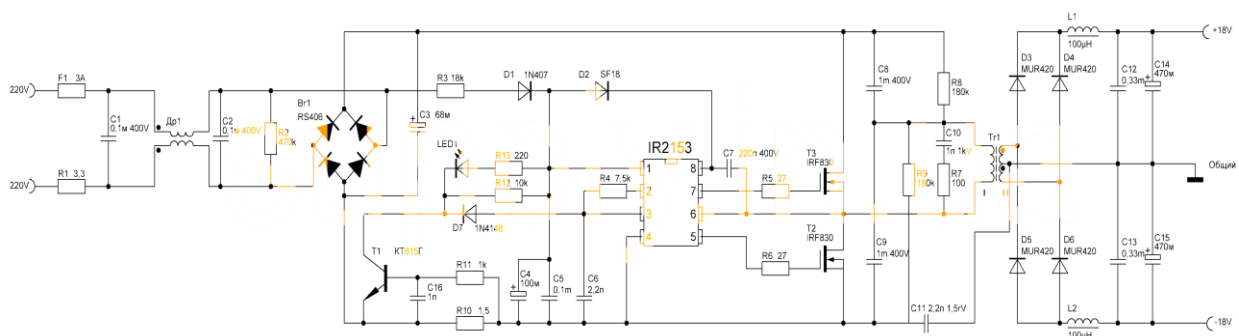


Рисунок 1.12 – Схема блоку живлення

Вхідний фільтр представлений елементами C1, D1, C2, R2 - він призначений для захисту джерела живлення від високочастотних шумів і пульсацій, властивих мережі. Резистор R2 виконує функцію розряду конденсаторів C1, C2 після відключення джерела живлення. Конденсатори C1, C2 повинні витримувати робочу напругу мережі (311 В), тобто необхідно використовувати конденсатори, що витримують напругу 400 В, тип X2.

Коли джерело живлення включається в мережу, струм проходить через фільтр, діодний міст і починає заряджати конденсатор C3. У цьому випадку

струм заряду конденсатора досить великий і загрожує поломкою діодного моста Vr1. Для обмеження струму заряду на початку блоку живлення використовується резистор R1. Замість нього можна використовувати термістор з номінальним значенням 3,3 - 4,7 Ом. Діодний міст Vr1 повинен бути розрахований на зворотну напругу щонайменше 400 В, подану на нього. Конденсатор С3 також повинен бути розрахований на напругу 400 В.

Для організації живлення мікросхеми IR2153 використовується ланцюг R3, D1. Опір R3 в діапазоні від 5 кОм до 25 кОм досягає споживання струму мікросхеми від 5 мА до 20 мА. Оптимальне значення резистора R3 вибирається на основі вимірювання напруги на клеммах 1, 4 мікросхеми IR2153 - ця напруга повинна бути не менше 14,5 В. Резистор R3 повинен бути розрахований на розсіювання потужності 2 Вт.

Живлення контрольних каскадів вихідних транзисторів мікросхеми здійснюється ланцюгом D2, C7. Якщо в схемі використовується мікросхема IR2153D, то діод D2 не встановлений. Ємність C7 - 0,22 мкФ при напрузі не менше 25 В.

Потужність цього джерела живлення встановлюється вихідними польовими транзисторами Т2, Т3.

Конденсатор С11 призначений для придушення перешкод, що передаються трансформатором Tr1. Конденсатори С8, С9 - служать для придушення радіочастотних перешкод, а R8, R9 - для їх розрядки. R7, С10 - пригнічує паразитні коливання, наявні під час роботи Tr1.

Вихідні діоди випрямляча повинні витримувати зворотну напругу більше 100 В (при умові вихідної напруги 18 В), тобто щонайменше 5 разів. Час зворотного відновлення діодів становить щонайменше 100 наносекунд.

Захист від КЗ на виході представлений компонентами Т1, LED1 LED, D7, R10-R13 і С16. Принцип роботи такий: із збільшенням споживання струму, що проходить через резистор R10, падіння напруги зростає, чого достатньо для розмикання транзистора Т1. Коли Т1 відкривається, то через

діод D7 вихід мікросхеми IR2153 знаходиться на землі, що призводить до відключення генерації мікросхеми. Далі падіння напруги на R10 зникає, і блок живлення знову відновлює роботу.

Наведена на рис. 1.13 схема працюватиме в ролі стабілізатора напруги.

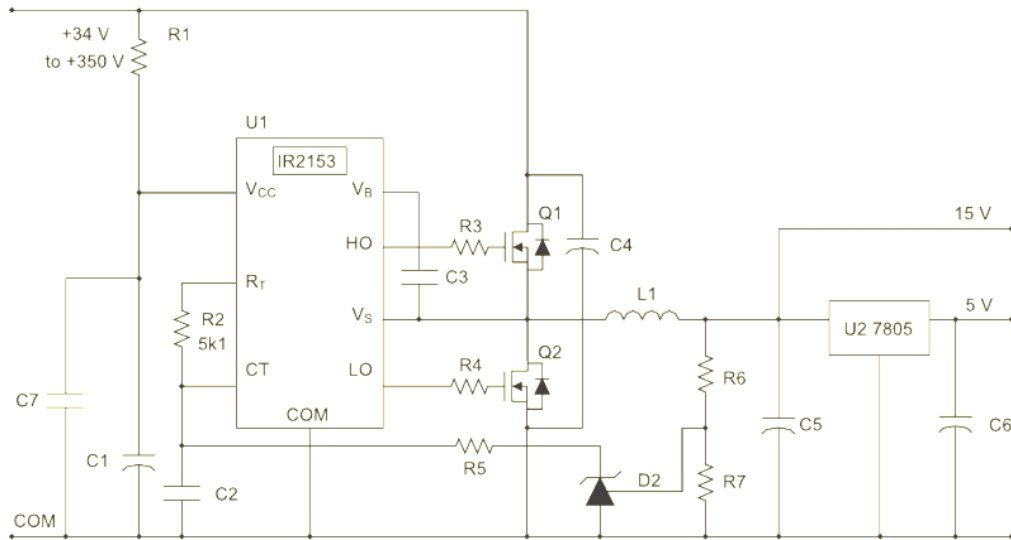


Рисунок 1.13 – Стабілізатор напруги на IR2155

Розглянемо декілька схем блоків живлення на згаданих драйверах.

На рис. 1.14 наведено схему електричну принципову інвертора на IR2153/IR2155.

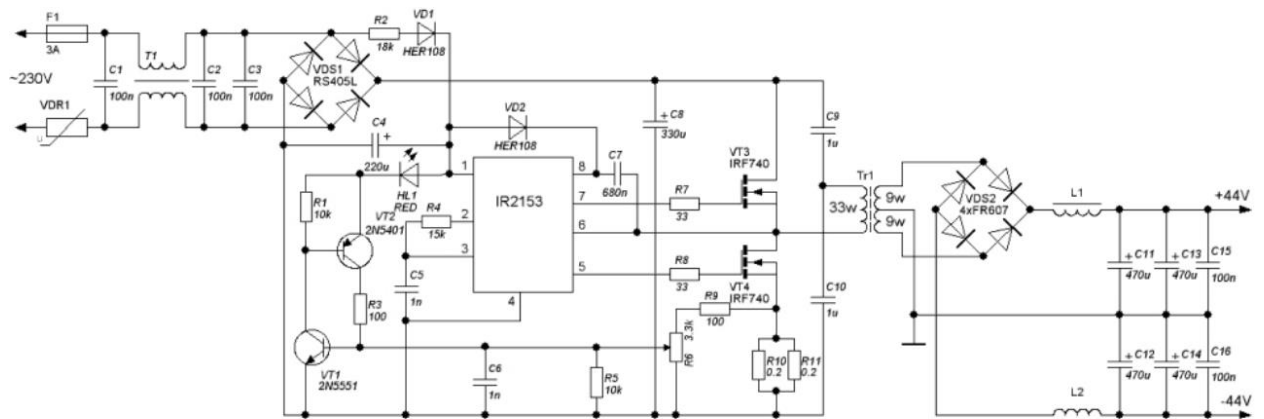


Рисунок 1.14 – Інвертор на IR2153/ IR2155

Захист організовано на падінні напруги на резисторах R10-R11, проте воно відстежує струм, що протікає тільки через транзистор VT4. В принципі бажано стежити за обома транзисторами.

Наступна схема мережевого перетворювача (рис. 1.15) примітна тим, що трансформатор містить окрему обмотку для живлення мікросхеми. Так само введена індуктивність L3, що зменшує ударні процеси в трансформаторі.

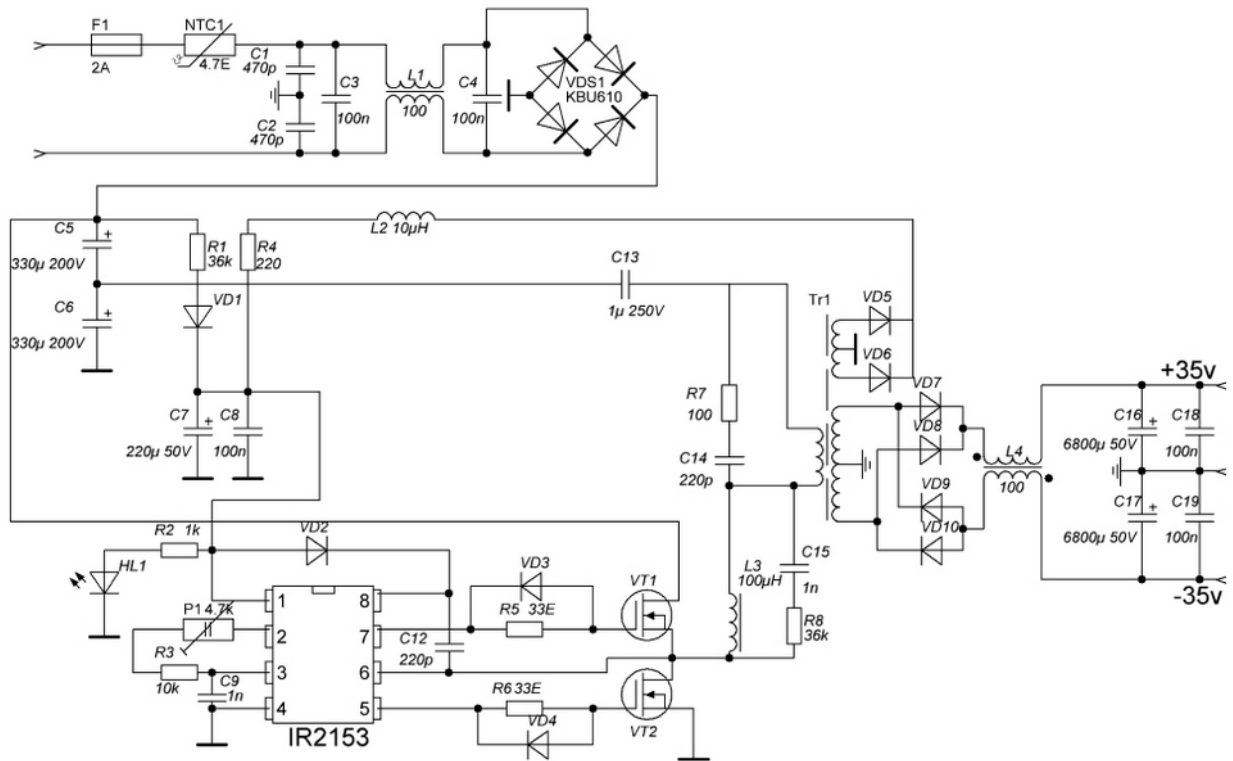


Рисунок 1.15 – Схема електрична принципова мережевого перетворювача

1.3.2 Обґрунтування вибору власного рішення.

Схема електрична принципова на двотактних півмостових перетворювачах зображена на рис. 1.16.

Перетворювач має різноманітні захисти, зокрема від перегрузки та короткого замикання. Для керування силовими комутаторами VT3 і VT4 використано схеми емітерних повторювачів на біполярних транзисторах для швидшого розрядження та закривання силових комутаторів.

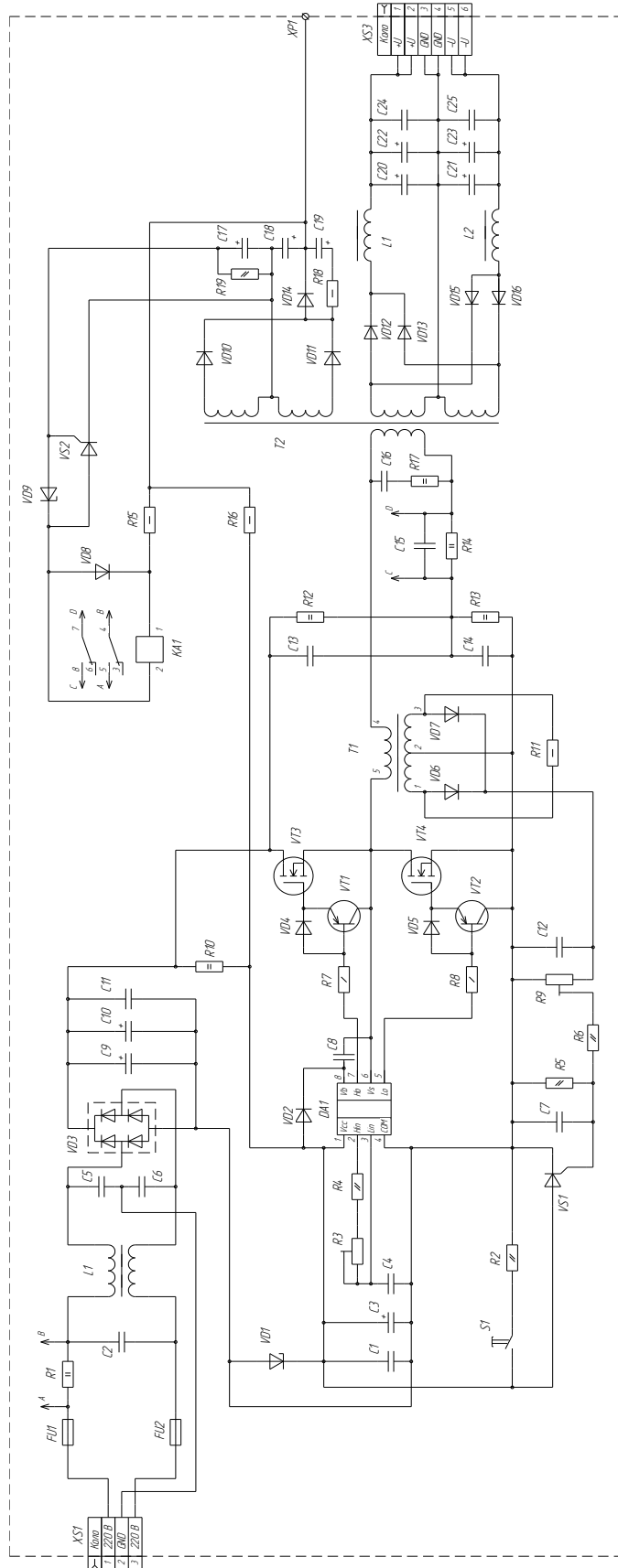


Рисунок 1.16 – Схема проектного блока

При цьому можуть бути застосовані в якості силових комутаторів такі транзистори, як IRFP460, IRFPS37N50A, IRFP360, SPW35N60C3 та інші в залежності від очікуваної потужності проектного блока живлення.

В початковий момент часу при увімкненні напруга подається через опір R1 на діод ний випрямляч. Далше через опір R10 напруга подається через опори R15 і R16 на електромагнітне реле та безпосередньо на мікросхему. З іншої обмотки електромагнітного реле напруга поступає на VS2 та стабілітрон. При її значенні в 13 В вона відкріє VS2. Який зашунтує опір R1 та елементи R14 і C15.

Для живлення електромагнітного реле та власне мікросхему передбачено виконани окрему обмотку та імпульсному трансформаторові та використати випрямні елементи VD10 і VD11 До роз'ємну XP1 підключається зовнішній охолоджуючий вентилятор через струмообмежуючий резистор R18.

1.3.3 Розрахунки вузлів схеми

Проведемо розрахунки кіл живлення імпульсного трансформатора: елементи частотозадаючої обв'язки ШІМ драйвера та кола керування силовими комутаторами.

Частота генератора може бути оцінена наступним чином:

- для IR2151:

$$f = \frac{1}{1,4 \cdot (R_T + 75) \cdot C_T}, \quad (1.2)$$

- для IR2155:

$$f = \frac{1}{1,4 \cdot (R_T + 150) \cdot C_T}. \quad (1.3)$$

					СНІ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		26

Оскільки при проектуванні використано драйвер IR2155, і нехай частота перетворення повинна становити 50 кГц, знайдемо номінали частотозадаючих елементів. На схемі електричній принциповій замість одного резистора RТ використано послідовне з'єднання двох резисторів: постійного і підстроювального, для можливості підлаштування робочої частоти перетворювача. Тому вираз для робочої частоти матиме вигляд:

$$f = \frac{1}{1,4 \cdot (R3 + R4 + 150) \cdot C4}$$

Прийmemo C4=820 пФ, тоді:

$$(R3 + R4 + 150) = \frac{1}{1,4 \cdot f \cdot C4} = \frac{1}{1,4 \cdot 50 \cdot 10^3 \cdot 820 \cdot 10^{-12}} = 17,4 \text{ кОм}$$

Тоді:

$$R3 + R4 = 17,4 - 0,15 = 17,25 \text{ кОм}$$

Прийmemo із стандартного ряду наступні номінали: R3=10 кОм, R4=8,2 кОм. При цьому сумарний опір збільшиться до 18,2 кОм, а робоча частота впаде до 48 кГц, що є не суттєвим та має бути враховане при розрахунках імпульсного трансформатора.

Проведемо вибір силових транзисторів та елементів їх обв'язки. Найважливішим при узгодженні драйвера та транзисторів є енергія затвора Q_g , тому що саме від неї залежатиме миттєве значення максимального струму керування. В таблиці 1.2 наведено основні параметри транзисторів для імпульсних блоків живлення.

					СНІ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		27

Таблиця 1.1 – Основні параметри транзисторів для імпульсних блоків

живлення

Марка	Напруга	Струм	Опір	Потужність	Ємність затвора	Q_g
1	2	3	4	5	6	7
IRFBC30	600 В	3.6А	1.8	100 Вт	660 пФ	17...23 нКн
IRFBC40	600 В	6.2А	1	125 Вт	1300 пФ	38...50 нКн
IRF740	400 В	10А	0.48	125 Вт	1400 пФ	35...40 нКн
STP8NK80Z	800 В	6А	1.3	140 Вт	1300 пФ	46 нКн
STP10NK60Z	600 В	10А	0.75	115 Вт	1370 пФ	50...70 нКн
STP14NK60Z	600 В	13А	0.5	160 Вт	2220 пФ	75 нКн
STP25NM50N	550 В	22А	0.14	160 Вт	2570 пФ	84 нКн
IRFB18N50K	500 В	17А	0.26	220 Вт	2830 пФ	120 нКн
SPA20N60C3	650 В	20А	0.19	200 Вт	2400 пФ	114 нКн
STP17NK40Z	400 В	15А	0.25	150 Вт	1900 пФ	65 нКн
STP8NK80ZFP	800 В	6А	1.3	30 Вт	1300 пФ	46 нКн

1	2	3	4	5	6	7
STP10NK60ZFP	600 В	10А	0.19	35 Вт	1370 пФ	50...70 нКн
STP14NK60ZFP	600 В	13А	0.5	160 Вт	2220 пФ	75 нКн
STP17NK40ZPFP	400 В	15А	0.25	150 Вт	1900 пФ	65 нКн
IRFP22N60K	600 В	22А	0.24	370 Вт	3570 пФ	150 нКн
IRFP32N50K	500 В	32А	0.135	460 Вт	5280 пФ	190 нКн
IRFPS37N50A	500 В	36А	0.13	446 Вт	5579 пФ	180 нКн
IRFPS43N50K	500 В	47А	0.078	540 Вт	8310 пФ	350 нКн
IRFP450	500 В	14А	0.33	190 Вт	2600 пФ	150 нКн
IRFP360	400 В	23А	0.2	250 Вт	4000 пФ	210 нКн
IRFP460	500 В	20А	0.85	280 Вт	1300 пФ	39...50 нКн
SPW20N60C3	650 В	20А	0.19	200 Вт	2400 пФ	114 нКн
SPW35N60C3	650 В	34А	0.1	310 Вт	4500 пФ	200 нКн
SPW47N60C3	650 В	47А	0.07	415 Вт	6800 пФ	320 нКн

Як відомо, найбільш точно динамічні властивості польового транзистора характеризують не значення його паразитних ємностей, а повний заряд затвора – Q_g . Значення параметра Q_g пов'язує між собою математичним шляхом імпульсний струм затвора з часом перемикання транзистора, тим самим надаючи можливість правильно розрахувати вузол керування.

Для перетворювача використаємо силові транзистори IRFP460. У цього транзистора при струмі стоку $I_s=5$ А, напрузі стік - витік $U_{ds}=400$ В і напрузі затвор-витік $U_{gs}=10$ В повний заряд затвора дорівнює $Q_g= 63$ нКл. При незмінній напрузі затвор-витік заряд затвора зменшується зі збільшенням струму стоку I_s і зі зменшенням напруги стік-витік U_{gs} .

Зробимо розрахунок параметрів схеми управління за умови, що необхідно досягти часу включення транзистора $t_{on}=120$ нс. Для цього струм управління драйвера повинен мати значення:

$$I_g = Q_g / t_{on} = 63 \cdot 10^{-9} / 120 \cdot 10^{-9} = 0,525 \text{ А} \quad (1.4)$$

При напрузі сигналу керування на затворі 15В сумарний вихідний опір що складається з опору резистора та драйвера, повинен бути меншим за:

$$R_{max} = U_g / I_g = 15 / 0,525 = 29 \text{ (Ом)} \quad (1.5)$$

Знайдемо значення вихідного опору мікросхеми:

$$R_{on} = U_{cc} / I_{max} = 15\text{В} / 210\text{мА} = 71,43 \text{ Ом}$$

$$R_{off} = U_{cc} / I_{max} = 15\text{В} / 420\text{мА} = 33,71 \text{ Ом}$$

Якщо прийняти до уваги, що $R_{max}=29\text{Ом}$ можна констатувати, що така мікросхема не забезпечить швидкодію елемента IRFP460 Однак, якщо прийняти $R_g=22$ Ом, час включення ключа буде рівний:

$$R_{Eon} = R_{on} + R_{gate}, \quad (1.6)$$

де R_E – повний опір, R_{out} – вихідний опір мікросхеми, R_{gate} - опір в колі комутатора:

$$R_{gate}=71,43+22=93,43 \text{ Ом};$$

$$I_{on}=U_g/R_{Eon}, \quad (1.7)$$

тут I_{on} – струм відкриття, U_g – напруга на затворі:

$$U_g=15/93,43=160 \text{ мА};$$

$$t_{on}=Q_g/I_{on}=63 \cdot 10^{-9}/0,16 = 392 \text{ нс}$$

Час виключення становитиме:

$$R_{Eoff}=R_{out}+R_{gate}, \quad (1.8)$$

$$R_{gate}=36,71+22=57,71 \text{ Ом};$$

$$I_{off}=U_g/R_{Eoff}, \quad (1.9)$$

тут I_{off} – аналогічно струм відкриття, U_g – аналогічно напруга затвора:

$$U_g=15/58= 259 \text{ мА};$$

$$t_{off}=Q_g/I_{off}=63 \cdot 10^{-9}/0,26=242 \text{ нс}$$

Реальний час t_{on} становитиме:

$$t_{on}=392+40=432 \text{ нс},$$

$$t_{off}=242+80=322 \text{ нс}.$$

Використаємо снабер в колі первинної обмотки імпульсного трансформатора. Приймаємо номінали елементів снабера наступних номіналів: $C16=820$ пФ, $R17=240$ Ом.

Діодний міст VD3 випрямляє мережеву напругу, тому його зворотня напруга має бути більшою ніж амплітудне значення мережевої напруги (< 315 В). Виберемо діодний міст MB5010, для якого максимальна зворотна напруга рівна 1000 В, прямий струм – 50 А, максимальний імпульсний прямий струм (при $\tau_m < 10\text{мс}$) – 400 А.

Для захисту в коло введено опір R1, який обмежує струм в долі моста при заряджанні конденсаторів C9,C10 при включенні живлення. Нехай його опір становить 360 Ом, тоді максимальний імпульсний струм через діоди в момент включення становитиме:

$$i = \frac{315}{360} = 0,875\text{А} \quad (1.10)$$

Цей опір також призначений для плавного пуску перетворювача. Через певний час він шунтується з допомогою електромагнітного реле КА1.

Ємність конденсаторів C9+C10 знаходимо за формулою:

$$C = \frac{P_n}{200 \cdot K_n \cdot U_{ж}^2} \quad (1.11)$$

де P_n – номінальна потужність (1000 Вт), K_n – коефіцієнт пульсацій (10%),
 $U_{ж}$ – напруга живлення (248 В),

$$C = \frac{700}{200 \cdot 0,1 \cdot 248^2} \approx 619 \text{ мкФ}. \quad (1.12)$$

Приймаємо $C9=C10=330$ мкФ.

Подібним чином проводяться розрахунки решти однотипних кіл схеми електричної принципової.

1.4 Вибір компонентної бази блока живлення

Резистори вибрано С2-33, загального призначення, вони є постійними, мають металодіелектричний провідний шар. Діапазон номінальних опорів від одного до $3,01 \cdot 10^6$ Ом (проміжні значення номінальних опорів для допуску $\pm 0,5\% \div \pm 5\%$ відповідають ряду Е96).

Рівень власних шумів не перевищує 6 мкВ/В.

Максимальна напруга до пробою становить 100 В.

Змінні резистори вибрано типу СП5-2ВБ, що є дротяними багатообертними з круговим переміщенням рухомої системи.

Номінальний опір для них становить від трьох до 22000 Ом, допуск 5 та 10 %.

Вибрано електролітичні К50-35 та неелектролітичні конденсатори К10-17.

Призначені для роботи в електричних колах постійного, змінного і імпульсного струмів.

Конденсатори К73-17 – керамічні постійної ємності. Призначені для роботи в електричних колах постійного, змінного і імпульсного струмів.

Після цього, враховуючи режими роботи, було підібрано стабілітрони ВZX55С15, ВZX55С12, діодний міст КВU810, діоди SF16, 1N4148, HER108, HFA15TB60, транзистори ВD138, силові транзистори IRFP460 та тиристри MCR100-8.

Основні технічні характеристики стабілітронів ВZX55С15/12:

- напруга стабілізації, В ... 15/12;

					СНІ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		33

- максимальний струм стабілізації, мА ... 27;
- максимальна потужність, Вт ... 0,5;
- діапазон робочих температур: від -55°C до $+200^{\circ}\text{C}$.

Основні технічні характеристики діодного моста KBU810:

- максимальна зворотна напруга, В ... 1000;
- середній прямий струм, А ... 8;
- імпульсний прямий струм, А ... 300;
- діапазон робочих температур: від -55°C до $+150^{\circ}\text{C}$.

Основні технічні характеристики діодів SF16:

- максимальна зворотна напруга, В ... 400;
- середній прямий струм, мА ... 1000;
- імпульсний прямий струм, А ... 30;
- діапазон робочих температур: від -55°C до $+150^{\circ}\text{C}$.

Основні технічні характеристики діодів HER108:

- максимальна зворотна напруга, В ... 1000;
- середній прямий струм, мА ... 1000;
- імпульсний прямий струм, А ... 30;
- діапазон робочих температур: від -55°C до $+150^{\circ}\text{C}$.

Основні технічні характеристики діодів HFA15TB60:

- максимальна зворотна напруга, В ... 600;
- середній прямий струм, А ... 15;
- імпульсний прямий струм, А ... 150;
- діапазон робочих температур: від -55°C до $+150^{\circ}\text{C}$.

Основні технічні характеристики діодів 1N4148:

- середній прямий струм, мА ... 100;
- максимальна зворотна напруга, В ... 50;
- імпульсний прямий струм, мА ... 1500;
- діапазон робочих температур: від -55°C до $+85^{\circ}\text{C}$.

Транзистори IRFP460 – потужні N-канальні MOSFET транзистори.

Основні технічні характеристики транзисторів IRFP460:

- максимальний струм стоку..... 20А
- максимальна напруга стік-витік..... 500В
- опір стік-витік..... 0,27 Ом
- максимальна потужність розсіювання..... 280Вт
- допустима напруга на затворі..... ±20В
- порогова напруга на затворі..... +4В
- корпус..... TO-247АС
- температурний діапазон..... -55..+150°C

Транзистор BD138 – кремнієві епітаксійно-планарні, біполярні транзистори р-п-р структури. Призначені для використання в ключових і лінійних схемах, блоках і вузлах радіоелектронної апаратури широкого застосування

Основні технічні характеристики транзистора:

- статичний коефіцієнт передачі емітера, А ... 40;
- максимальний струм колектора, А ... 1,5;
- максимальна напруга колектор-база, В ... 70;
- максимальна розсіювана потужність колектора, Вт, ... 10.

Основні технічні характеристики тиристорів MCR100-8:

- максимальна зворотна напруга, В ... 600;
- середній прямий струм у відкритому стані, мА ... 800;
- відкриваючий струм, мА ... 200;
- відкриваюча напруга, В ... 1,2;
- діапазон робочих температур: від –55°C до +85°C.

Більшість інтегральних мікросхем (ІМС) виконують функцію підсилювача чи стабілізатора, а також можуть керувати як вхідними так і вихідними сигналами.

Серед ІМС було підібрано такі мікросхеми:

IR2155 – самотактований півмостовий драйвер. Технічні параметри:

Вибір перерахованих вище елементів пояснюються їх дешевизною поряд з їх надійністю, невеликою масою і розмірами.

1.5 Компонування друкованого вузла блока живлення

Розглянемо детальніше конструктивні особливості розроблюваного блоку. В конструкції друкованого вузла блоку використані радіоелементи тільки з штирьовими виводами (встановлені з одного боку ДП).

Використана елементна база наведена в додатках – в переліку елементів та специфікації. Вона включає в себе 15 неелектролітичних конденсаторів та 10 електролітичних конденсаторів, 18 постійних резисторів та одип підстроювальний. Також в перетворювачеві використано 1 мікросхему (DIP-8), 2 тиристри з корпусом КТ-28, силові транзистори з типом корпуса ТО-247 АС та силові випрямні діоди HFA15TB60 з типом корпуса ТО-220 АС. Теплочутливими елементами в конструкції блоку є діодний міст VD3, транзистори VT3 та VT4, діоди VD12, VD13, VD15, VD16. Ці елементи в процесі роботи розсіюватимуть значну потужність, тому їх встановлено на додаткові радіатори.

Значення діаметрів отворів для встановлення елементів можуть бути визначені за наступним виразом:

$$d = d_e + |\Delta d_{н.в.}|r, \quad (1.13)$$

де d_e – значення діаметра виводу ЕРЕ;

$\Delta d_{н.в.}$ – допустиме відхилення від діаметра установчого отвору;

r – різниця між значенням діаметра установчого отвору і значенням діаметра виводу ЕРЕ.

Проаналізуємо діаметри виводів ЕРЕ, які використовуються в конструкції блока живлення:

- для резисторів:

$$d_e = 0,6 \text{ мм};$$

- для конденсаторів К73-17:

$$d_e = 0,6 \text{ мм};$$

- К50-35:

$$d_e = 0,6 \text{ мм};$$

- для діодів:

$$d_e = 0,6 \text{ мм};$$

- для транзисторів:

$$d_e = 0,6 \text{ мм};$$

- для мікросхеми:

Таким чином діаметри установчих отворів будуть наступні:

- для резисторів $d_1 = 1 \text{ мм};$

- для конденсаторів $d_2 = 0,8 \text{ мм}; d_3 = 0,8 \text{ мм};$

- для діодів $d_4 = 1 \text{ мм};$

- для транзисторів $d_5 = 1 \text{ мм}; d_6 = 1 \text{ мм}; d_7 = 1,1 \text{ мм};$ – приймаємо

1,3 мм;

- для мікросхеми $d_8 = 0,8 \text{ мм};$

Розміри контактних площадок можуть бути визначені за виразом:

$$D = (d + \Delta d_{e.e.}) + 2e + \Delta t_{e.e.} + 2\Delta d_{mp} + \sqrt{\delta d^2 + \delta p^2 + \Delta t_{n.e.}}, \quad (1.14)$$

де d – значення діаметра установчого отвору,

$\Delta d_{e.e.}$ – відхилення діаметру установчого отвору;

e – додатковий поясок;

					СНІ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		37

$\Delta t_{в.в}$, $\Delta t_{н.в}$, – відхилення ширини провідника,

Δd_{mp} , δ , δp – допуски на підтравлення діелектрика, зсув отворів та контактних площадок.

Таким чином:

- діаметр контактної площадки для установчого отвору $d=0,8$ мм:

$$D_1 = (0.8 + 0.1) + 2 \cdot 0.2 + 0.1 + 2 \cdot 0.03 + \sqrt{0.2^2 + 0.3^2 + 0.1^2} = 1.8 \text{ мм},$$

- для $d=1$ мм:

$$D_2 = (1 + 0.1) + 2 \cdot 0.2 + 0.1 + 2 \cdot 0.03 + \sqrt{0.2^2 + 0.3^2 + 0.1^2} = 2 \text{ мм}.$$

- для $d=1,3$ мм:

- для $d=1,3$ мм:

$$D_3 = (1,3 + 0,15) + 2 \cdot 0,2 + 0,1 + 2 \cdot 0,03 + \sqrt{0,2^2 + 0,3^2 + 0,1^2} = 2,4 \text{ мм}.$$

Ширина провідників може бути визначена за виразом:

$$t = t_{м.д.} + |\Delta t_{н.о.}|, \quad (1.15)$$

де $t_{м.д.}$ – найменша можлива ширина провідника,

$\Delta t_{н.о.}$ – допуск, $\Delta t_{н.о.} = 0.1$ мм.

Приймаємо $t=0,3$ мм. Згідно вибраного 2-го класу точності плати друкованої вибираємо $t_{м.д.}=0,45$ мм, тоді:

					СНІ 2.087.001 ПЗ	Арк
						38
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		

$$t = 0,45 + 0,1 = 0,55 \text{ мм}$$

Відстань між провідниками може бути визначена за виразом:

$$S = S_{\text{м.д.}} + \Delta t_{\text{в.в.}} \delta \ell, \quad (1.16)$$

де $S_{\text{м.д.}}$ – найменша відстань між провідниками;

$\delta \ell$ – допуск.

Вибираємо $\delta \ell = 0,1 \text{ мм}$, $\Delta t_{\text{в.в.}}$, $S_{\text{м.д.}} = 0,45 \text{ мм}$. Тоді:

$$S = 0,45 + 0,1 + 0,1 = 0,65 \text{ мм}$$

За наступним виразом може бути оцінене значення відстані ℓ для встановлення провідників між отворами з діаметрами площадок D_1 і D_2 :

$$\ell = \frac{D_1 + D_2}{2} + t_n + S(n + 1) + \delta \ell, \quad (1.17)$$

де n – число провідників,

t_n – ширина провідника;

$\delta \ell$ – допуск.

Для $D_1 = 1,8 \text{ мм}$ і $D_2 = 2 \text{ мм}$.

$$\ell = \frac{1,8 + 2}{2} + 0,45 + 0,45 \cdot 2 + 0,1 = 3,35 \text{ мм}$$

Для $D_1 = 2 \text{ мм}$ і $D_2 = 2,4 \text{ мм}$.

$$\ell = \frac{2+2,4}{2} + 0,45 + 0,45 \cdot 2 + 0,1 = 3,65 \text{мм}$$

Для $D_1 = D_2 = 1,8 \text{мм} : \ell_{11} = 3,25 \text{мм}$, $D_1 = D_2 = 2 \text{мм} : \ell_{22} = 3,45 \text{мм}$,

$D_1 = D_2 = 2,4 : \ell_{33} = 3,85 \text{мм}$,

Так як всі параметри елементів вузла відомі, то будемо проводити проектування топології друкованої плати (ДП), друкованого вузла (ДВ) в САПР P-CAD 2006.

Для зручнішої роботи з кресленнями проводимо конвертування їх в середовище Компас.

Відкриваємо схему електричну принципову складену в P-CAD. Конвертуємо в формат DXF отримуємо файли, що завантажуються в в середовище Компас.

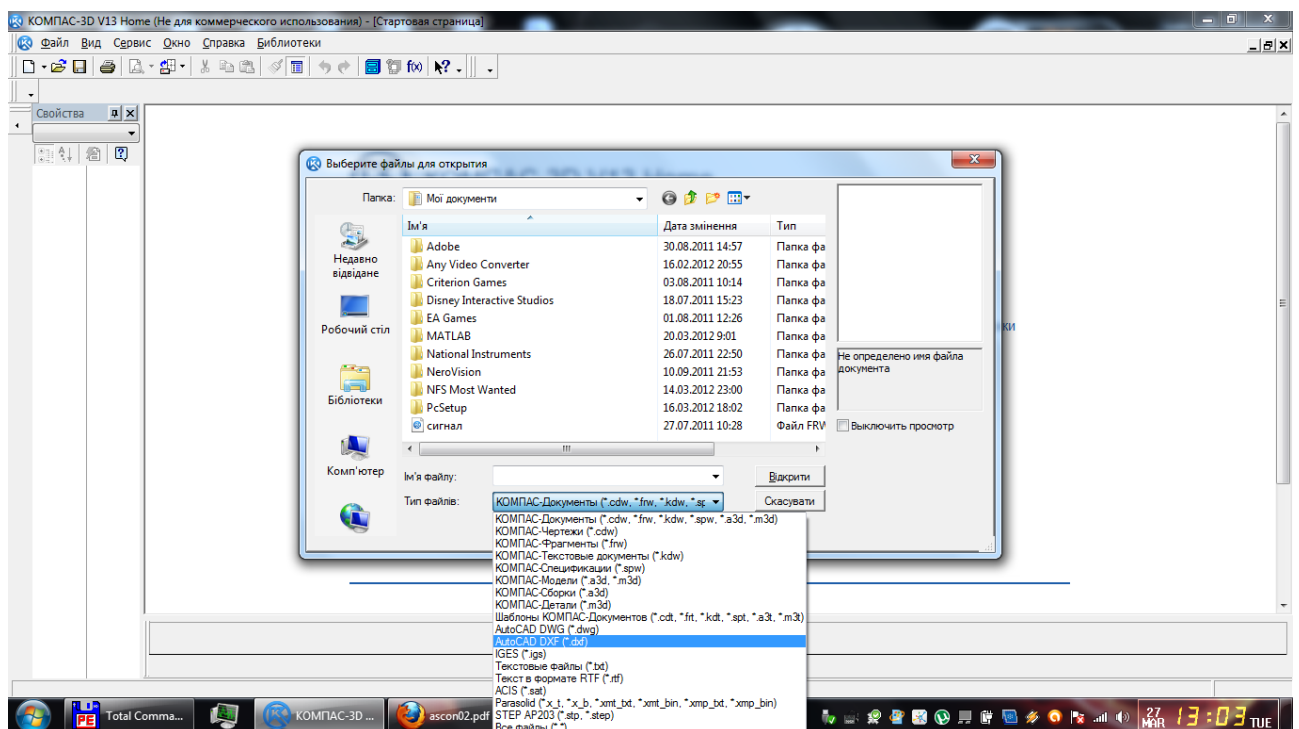


Рисунок 1.17 – Зображення імпортування файлів з формату DXF

В САПР Компас завантажиться рисунок схеми (рис. 1.18).

					СНІ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		
					40	

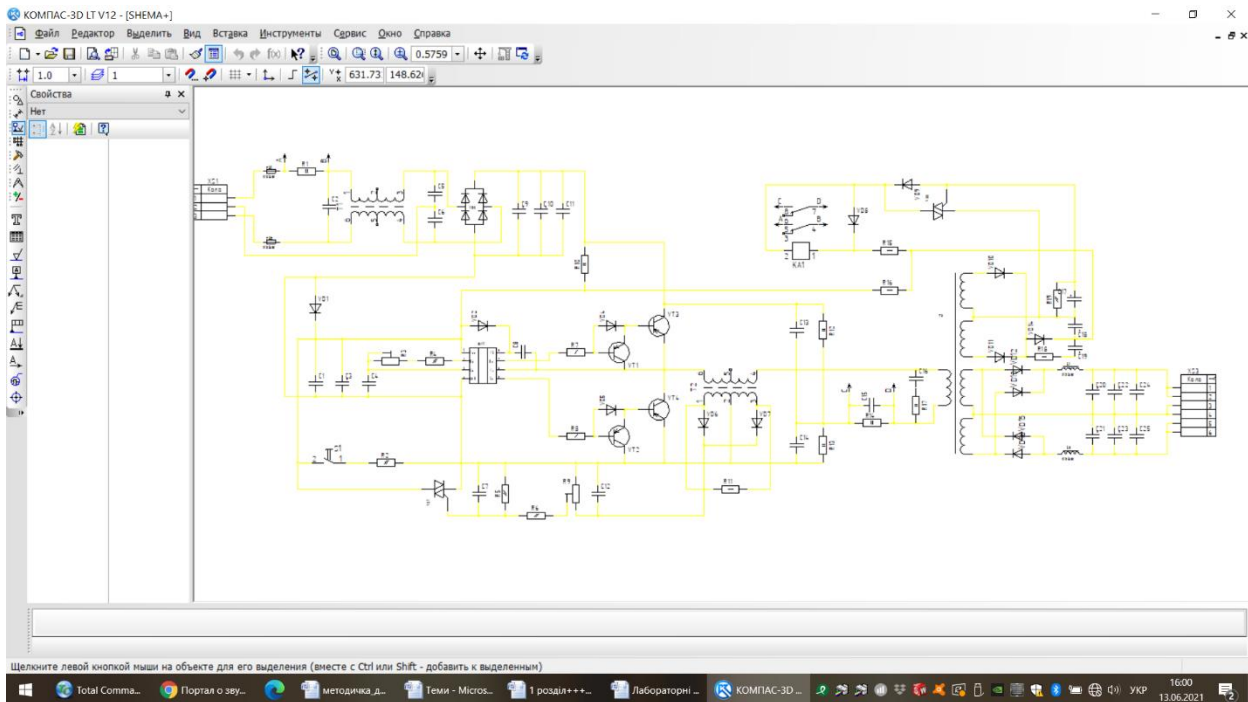


Рис. 1.18 – Схема електрична принципова завантажена в САПР Компас

Далі проводимо налаштування стилів ліній та тексту (рис. 1.19).

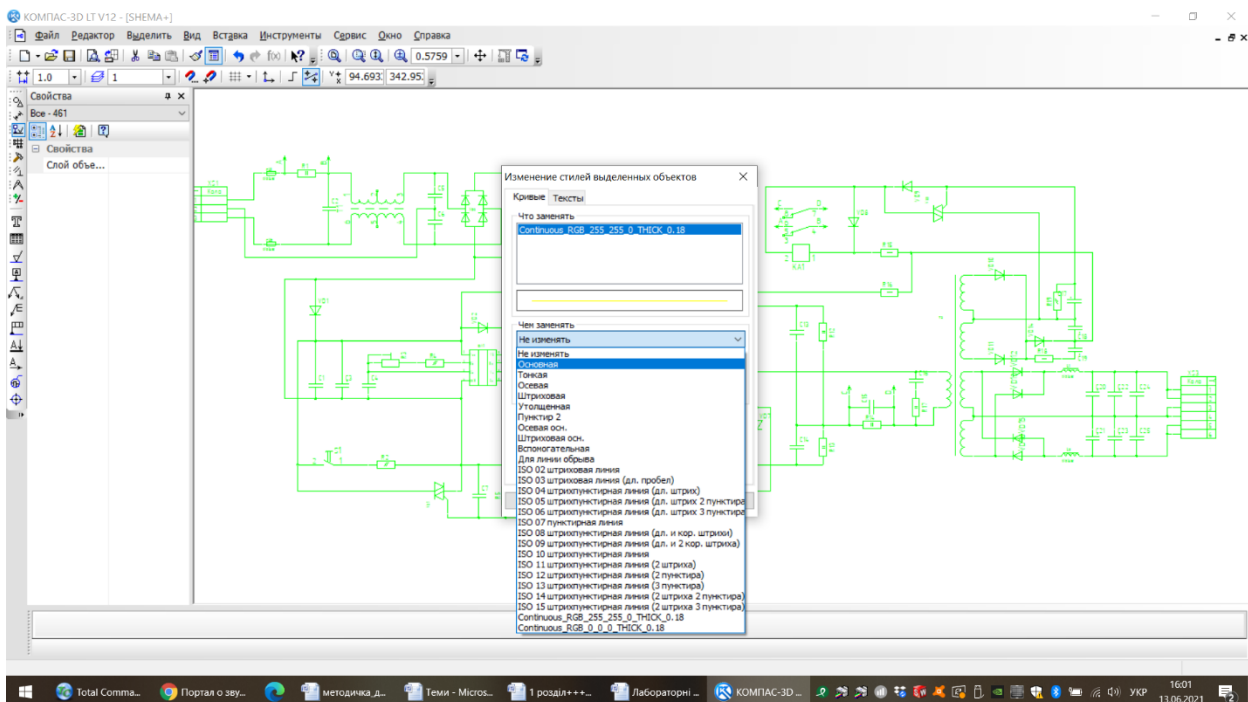


Рисунок 1.19 – Зміна стилів ліній

Після цього виберемо стиль «Текст на чертеже» (рис. 1.20).

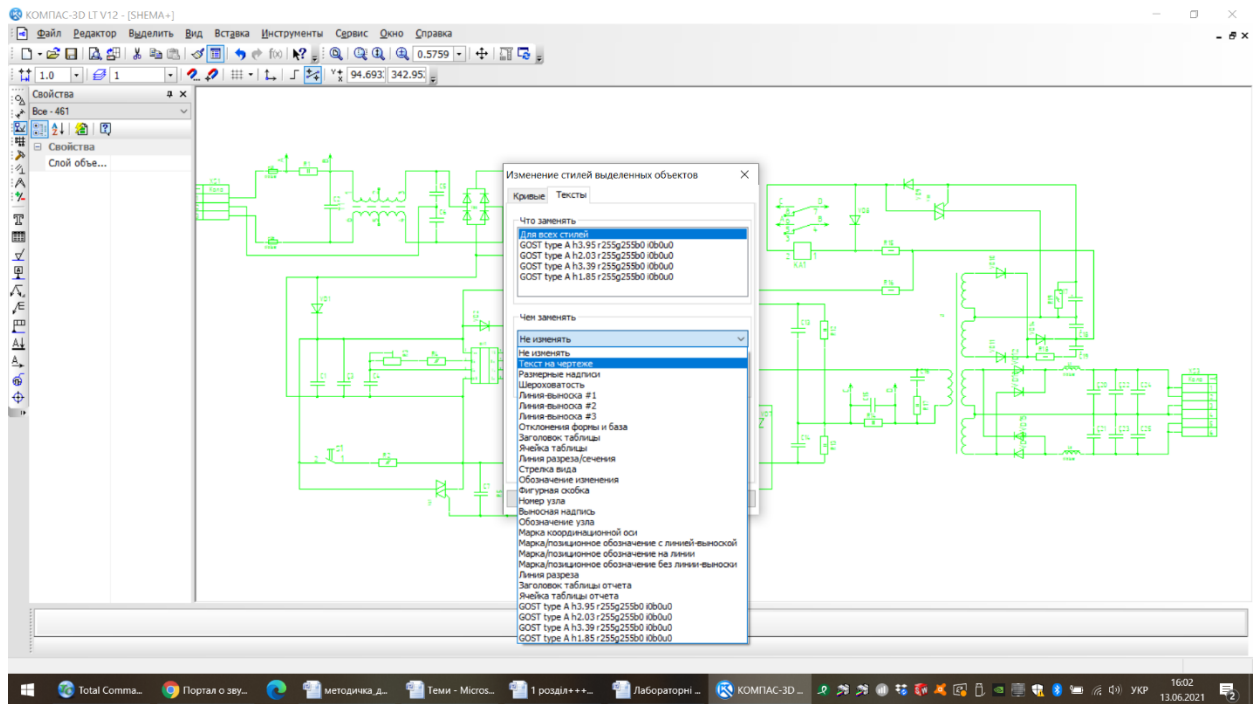


Рисунок 1.20 – Зміна стилів текстів

Отримуємо схему зображеного на рис. 1.21.

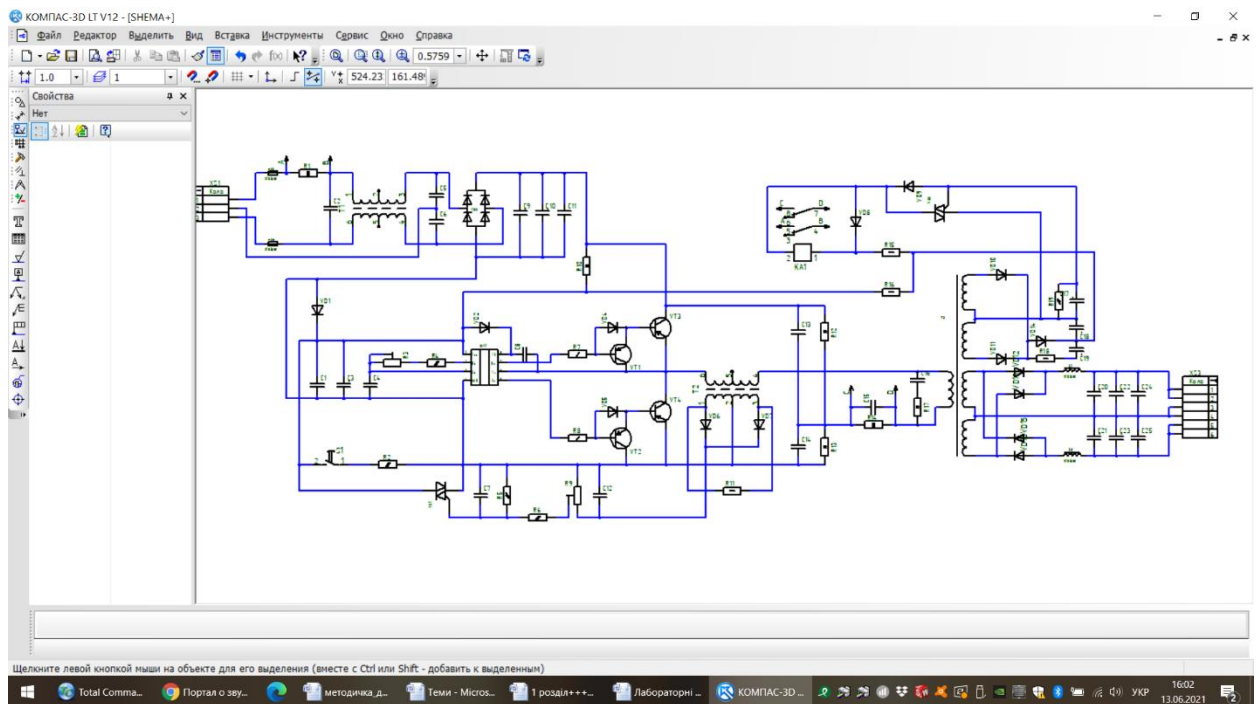


Рисунок 1.21 – Схема електрична принципова після зміни стилів ліній та тексту.

Далі копіюємо схему в новий формат (рис. 1.22).

Зм	Арк	№ докум	Підпис/Дат

СНІ 2.087.001 ПЗ

Арк
42

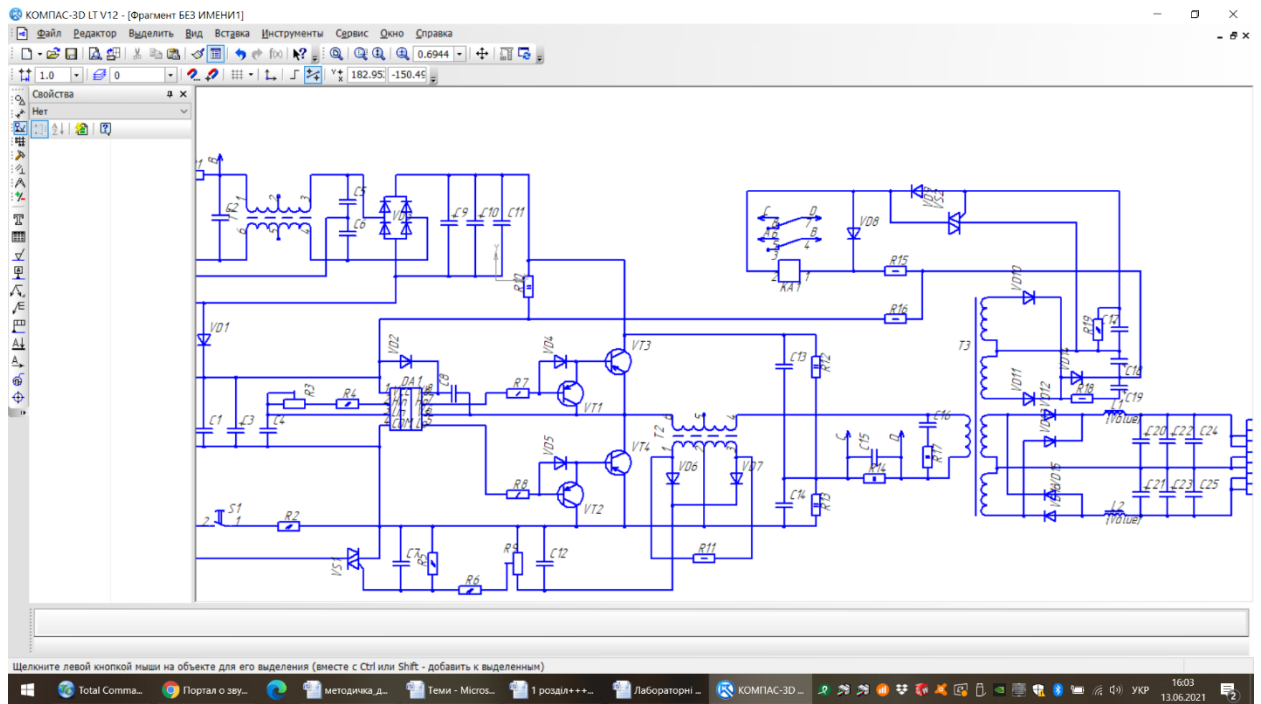


Рисунок 1.22 – Видяг схеми електричної принципової яка скопійованна у новий формат.

Креслення схеми готове до редагування засобами САПР Компас для оформлення згідно ЄСКД.

Отримане креслення схеми електричної принципової наведено на рис. 1.23.

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

СНІ 2.087.001 ПЗ

Арк
43

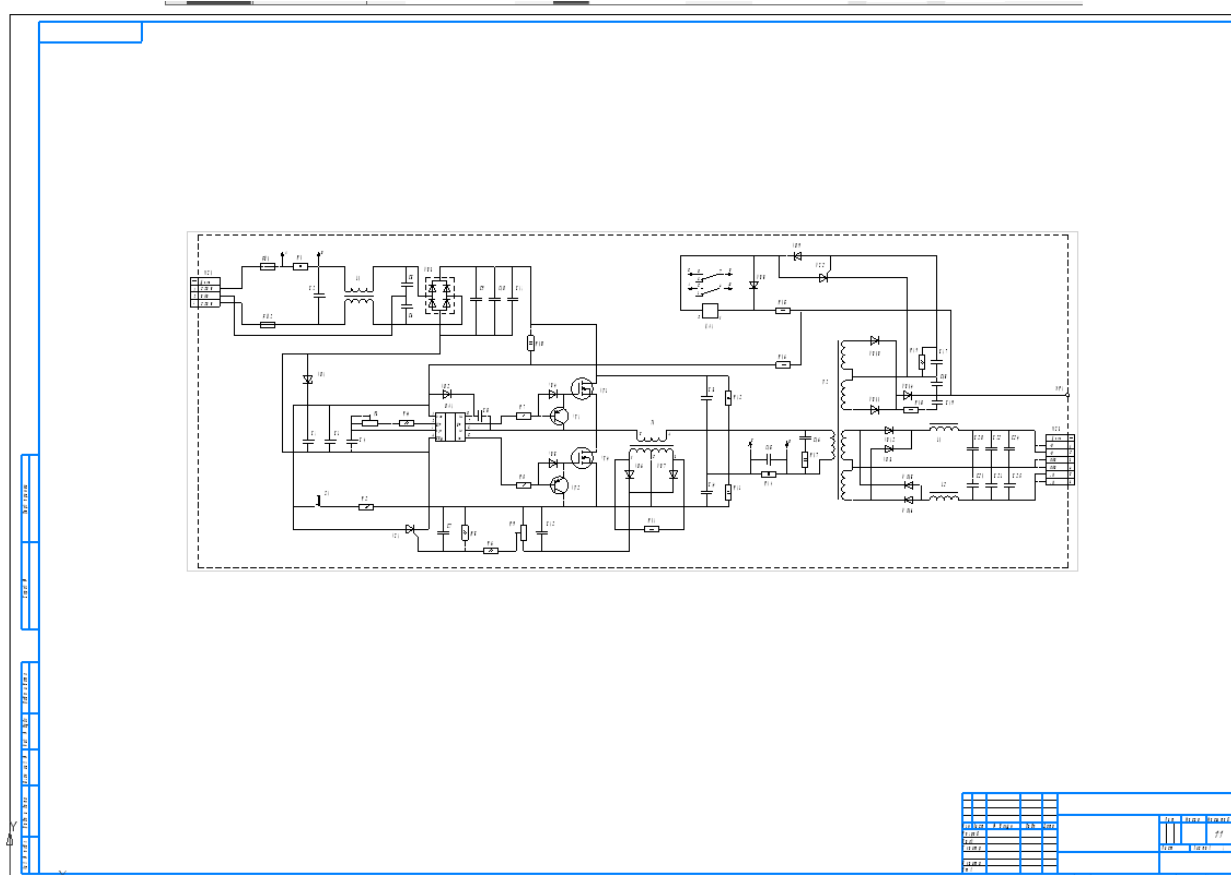


Рисунок 1.23 – Креслення схеми згідно ЄСКД

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

СИ 2.087.001 ПЗ

Арк
44

2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

2.1 Освітлення при виготовленні блоку живлення потужністю 1 кВт

Серед факторів зовнішнього середовища, що впливають на організм людини в процесі праці, світло займає одне з перших місць. Адже, відомо, що майже 90% всієї інформації про довкілля людина одержує через органи зору. Під час здійснення будь-якої трудової втомлюваність очей, в основному, залежить від напруженості процесів, що супроводжують зорове сприйняття. До таких процесів відносяться адаптація, акомодация та конвергенція.

Адаптація – пристосування ока до зміни умов освітлення (рівня освітленості).

Акомодация – пристосування ока до зрозумілого бачення предметів, що знаходяться від нього на неоднаковій відстані за рахунок зміни кривизни кришталика.

Конвергенція – здатність ока при розгляданні близьких предметів займати положення, при якому зорові осі обох очей перетинаються на предметі.

Світло впливає не лише на функцію органів зору, а й на діяльність організму в цілому. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Згідно з статистичними даними, до 5% травм можна пояснити недостатнім або нераціональним освітленням, а в 20% воно сприяло виникненню травм. Врешті, погане освітлення може призвести до професійних захворювань, наприклад, таких як робоча міопія (короткозорість), спазм акомодации.

					СНІ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		45

Для створення оптимальних умов зорової роботи при виготовленні виробу слід враховувати не лише кількість та якість освітлення, а й кольорове оточення. Так, при світловому пофарбуванні інтер'єру завдяки збільшенню кількості відбитого світла рівень освітленості підвищується на 20-40% (при тій же потужності джерел світла), різкість тіней зменшується, покращується рівномірність освітлення.

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях, де недостатньо природного світла, а також для освітлення приміщень в темний період доби. При організації штучного освітлення необхідно забезпечити сприятливі гігієнічні умови для зорової роботи і одночасно врахувати економічні показники.

Найменша освітленість робочих поверхонь у виробничих приміщеннях регламентується СНиП II-4-79 і визначається в основному, характеристикою зорової роботи. Норми носять міжгалузевий характер. На їх основі, яке правило, розробляють норми для окремих галузей промисловості.

В СНИП II-4-79 вісім розрядів зорової роботи, із яких перших шість характеризуються розмірами об'єкту розпізнавання. Для I-V розрядів, які окрім того мають ще і по чотири підрозряди (а, б, в, г) нормовані значення залежать не тільки від найменшого розміру об'єкта розпізнавання, але і від контрасту об'єкта з фоном та характеристики фону. Найбільша нормована освітленість складає 5000 лк (розряд Ia), а найменша – 30 лк (розряд VIIIв).

Для створення сприятливих умов зорової роботи при виготовленні даного виробу, які б виключали швидку втомлюваність очей, виникнення професійних захворювань, нещасних випадків і сприяли підвищенню продуктивності праці та якості продукції, виробниче освітлення повинно відповідати наступним вимогам:

- створювати на робочі поверхні друкованої плати, друкованого вузла, виробу (при монтажі вузла в корпус) освітленість, що

відповідає характеру зорової роботи і не є нижчою за встановлені норми;

- не повинно чинити засліплюючої дії як від самих джерел освітлення, так і від інших предметів, що знаходяться в полі зору;
- забезпечити достатню рівномірність та постійність рівня освітленості у виробничих приміщеннях, щоб уникнути частоті переадаптації органів зору;
- не створювати на робочій поверхні різких та глибоких тіней (особливо рухомих);
- повинен бути достатній для розрізнення деталей контраст поверхонь, що освітлюються;
- не створювати небезпечних та шкідливих виробничих факторів (шум, теплові випромінювання, небезпечне ураження струмом, пожежо- та вибухонебезпека світильників);

2.2 Розрахунок місцевого освітлення при виготовленні блоку живлення потужністю 1 кВт

Проведемо розрахунок місцевого освітлення. Користуючись даними відповідних таблиць із значеннями норм штучного та природного освітлення виробничих приміщень виберемо і запишемо характеристики зорової роботи: отже освітлення в нас середньої точності 0,5-1 з темним фоном і загальною освітленістю 300 лк. Розрахунок загального місцевого рівномірного освітлення виконується методом світлового потоку. Цей метод дозволяє врахувати як прямий світловий потік, так і відбитий від стін та стелі. Світловий потік Φ_l лампи розжарювання визначається по формулі:

$$\Phi_l = \frac{E \cdot K_z \cdot S \cdot Z}{N \cdot h} \quad (2.1)$$

					СНІ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		47

де E – нормована мінімальна освітленість, $E = 300лк$;

S – площа освітлювального приміщення, $S = 70м^2$;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $Z = 1.3$;

$K_з$ – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп, $K_з = 1.3$;

N – число світильників в приміщенні, $N = 10$;

η – коефіцієнт використання світлового потоку, $\eta = 3$.

$$\Phi_n = \frac{300 \cdot 1.3 \cdot 70 \cdot 1.3}{10 \cdot 3} = 1050_{лм}$$

Виходячи з цього розрахунку вибираємо лампу ЛД-920 потужність якої становить 20 Вт.

2.3 Особливості розрахунку штучної вентиляції при виготовленні блоку живлення потужністю 1 кВт

Штучна вентиляція може бути припливною, витяжною або припливно-витяжною. Найбільш досконалою системою штучної вентиляції є кондиціонування, тобто очищення повітря і створення та автоматичне регулювання в приміщенні оптимальних мікрокліматичних параметрів: температури, вологості, швидкості руху повітря. Є різні системи кондиціонерів. У найбільш досконалих приладах можна регулювати іонний склад, ароматизувати повітря.

Кондиціонери є місцеві й центральні. Місцеві, або кімнатні, кондиціонери називають ще кліматизерами, вони передбачають лише охолодження повітря. При кондиціюванні повітря в приміщеннях для

					СНІ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		48

перебування великої кількості людей (аудиторії, кінозали, театри тощо) рекомендовано створювати пульсуючий мікроклімат для підтримання тонізуючого ефекту: кожні 15 хвилин на дві хвилини знижувати температуру повітря на 3-4 °С. Цей захід попереджує присипляючу дію монотонного мікроклімату.

На чистоту повітря в житлових приміщеннях впливають кількість людей, які знаходяться в приміщенні, інтенсивність виконуваної ними роботи, температура внутрішніх приміщень. Різноманітні побутові процеси – приготування їжі, прання білизни, опалювання печей тощо також призводять до погіршення якості повітря. Крім цього, істотним джерелом забруднення є тютюновий дим, в якому містяться продукти повного і неповного згоряння, а також сухої перегонки тютюну і паперу: оксид вуглецю, ціаністі сполуки, метиловий спирт, нікотин, кадмій тощо. При спалюванні 1 г тютюну в цигарках в повітря надходить 20-80 см³ оксиду вуглецю, а при спалюванні в люльці – від 53 до 109 см³.

Одним із важливих заходів щодо збереження чистоти повітря в житлах є вентиляція, тобто заміна забрудненого повітря чистим, атмосферним. Вентиляцію (повітрообмін) характеризують вентиляційний об'єм і кратність повітрообміну.

Вентиляційний об'єм – це кількість повітря (в м³), яке надходить у приміщення протягом 1 години. Він складається з інфільтраційного і вентиляційного повітря. Інфільтрація – це проникнення повітря через стіни, пори будівельних матеріалів, щілини в будівельних конструкціях тощо. Найбільш повітропроникними є шлакоблокові, керамзитобетонні, цегляні, дерев'яні стіни. Найменш повітропроникними – гранітні, мармурові. Другою складовою частиною вентиляційного об'єму є повітря, яке надходить у приміщення через спеціально передбачені для цього вентиляційні пристрої: кватирки, фрамуги, вікна, вентиляційні канали.

Відношення вентиляційного об'єму до об'єму приміщення характеризує інтенсивність вентиляції.

Для забезпечення нормальних умов проживання і трудової діяльності при виготовленні даного виробу необхідно, щоб концентрація діоксиду вуглецю (CO₂) в приміщенні не перевищувала 0,1 % (1 л/м³). З цією метою кількість вентиляційного повітря на одну людину повинна становити (в м³/год): в житлових приміщеннях – 40-75; аудиторіях, театрах – 20-30; службових приміщеннях – 20-42; класах – 12-30; лікарняних палатах для дорослих – 60-75; палатах для дітей – 35; майстернях – 70; убиральнях – 60-100; кухнях – 200-300.

Обмін повітря в житлових приміщеннях не повинен перевищувати 2-3 об'ємів приміщення за 1 годину, інакше буде відчуватися протяг, у вбиральнях – 4-5 об'ємів.

Показником ефективності вентиляції приміщень є кратність повітрообміну – це число, яке показує, скільки разів упродовж однієї години повітря в приміщенні замінюється зовнішнім.

З цією метою необхідно дізнатись, скільки повітря витягується, чи потрапляє в приміщення через вентиляційний отвір протягом 1 години.

За допомогою анемометра визначають швидкість руху повітря.

Спочатку визначають площу вентиляційного отвору, для чого вимірюють розміри сторін (якщо отвір прямокутний) або діаметр (якщо отвір круглий). Пізніше, помноживши площу вентиляційного отвору на швидкість руху повітря і на час вентиляції, знаходять вентиляційний об'єм повітря.

Розрахунок проводять за формулою:

$$V = a \cdot v \cdot 3600, \quad (2.2)$$

де a – площа вентиляційного отвору (в м²), v – швидкість руху повітря (в м/с), 3600 – перерахунок години на секунди.

Розділивши величину вентиляційного об'єму повітря на кубатуру приміщення (в м³), одержують кратність обміну повітря.

					СНІ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		50

Доросла людина у стані спокою протягом години видихає 22,6 л вуглекислоти (діоксиду вуглецю), тим самим збільшуючи його концентрацію в повітрі приміщення. Чим інтенсивніша робота, тим більше вуглекислоти видихає людина (до 30-40 л/год.).

Знаючи концентрацію вуглекислоти в атмосферному повітрі (0,4 л/м³), допустиму концентрацію вуглекислоти в повітрі (1 л/м³), можна розрахувати необхідний об'єм повітря на одну людину, або кубатуру приміщення.

Розрахунок проводять за формулою:

$$X = A/a - a_1, \quad (2.3)$$

де X – необхідний об'єм повітря (в м³/год) на одну людину (кубатура приміщення), A – кількість видихуваної вуглекислоти однією дорослою людиною (22,6 л), a – допустима концентрація CO₂ в приміщенні (1 л/м³), a_1 – вміст CO₂ в атмосферному повітрі (0,4 л/м³).

Розрахувавши, одержимо:

$$X = 22,6/1,0 - 0,4 = 37,7 \text{ м}^3,$$

де 37,7 м³ – це та кількість повітря, яка необхідна одній людині протягом години, або кубатура приміщення при відсутності вентиляції, щоб концентрація CO₂ не перевищувала допустиму величину – 0,1 % (тобто 1 л/м³).

На основі цієї величини можна розрахувати і необхідну житлову площу на одну людину, розділивши необхідний об'єм на висоту приміщення (в середньому 3 м):

$$S = 37,7 \text{ м}^3 / 3 = 12,5 \text{ м}^2 \quad (2.4)$$

Якщо врахувати кратність вентиляції за рахунок інфільтрації (1,5 рази), то житлова площа на 1 людину може бути зменшена ($12,5/1,5 = 8,4 \text{ м}^2$) до 9 м^2 .

					СНІ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		52

Висновки

В роботі здійснено розробку блока живлення потужністю 1 кВт.

Проаналізовано основні вимоги до блоків живлення, способи їх виконання та вибрано структуру двотактних півмостових схем. На основі цього спроектовано структурну схему. Проаналізовано варіанти практичного виконання таких блоків та розроблено перетворювач на мікросхемі IR2155.

Проведено розрахунки та вибір елементної бази.

Спроектовано друковану плату, вигляд провідного рисунка, та отримано друкований вузол. З використанням САПР P-CAD та Компас розроблено та оформлено відповідні креслення друкованої плати та друкованого вузла блока живлення.

					СНІ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		53

Список використаних джерел

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов.-М.:СОЛОН Р, 2001. - 321с.
2. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства:Справ, радиолюбителя/ Р.М. Терещук, К.М. Терещук, С.А. Седов. - 4-е изд., стер.- Киев: Наук. думка, 1988,-800с.: ил.-Библиогр.: с. 765-800.
3. П. Хоровиц, У. Хилл. Искусство схемотехники. 2.М: Мир, 1986. - 590 с.
4. Технологія і автоматизація виробництва радіоелектронної апаратури-М.: Радіо і зв'язок, 1989 - 263 с.: Іл.
5. Радиопередающее устройства : Учебник для вузов. / Л. А. Белов, М. В. Благовещенский, В. М. Богачев и др.; Под ред. М. В. Благовещенского, Г. М. Уткин. – М.: «Радио и связь», 1982. – 408 с., ил.
6. Радиопередающие и радиоприемные устройства / В. Г. Левичев. – М., «Воениздат», 1974. – 510 с.
7. Радиопередающее устройства : Учебник для техникумов / М. С. Шумилин, В. П. Севальнев, Э. А. Шевцов. – М.: «Высш. Школа», 1981.-293 с.
8. Основа теории транзисторов и транзисторных схем. / И.П.Степаненко. - М., «Энергия», 1977. – 672 с. с ил.
9. Мощные полупроводниковые приборы. Транзисторы: Справочник. / Б. А. Бародин, В. М. Ломакин, В. В. Мокряком и др.; Под ред. А.В. Голомедова. - М., «Радио и связь», 1985. – 560 с., ил.
10. Полупроводниковые приборы. Транзисторы: Справочник. / В.А. Аронов, А. В. Баюков, А. А.Зайцев и др. Под общей редакцией Н. Н. Горюнова - М., «Энергоиздат», 1982. – 904 с., ил.
11. Транзисторы для аппаратуры широкого применения: Справочник. / К. М. Бережнева, Е. И. Гантман, Т. И. Давыдова и др. Под общей редакцией Б.Л. Перельман – М., «Радио и связь», 1981. – 656 с., ил.

					<i>СНІ 2.087.001 ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		
						54

ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедру РТ
_____ к.т.н. Дунець В.Л.
“ ____ ” _____ 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра
На тему: «Блок живлення потужністю 1 кВт»

Узгоджено:
Керівник кваліфікаційної роботи
Яськів В.І. _____
“ ____ ” _____ 2021 р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”
Студент групи РАС-41
Снітинський Н.І. _____
“ ____ ” _____ 2021 р.

Тернопіль 2021

1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “ Блок живлення потужністю 1 кВт ”

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету на затвердження дипломного проекту № 4/7-435 від 31.05.2021 р.).

2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Снітинський Н.І. групи РАс-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою роботи є розробка блока живлення потужністю 1 кВт , що включає в себе:

- вибір апаратного забезпечення для даного пристрою;
- вибір елементної бази розроблювального пристрою;
- розрахунок і вибір компонентів для оптимальної роботи пристрою;
- розробку друкованої плати та друкованого вузла.

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

- | | |
|--|----------|
| 1. Кількість вихідних каналів живлення | 2; |
| 2. Увих блоку живлення | 60 В; |
| 3. I _{max} навантаження | до 8 А; |
| 4. P _{max} , не більше | 1100 Вт; |

Умови експлуатації:

- проектований блок живлення експлуатується при коливанні температури навколишнього середовища від -5 до +65 °С, нормального тиску, вологості – до 85%, при не великих механічних впливах. Блок живлення належить до пристроїв стаціонарного типу.

- виріб повинен відповідати класу захисту II типу ВР.

- середній термін напрацювання на відмову не менше п'яти років.

5 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

5.1 Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

5.2. Комплект конструкторської документації повинен складатися з:

- Пояснювальна записка;
- Структурна схема пристрою;
- Принципова схема пристрою;
- Друкована плата;
- Друкований вузол.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Таблиця 6.1 - Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи

№ етапу	Назва етапу виконання	Термін виконання
1	Розробка та затвердження технічного завдання	22.02. 2021
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	1.03. 2021
	Вибір власних схемо-технічних рішень	16.03.2021
3	Вибір елементної бази для розроблюваного пристрою;	29.03.2021
4	Розрахунок основних вузлів у схемі пристрою.	12.04.2021
5	Створення допоміжної документації	26.04.2021
6	Розроблення креслень	26.04.2021

7	Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності	10.05.2021
8	Спеціальна частина	10.05.2021
9	Нормоконтроль	24.05.2021
10	Попередній захист	31.05.2021
11	Захист	23.05.2021

7 ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

7.1 Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

<i>Поз. познач.</i>	<i>Найменування</i>				<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>		
	<u>Конденсатори</u>							
	ЕСАР					К50-35 ОЖ0.464.214 ТУ		
	К73-17 ОЖ0.461.104 ТУ							
C1,C8	К73-17-63В-1 мкФ ±5%				2			
C2,C5,C6	К73-17-630В-0,01 мкФ ±5%				3			
C3	ЕСАР-25В-220 мкФ±20%				1			
C4	К73-17-63В-820 пФ ±5%				1			
C7	К73-17-63В-0,47 мкФ ±5%				1			
C9,C10	ЕСАР-400В-330 мкФ±20%				2			
C11	К73-17-630В-0,47 мкФ ±5%				1			
C12	К73-17-63В-0,22 мкФ ±5%				1			
C13,C14	К73-17-630В-4,7 мкФ ±5%				2			
C15	К73-17-630В-1 нФ ±5%				1			
C16	К73-17-630В-820 пФ ±5%				1			
C17,C18	ЕСАР-25В-47 мкФ±20%				2			
C19	ЕСАР-25В-1000 мкФ±20%				1			
C20-C23	ЕСАР-100В-1000 мкФ±20%				4			
C24,C25	К73-17-100В-0,22 мкФ ±5%				2			
	<u>Мікросхеми</u>							
DA1	IR2155				1			
FU1, FU2	<u>Запобіжник</u> ВП4-4-5А				2			
KA1	<u>Реле</u> 845Н-2С-С 12VDC				1			
L1	<u>Дросель</u> СНІ 7.104.003				1			
L2, L3	<u>Дросель</u> СНІ 7.104.004				2			
					СНІ 2.083.001 ПЕЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	Снітинський Н.І.				Перелік елементів	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	Яськів В.І.						1	3
<i>Н. Контр.</i>	Марценюк А.С.							
<i>Зав. каф.</i>	Дунець В.Лі.							
<i>Реценз.</i>								
					ТНТУ, ФПТ, гр. РАС-41			

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	<u>Резистори</u>		
	C2-33H ОЖ0.467.173 ТУ		
	СП5-2ВБ ОЖ0.468.134 ТУ		
R1	C2-33H-2-360 Ом±5%	1	
R2	C2-33H-0,125-39 Ом±5%	1	
R3,R9	СП5-2ВБ-0,25-10 кОм±10%	2	
R4	C2-33H-0,125-8,2 кОм±5%	1	
R5,R6	C2-33H-0,125-6,8 кОм±5%	2	
R7,R8	C2-33H-0,25-39 Ом±5%	2	
R10	C2-33H-2-47 кОм±5%	1	
R11	C2-33H-0,5-22 Ом±5%	1	
R12,R13	C2-33H-2-47 кОм±5%	2	
R14	C2-33H-2-360 Ом±5%	1	
R15,R18	C2-33H-0,5-33 Ом±5%	2	
R16	C2-33H-0,5-360 Ом±5%	1	
R17	C2-33H-2-240 Ом±5%	1	
R19	C2-33H-0,125-22 кОм±5%	1	
T1	<u>Трансформатор</u> CHI 7.104.005	1	
T2	<u>Трансформатор</u> CHI 7.104.006	1	
	<u>Діоди</u>		
VD1	BZX55C15	1	
VD2	SF16	1	
VD3	KBU810	1	
VD4,VD5	SF16	2	
VD6,VD7	1N4148	2	
VD8	HER108	1	
VD9	BZX55C12	1	
VD10,VD11	HER108	2	
VD12-VD15	HFA15TB60	4	
			CHI 2.083.001 ПЕЗ
			Арк. 2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис
			Дата

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
VS1, VS2	<u>Тиристори</u> MCR100-8	2	
	<u>Транзистори</u>		
VT1, VT2	BD138	2	
VT3, VT4	IRFP460	2	
	<u>Роз'єми</u>		
XS1	PLS-2-3	1	
XS2	PLS-2-6	1	
S1	<u>Кнопка</u> KM-150	1	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис
			Дата
СНІ 2.083.001 ПЕЗ			Арк. 3

Форма	Зона	Поз.	Найменування	Найменування	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			СНІ 2.087.001 СК	Складальне креслення		
A1			СНІ 2.087.001 ЕЗ	Схема електрична принципова		
A1			СНІ 2.087.001 Е1	Схема структурна		
				<u>Деталі</u>		
		1	СНІ 7.102.001	Втулка	4	
		2	СНІ 7.104.001	Плата друкована	1	
		3	СНІ 7.104.002	Прокладка	4	
		4	СНІ 7.104.003	Радіатор	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		5		Гайка М3 ГОСТ1491	11	
		6		Гвинт М3-6g×10.58.019 ГОСТ1491	10	
		7		Гвинт 3-6g×10.58.019 ГОСТ1491	1	
		8		Шайба 3.02 ГОСТ 13371	22	
		9		Шайба (формована)	1	
				<u>Інші вироби</u>		
				<u>Діоди</u>		
		10		BZX55C15	1	VD1
		11		SF16	1	VD2
		12		KBU810	1	VD3
		13		SF16	2	VD4,VD5
				СНІ 2.087.001		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		
<i>Розроб.</i>		Снітинський Н.І.			Літ.	Арк.
<i>Перевір.</i>		Яськів В.І.				Аркушів
<i>Н. Контр.</i>		Марценюк А.С.				1
<i>Затверд.</i>		Дунець В.Л.			ТНТУ, ФПТ, РАс-41	
<i>Рецензент</i>						4

Друкований вузол

ТНТУ, ФПТ, РАс-41

Форма	Зона.	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
		14		1N4148	2	VD6,VD7
		15		HER108	1	VD8
		16		BZX55C12	1	VD9
		17		HER108	2	VD10,VD11
		18		HFA15ТВ60	4	VD12-VD15
		19		<u>Дросель</u> СНІ 7.104.003	1	L1
		20		<u>Дросель</u> СНІ 7.104.004	2	L2, L3
		21		<u>Запобіжник</u> ВП4-4-5А	2	FU1, FU2
				<u>Конденсатори</u>		
				ЕСАР (К50-35ОЖ0.464.214 ТУ)		
				К73-17 ОЖ0.461.104 ТУ		
		22		К73-17-63В-1 мкФ $\pm 5\%$	2	C1,C8
		23		К73-17-630В-0,01 мкФ $\pm 5\%$	3	C2,C5,C6
		24		ЕСАР-25В-220 мкФ $\pm 20\%$	1	C3
		25		К73-17-63В-820 пФ $\pm 5\%$	1	C4
		26		К73-17-63В-0,47 мкФ $\pm 5\%$	1	C7
		27		ЕСАР-400В-330 мкФ $\pm 20\%$	2	C9,C10
		28		К73-17-630В-0,47 мкФ $\pm 5\%$	1	C11
		29		К73-17-63В-0,22 мкФ $\pm 5\%$	1	C12
		30		К73-17-630В-4,7 мкФ $\pm 5\%$	2	C13,C14
		31		К73-17-630В-1 нФ $\pm 5\%$	1	C15
		32		К73-17-630В-820 пФ $\pm 5\%$	1	C16
		33		ЕСАР-25В-47 мкФ $\pm 20\%$	2	C17,C18
		34		ЕСАР-25В-1000 мкФ $\pm 20\%$	1	C19
		35		ЕСАР-100В-1000 мкФ $\pm 20\%$	2	C20-C23
		36		К73-17-100В-0,22 мкФ $\pm 5\%$	2	C24,C25
				<u>Мікросхеми</u>		
		37		IR2155	1	DA1
				СНІ 2.087.001		Арк. 2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Форма	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка	
				<u>Резистори</u>			
				C2-33H ОЖ0.467.173 ТУ			
				СП5-2ВБ ОЖ0.468.134 ТУ			
		38		C2-33H-2-360 Ом±5%	1	R1	
		39		C2-33H-0,125-39 Ом±5%	1	R2	
		40		СП5-2ВБ-0,25-10 кОм±10%	2	R3,R9	
		41		C2-33H-0,125-8,2 кОм±5%	1	R4	
		42		C2-33H-0,125-6,8 кОм±5%	2	R5,R6	
		43		C2-33H-0,25-39 Ом±5%	2	R7,R8	
		44		C2-33H-2-47 кОм±5%	1	R10	
		45		C2-33H-0,5-22 Ом±5%	1	R11	
		46		C2-33H-2-47 кОм±5%	2	R12,R13	
		47		C2-33H-2-360 Ом±5%	1	R14	
		48		C2-33H-0,5-33 Ом±5%	2	R15,R18	
		49		C2-33H-0,5-360 Ом±5%	1	R16	
		50		C2-33H-2-240 Ом±5%	1	R17	
		51		C2-33H-0,125-22 кОм±5%	1	R19	
		52		<u>Реле</u> 845H-2С-С 12VDC	1	KA1	
				<u>Роз'єми</u>			
		53		PLS-2-3	1	XS1	
		54		PLS-2-6	1	XS2	
		55		<u>Кнопка</u> КМ-150	1	S1	
		56		<u>Тиристори</u> TF361M	2	VS1,VS2	
				<u>Транзистори</u>			
		57		BD138	2	VT1, VT2	
		58		IRFP460	2	VT3, VT4	
				CHI 2.087.001			Арк.
							3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

