

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Лабораторне джерело живлення з цифровою індикацією режимів

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

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Боїло С.Т.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Дуда С.П.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Марценюк А.С.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Дунець В.Л.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Дедів Л.Є.

(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 Боїлу Святославу Тарасовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Лабораторне джерело живлення з цифровою індикацією режимів

Керівник роботи Дуда Сергій Петрович  
(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 Напруга живлення – (220±10%) В, частота (50±5%) Гц;

Діапазон регулювання  $U_{вих}$  – 1,3...24 В; Струм навантаження – 3 А;

Споживана потужність, не більше – 85 Вт;

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

1. Аналіз технічного завдання;

2. Розробка схеми структурної джерела живлення;

3. Проектування схеми електричної принципової;

4. Вибір і обґрунтування компонентної бази;

5. Розробка компоновки та монтажу 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;



## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Лабораторне джерело живлення з цифровою індикацією режимів». Кваліфікаційна робота бакалавра// ТНТУ імені Івана Пулюя, ФПТ, група РАС-41. // Тернопіль, 2021р. //с.-52, рис.-25, табл.-1, бібліог.-10, додат.-3.

Ключові слова: ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ, ІНДИКАЦІЯ, НАВАНТАЖЕННЯ, ПОСЛІДОВНИЙ СТАБІЛІЗАТОР.

Роботу присв'ячено розробці лабораторного джерела живлення з цифровою індикацією режимів. Проаналізовано особливості проектування та технічні параметри лінійних та імпульсних послідовних стабілізаторів та регуляторів напруги і струму і використано за основу проектування послідовний імпульсний стабілізатор понижуючого типу. Проведено його схемо-технічне проектування, вибір елементної бази та розроблення топології друкованої плати і компоновку друкованого вузла. Технічні вимоги до джерела живлення: напруга живлення –  $(220 \pm 10\%)$  В, частота  $(50 \pm 5\%)$  Гц; діапазон регулювання вихідної напруги – 1,3...24 В; струм навантаження – 3 А; споживана потужність, не більше – 85 Вт; діапазон робочих температур від  $+10$  °С... $+35$  °С; середній термін служби не менше 5 років.

## SUMMARY

Theme of qualification work: "Laboratory power supply with digital indication of modes". Qualifying work of a bachelor // TNTU, FPT, group RAs-41. // Ternopil, 2021 //p.-52, fig.-25, table-1, bibliog.-10, appendix-3.

Key words: POWER SOURCE, INDICATION, LOAD, SEQUENTIAL STABILIZER.

The work is devoted to the development of a laboratory power supply with digital indication of modes. The design features and technical parameters of linear and pulse series stabilizers and voltage and current regulators are analyzed and the series pulse step-down stabilizer is used as a basis for design. Its circuit design, selection of the element base and development of the topology of the printed circuit board and the layout of the printed circuit board were carried out. Technical requirements for the power supply: supply voltage -  $(220 \pm 10\%)$  V, frequency  $(50 \pm 5\%)$  Hz; output voltage regulation range - 1.3... 24 V; load current - 3 A; power consumption, no more - 85 W; operating temperature range from  $+10$  °C ...  $+35$  °C; average service life of at least 5 years.



## Вступ

*Актуальність теми.* Лабораторне джерело живлення (ДЖ) являє собою джерело живлення з покращеними характеристиками для можливості проведення монтажно-налагоджувальних робіт при проектуванні та складанні радіоелектронної апаратури різного роду складності. Актуальним є використання високоякісних лабораторних джерел живлення. При цьому важливим є забезпечення можливості регулювання параметрів  $U_{вих}$  та  $I_{вих}$ , а також їхня індикація для поточного контролю персоналом.

На ринку контрольно-вимірювальних засобів є присутнім велике різноманіття лабораторних джерел живлення. Однак вони відрізняються великою вартістю, що часто унеможлиблює або обмежує їхнє використання.

Аналіз конструкцій різних джерел живлення показав, що всі вони можуть бути реалізовані на основі лінійних та імпульсних перетворювачів. Перевагою перших є низька вартість, а перевагою других є низькі масо-габаритні показники, функціональність – можливість забезпечення вузлів захисту, індикації, стабілізації струму чи напруги тощо. Однак через значно складніші схемо-технічні рішення їхнього виконання значно вищою є і їхня вартість.

Також в імпульсних джерелах живлення набагато краще забезпечені теплові режими роботи, оскільки комутуючі елементи працюють в ключовому режимі, відповідно і їхній ККД є значно вищим.

В роботі проводиться розроблення лабораторного джерела живлення з індикацією (цифровою) режимів його роботи, який відзначався б значно нижчою собівартістю в порівнянні із промисловими аналогами.

*Практичне значення одержаних результатів.* Отримані результати можна використати при проектуванні лабораторних джерел живлення для проектування та налагодження радіоелектронної апаратури, коли точність та

параметри  $U_{вих}$  та  $I_{вих}$  не є особливо критичними а необхідним є застосування дешевих джерел живлення.

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		8



## 1. Основна частина

### 1.1 Аналіз технічного завдання

В роботі необхідно розробити лабораторне джерело живлення з індикацією (цифровою) режимів його роботи, яке надає блокам та вузлам різної апаратури напругу живлення.

Технічні вимоги до ДЖ:

1. Напруга живлення –  $(220 \pm 10\%)$  В, частота  $(50 \pm 5\%)$  Гц;
2. Діапазон регулювання  $U_{вих}$  – 1,3...24 В;
3. Струм навантаження – 3 А;
4. Споживана потужність, не більше – 85 Вт;
5. Діапазон робочих температур від  $+10^{\circ}\text{C}$ ... $+35^{\circ}\text{C}$ ;
6. Середній термін служби не менше 5 років;
7. Атмосферний тиск  $(760 \pm 30)$  мм рт. ст.,  $(101,3 \pm 4)$  кПа.
8. Відносна вологість повітря до 80% при температурі до  $+25^{\circ}\text{C}$ ;
9. По електробезпеці апарат задовільняє потребам ГОСТ 12.2.025, клас II, тип ВФ.

### 1.2 Розробка схеми структурної джерела живлення

В структурі проектного лабораторного блока живлення пропонується використати мережевий низькочастотний понижуючий трансформатор та стабілізатор струму і напруги з можливістю їхнього регулювання, а також вузли індикації режимів роботи. При цьому власне стабілізатор може бути виконаний багатьма способами та різними варіантами схемної реалізації. В найпростішому випадку він являтиме собою аналоговий транзисторний

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		9

стабілізатор – регулятор струму/напруги. Однак така схема відрізняється значною кількістю елементів, складністю забезпечення теплових та робочих режимів роботи силових елементів тощо. Тому в роботі для виконання лабораторного блока живлення запропоновано використати поєднання аналогового мережевого трансформатора, випрямляча та імпульсного стабілізатора послідовного типу.

Типовим недоліком лінійних стабілізаторів при наявності значних коливань вхідної напруги є низький ККД та значне нагрівання силових елементів. Потужні лінійні стабілізатори, що забезпечують струми навантаження від декількох ампер і більше, мають велику масу і розміри. Імпульсні стабілізатори використовуються для суттєвої компенсації цих недоліків.

Імпульсний регулятор напруги забезпечує постійним значенням напруги на навантаженні завдяки регулюючому елементу, що працює в режимі ключа. Комутаційні регулятори, як і лінійні, бувають паралельного та послідовного типів. Транзистори найчастіше використовуються як ключовий компонент.

Оскільки робоча точка регулятора майже завжди є в насиченні або відсіканні, минаючи активну область, в транзисторі розсіюється мало тепла, звідси ефективність комутаційного регулятора висока.

Шляхом зміни тривалості імпульсу або регулювання частоти повторення імпульсу здійснюється стабілізація. Відповідно, розрізняють регулювання ширини імпульсу або регулювання частоти імпульсів. Іноді імпульсні стабілізатори працюють у змішаному режимі широтно-імпульсної модуляції.

У стабілізаторах з регуляцією першого типу швидкість повторення імпульсу є постійною, а тривалість імпульсу є змінною. У стабілізаторах з регуляцією другого типу тривалість імпульсу незмінна, але частота варіюється.

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		10

Після регулюючого пристрою напруга має імпульсну форму, вона не підходить для прямого живлення навантаження. Перед подачею напруги на навантаження її потрібно згладити, для чого на виході всіх імпульсних стабілізаторів встановлені згладжувальні елементи.

Середню напругу, прикладену до навантаження, можна знайти за формулою:

$$U_{\text{вих}} = \frac{1}{T_i} \cdot \int_0^{t_i} R_n \cdot I(t) dt \quad (1.1)$$

де  $T_i$  - тривалість періоду, с;

$t_i$  - тривалість імпульсу, с;

$R_n$  - опір навантаження, Ом;

$I(t)$  - струм протікаючий через навантаження, А.

Залежно від індуктивності згладжувального елемента, струм через фільтр може перестати надходити на початку наступного імпульсу (тоді говорять про режим роботи з розривним струмом) або продовжувати надходити.

Якщо навантаження чутливе до пульсацій напруги, то перевага надається режиму безперервних струмів. Якщо величина пульсацій вихідної напруги незначна, то потрібно працювати при розривних струмах.

У загальному випадку імпульсний стабілізатор складається з імпульсного перетворювача, що містить регулюючий елемент, задаючого генератора, що керує перетворювачем, згладжуючого фільтра і зменшує пульсацію  $U_{\text{вих}}$ ; і пристрою порівняння, який генерує різницевий сигнал між вихідною та опорною напругами.

Вихідна напруга стабілізатора подається на пристрій порівняння з опорною напругою, і сигнал, пропорційний різниці цих напруг, отримується на виході пристрою. Різничний сигнал негайно подається на головний

генератор або спочатку збільшується за допомогою підсилювача постійного струму.

При керуванні другого типу в головному генераторі аналоговий різницевий сигнал перетворюється в імпульси з фіксованою частотою і змінною тривалістю, а при керуванні тривалість імпульсу є постійною, і, залежно від параметрів сигналу, частота сформованих імпульсів є змінною.

Керуючі імпульси, генеровані головним генератором, подаються на компоненти перетворювача, регулюючий транзистор якого працює в ключовому режимі. Змінюючи частоту або ширину імпульсу генератора, можна змінювати напругу на навантаженні. Залежно від параметрів керуючих імпульсів перетворювач коригує величину вихідної напруги, стабілізуючи її.

При стабілізації сигнал, який керує перетворювачем напруги, генерується тригером. Постійна напруга подається на вхід стабілізатора, ключовий транзистор перетворювача відкритий, а вихідна напруга підвищується. Порівнювач генерує сигнал (різницевий), досягнувши певного верхнього порогу, змінить стан тригера і переведе регулюючий транзистор у стан відключення. Вихідна напруга регулятора почне зменшуватися. Коли досягається нижній поріг, пристрій порівняння генерує різницевий сигнал, який знову перемикає тригер, і регулюючий транзистор переходить у стан насичення. Напруга на навантаженні стабілізатора почне зростати. Таким чином, при стабілізації вихідна напруга постійно коливається, і її середнє значення відповідає номінальній напрузі. Поріг спрацьовування встановлюється регулюванням амплітуди напруги на виході пристрою порівняння.

Релейні стабілізатори мають вищу швидкість відгуку в порівнянні зі стабілізаторами з регулюванням частоти та тривалості імпульсів, що є перевагою.

Підсилювальні комутаційні стабілізатори використовуються разом із навантаженнями, напруга живлення яких перевищує вхідну напругу

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		12

стабілізаторів. Розглянемо рис. 1.1, де показані основні компоненти такого стабілізатора.

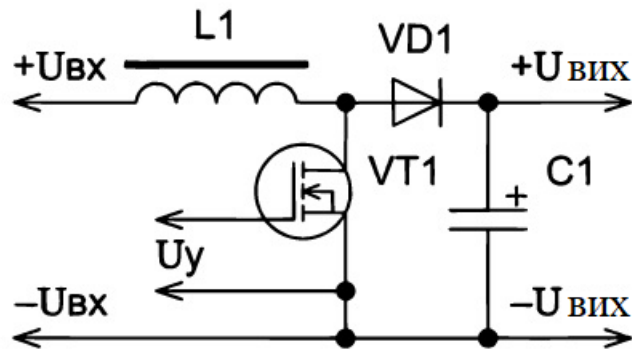


Рисунок 1.1 – Підсилювальний стабілізатор

Застосуємо комутуючий транзистор VT1. Транзистор переходить в стан насичення, і струм протікає по ланцюгу від  $+U_{вх}$ , через накопичувальну індуктивність L1, відкритий транзистор VT1,  $-U_{вх}$ . У цьому випадку енергія накопичується в магнітному полі дроселя L1. Струм через навантаження може забезпечити лише розряд конденсатора C1.

Знімемо керуючу напругу розблокування з транзистора VT1. Транзистор перейде в стан відключення, на клеммах дроселя L1 з'явиться напруга ЕРС самоіндукції, яка буде послідовно підключена і подаватися через діод VD1 на навантаження. Струм буде протікати через ланцюг  $+U_{вх}$ , дросель L1, діод VD1, навантаження,  $-U_{вх}$ . У цей час магнітне поле індуктора L1 віддає енергію, а конденсатор C1 накопичує енергію для підтримки напруги на навантаженні після того, як транзистор VT1 входить в насичення. Дросель L1 служить лише для накопичення енергії і не бере участі у фільтрації напруги.

Знову подамо напругу розблокування на транзистор VT1, який відкриється, і розглянутий процес буде повторений з самого початку.

Понижаючі комутаційні стабілізатори - це потужні і, в той же час, компактні пристрої живлення, які не чутливі до змін постійних навантажень напруги. У вхідних та вихідних регуляторах між входом і виходом немає гальванічної розв'язки. За кордоном такі стабілізатори називають «чоппером».



Включення основних компонентів інвертуючого стабілізатора показано на рис. 1.3.

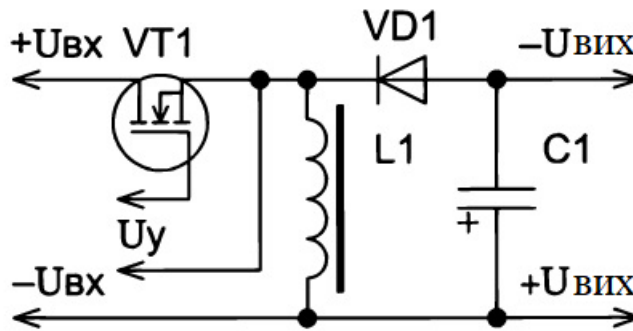


Рисунок 1.3 – Інвертуючий стабілізатор

Прикладемо керуючу напругу, яка включає транзистор VT1 між його затвором і джерелом. Транзистор розмикається, і струм протікає по ланцюгу від  $+U_{вх}$ , відкритий транзистор VT1, дросель L1,  $-U_{вх}$ . В цей час магнітне поле індуктора L1 накопичує енергію.

Заберемо керуючу напругу затвор-джерело з транзистора перемикача VT1, який закриється від цього. Струм буде протікати по ланцюгу від дроселя L1, через навантаження, діод і знову повернеться до дроселя L1. В цей час енергія, що зберігається в конденсаторі C1 і в магнітному полі індуктора L1, витрачається на живлення навантаження.

Знову прикладемо керуючу напругу між затвором і джерелом, яка включає транзистор VT1. Транзистор насититься, і цикл повториться.

Здатність комутаційних джерел живлення посилювати та інвертувати напругу робить їх дуже привабливими для створення, скажімо, джерел низького струму  $\pm 12$  В безпосередньо на цілком цифровій платі  $+5$  В. Такі біполярні джерела часто потрібні щоб жити "послідовні порти" або лінійні схеми на основі операційних підсилювачів або схеми з ЦАП і АЦП. Іншим корисним додатком для застосування імпульсних джерел живлення є індикатори живлення, які вимагають відносно високої напруги, такі як дисплеї, що використовують флуоресцентні або плазмові технології. У





транзистор VT закривається струм стоку переривається, відбувається викидання напруги між стоком і витоком:

$$U_{DS} = U_{in} + U_S. \quad (1.3)$$

Розрахувати величину «добавки» можна за відомою формулою:

$$U_S = L_s \frac{di_D}{dt}. \quad (1.4)$$

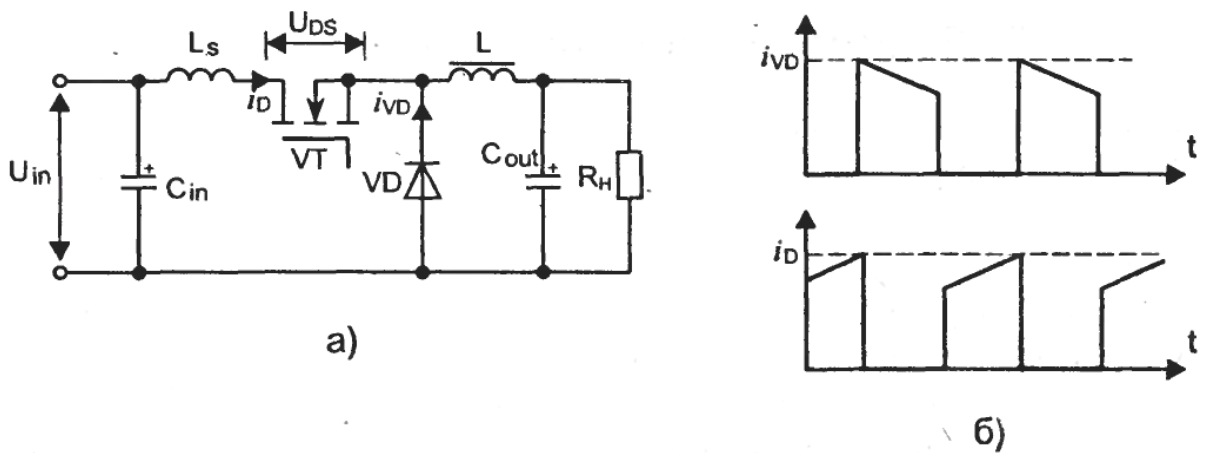


Рисунок 1.4 – До розрахунку впливу індуктивності монтажних провідників

На рис. 1.6 в схему введений конденсатор  $C_S$ , який підключено до стоку транзистора VT і нижнього (за схемою) вивода розрядного діода VD. Він використовується, щоб «з'їсти» енергію паразитної індуктивності, яка визначається за формулою:

$$Q_S = 0,5L_S i_D^2. \quad (1.5)$$

Накопичена енергія повинна поглинеться конденсатором  $C_S$ :

$$C_S(\Delta U)^2 = L_S i_D^2 \quad (1.6)$$

Звідси, задаючи величину можливої «добавки» обчислюємо номінал блокувального конденсатора. Якщо продовжити наведений раніше приклад, бажаючи скоротити «добавку» напруги до величини 5 В, ємкість конденсатора повинна скласти порядку 0,3 мкФ. Конденсатор  $C_S$  має бути неполярним. У край бажано також розміщувати конденсатор  $C_{OUT}$  в безпосередній близькості від виводів ключового елемента і застосовувати «електроліти» з мінімальним індуктивним опором.

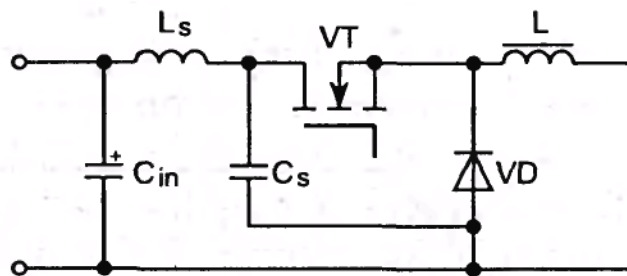


Рисунок 1.5 – Запобігання від викидів (індуктивних) при допомозі неполярного конденсатора

Функцію гасіння індуктивних викидів може виконувати не лише конденсатор. На рис. 1.6 показаний зовнішній вигляд дискового варистора, який найбільш поширений в силових схемах.

Вольт-амперна характеристика варистора (рис. 1.6, в) нагадує аналогічну характеристику двостороннього стабілітрона. У нормальних умовах роботи варистор має великий опір і не впливає на схему. спрацьовує він коли відбувається швидке збільшення напруги, тому його опір зменшується і забирає викид напруги.

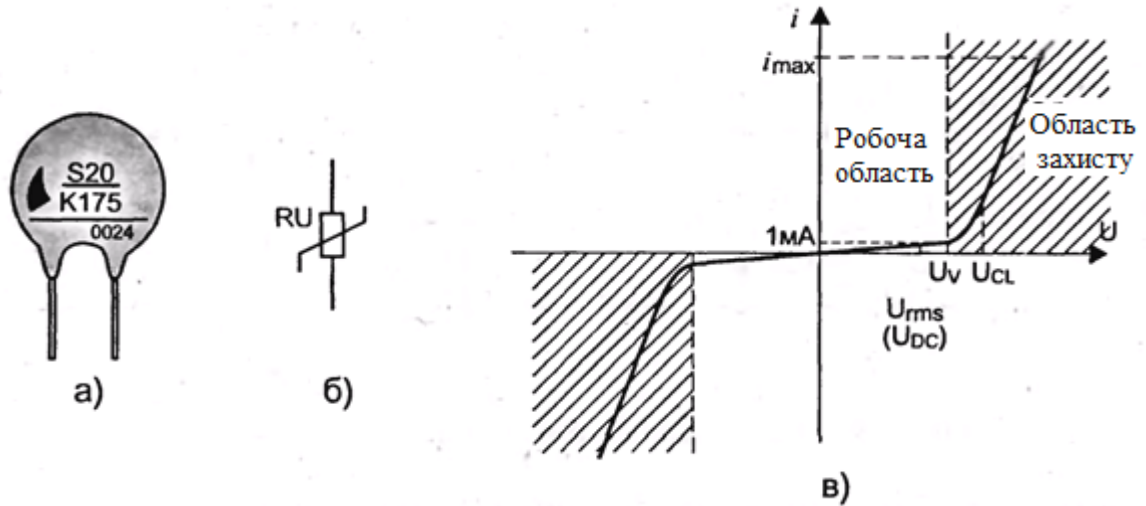


Рисунок 1.6 – Зовнішній вигляд дискового варистора (а), його позначення на схемах (б) і вигляд вольт-амперної характеристики (в)

Варистор також може бути включений для захисту транзистора VT від пробою. (рис.1.7)

Не лише варистори дозволяють ефективно захищати транзистори від потенційного пробою. Порівняно недавно на ринку радіoeлементів з'явилися напівпровідникові сапресори, які, маючи менші розміри, дозволяють ефективніше організувати захист.

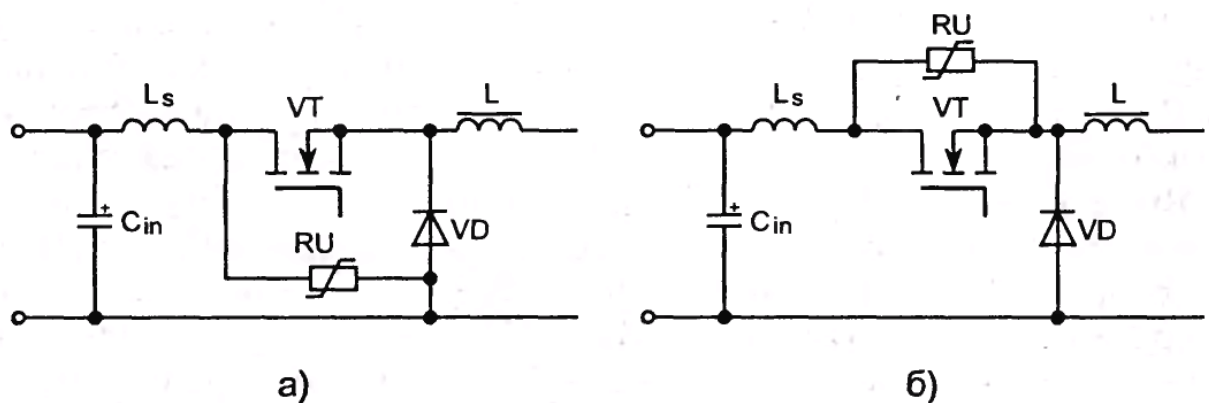


Рисунок 1.7 – Захист транзистора з допомогою варистора

ВАХ сапресора подібна до ВАХ стабілітрона, тому він і вставляється в схему як стабілітрон (рис 1.8).

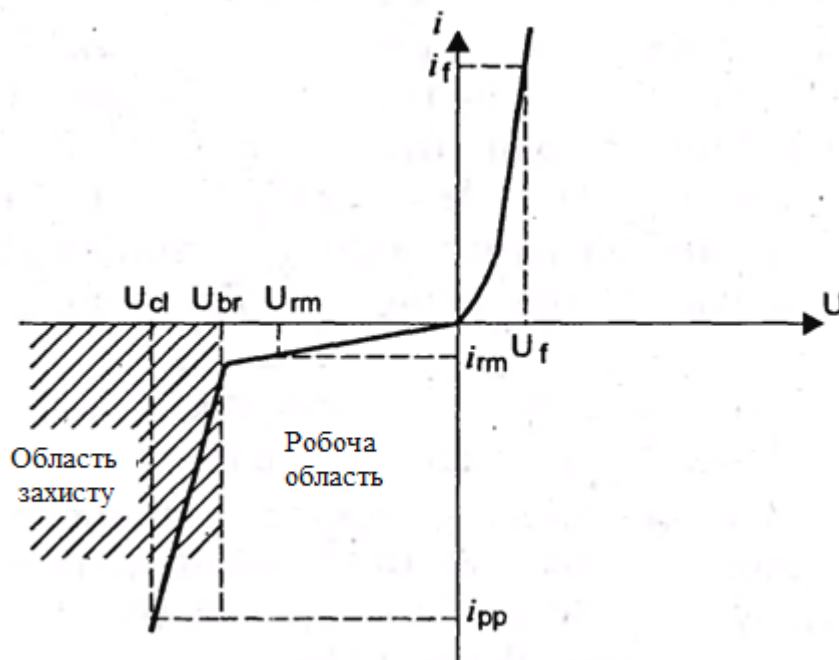


Рисунок 1.8 – ВАХ сапресора

На рис. 1.9 приведені основні рекомендації відносно включення сапресора для захисту чоперного стабілізатора.

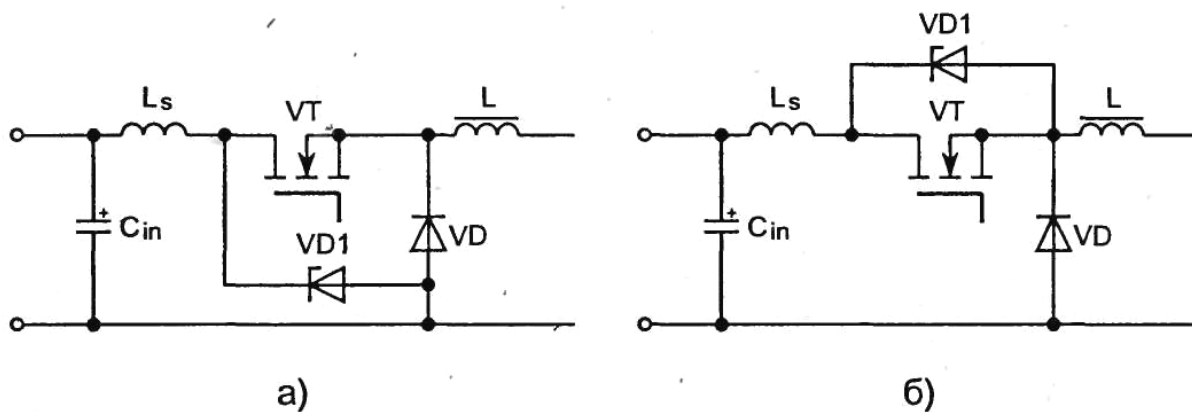


Рисунок 1.9 – Захист транзистора з допомогою сапресора

Відповідно до вищесказаного будемо структурну схему, вигляд якої наведений на рис. 1.10.

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат

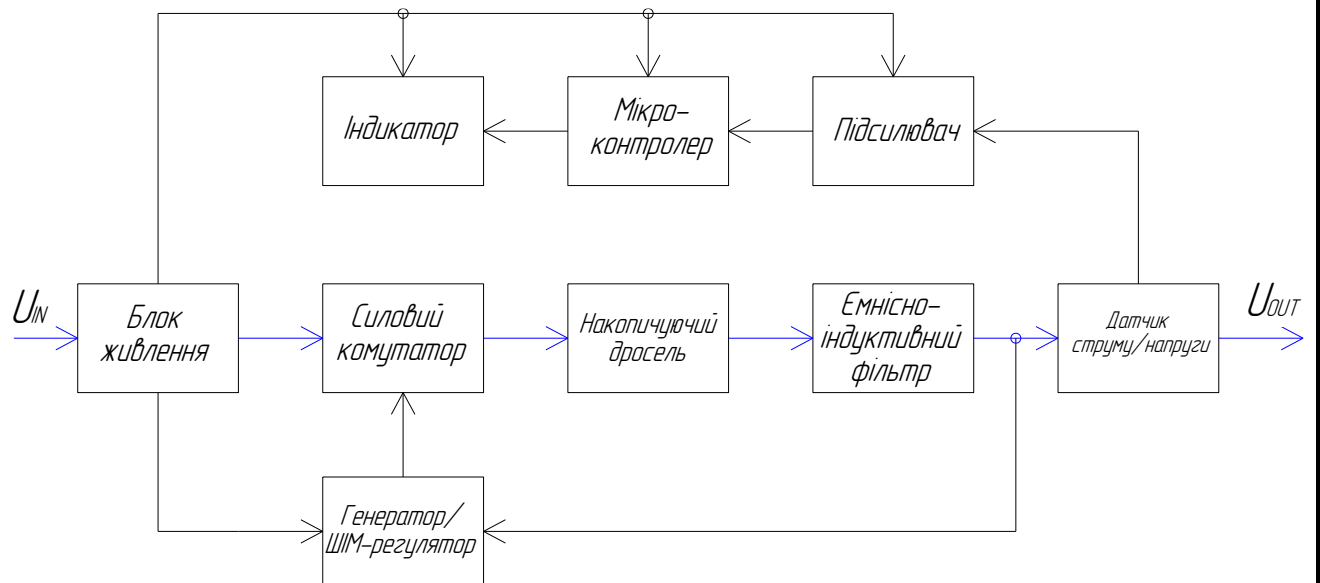


Рисунок 1.10 – Схема структурна ДЖ

### 1.3 Проектування схеми електричної принципової

1.3.1 Аналіз схемо-технічних варіантів побудови лабораторного блока живлення.

Чоперний стабілізатор на мікросхемі MAX724.

Потужність, яку зможе віддати цей стабілізатор в навантаження, невелика - всього 25 Вт. На рис. 1.11 показана структурна схема MAX724. У своєму складі вона має: генератор опорної напруги REF, підсилювач сигналу розузгодження EA, схему формування напруги зсуву IB, генератор частоти перетворення OSC, компаратор формування сигналу перевантаження CLC, контролер формування сигналу широко-імпульсної модуляції PWM, біполярний ключовий елемент SW, датчик струмового перевантаження R<sub>sw</sub>.

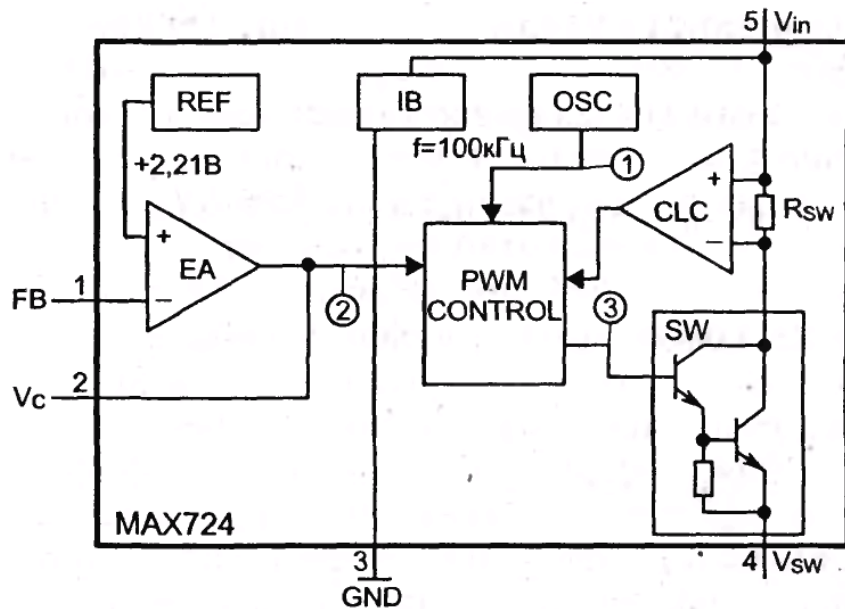


Рисунок 1.11 – Структурна схема MAX724

Працює мікросхема таким чином. Задаючий генератор на своєму виході (точка «1») формує сигнал пилкоподібної форми, поданий на графіковій рис. 1.12, а лінією «1». Сигнал зворотного зв'язку, що знімається у вигляді напруги з виходу стабілізатора, подається на вхід FB мікросхеми, де у вузлі EA здійснюється його порівняння з напругою «пили». Підсилювач помилки EA в даній мікросхемі включений в інвертуючому варіанті, тобто при збільшенні сигналу на вході FB відбувається зменшення сигналу на виході стабілізатора. Залежність  $U_{\text{вих}}$  стабілізатора від значення коефіцієнта заповнення і величини напруги на вході (регульовальна характеристика), лінійна. Тому допустимо, що при певній величині вхідної  $U_{\text{in}}$  і вихідної  $U_{\text{out}}$  напруги схема PWM формує імпульси з частотою 100 кГц і коефіцієнтом заповнення  $D_a$  (рис. 1.12, б). Коефіцієнт заповнення не мінятиметься, поки не зміниться вхідна напруга. Якщо ж така зміна станеться, коефіцієнт заповнення набуде значення  $D_b$ , але добуток вхідної напруги і коефіцієнта заповнення залишиться тим самим, що еквівалентно постійності  $U_{\text{вих}}$  стабілізатора. Аби повернути вихідну напругу до встановленого значення, передбачений елемент у вигляді підсилювача помилки EA.

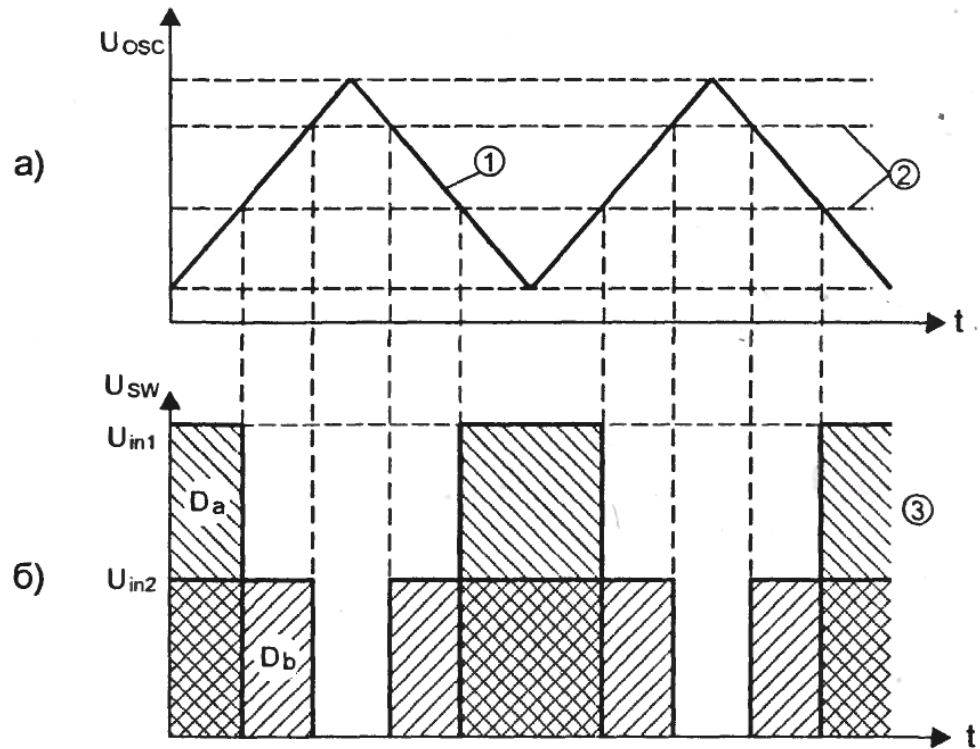


Рисунок 1.12 – Пояснення роботи мікросхеми MAX724

Ще один вузол – компаратор формування сигналу перевантаження, призначається для захисту мікросхеми від струмів КЗ, які можуть вивести її з ладу. Датчиком струму ключового елементу SW служить шунт  $R_{sw}$ , сигнал з якого поступає на компаратор. Величина опору шунта вибрана такою, аби при перевищенні струму ключа значення 6,5 А спрацьовувала схема захисту і знімала керуючий імпульс з бази транзисторного ключа SW.

Принципова схема стабілізатора приведена на рис. 2.14. Вхідна постійна (або випрямлена пульсуюча) напруга фільтрується конденсатором C1, паралельно якому включений конденсатор C2 для усунення впливу індуктивності монтажу. Додатково захищає мікросхему від небезпечних індуктивних викидів сапресор VD1. У вихідному колі є розрядний діод Шоткі VD2, LC-фільтр з індуктивним елементом L1 і конденсаторами C2, C3. Датчик вихідної напруги утворюють послідовно включені резистори R2 і R3. Резистор R3 - призначений для регулювання величини вихідної напруги.

$$R_2 = \frac{U_{out} R_3}{2,21} - R_3.$$

Коло R1, C3, включене на виході підсилювача сигналу розузгодження, формує стійку регульовальну характеристику стабілізатора.

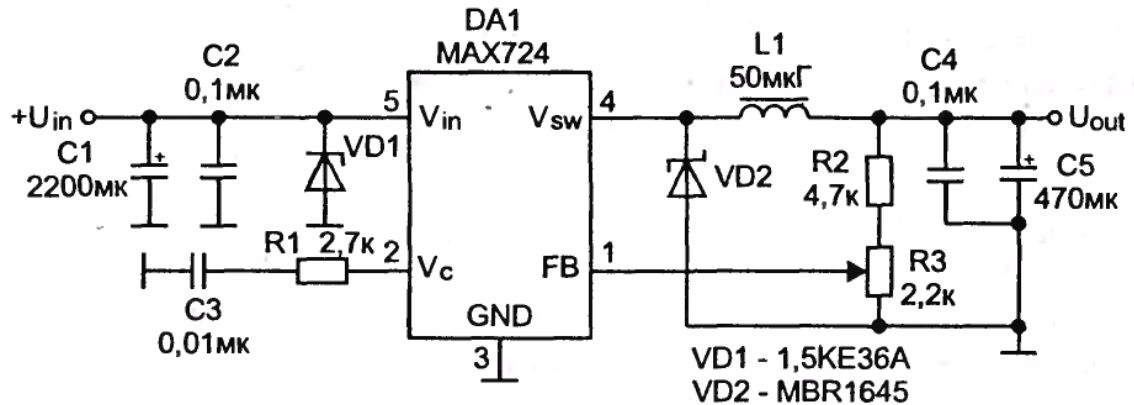


Рисунок 1.13 – Схема електрична принципова стабілізатора на основі  
MAX724

Чоперний стабілізатор на мікросхемі K1156EY5.

Другий варіант малогабаритного чоперного стабілізатора з вихідним струмом до 500 мА можна побудувати на основі вітчизняної мікросхеми K1156EY5, розробленої НТЦ «СИТ», м. Брянськ, на основі прототипу MS34063 фірми «Mologic1a».

Структурна схема K1156EY5 показана на рис. 1.14. Задаючий генератор OSC формує імпульсну послідовність частотою до 100 кГц. Частота задається зовнішнім конденсатором, що підключається до виводу «3». Імпульси керування через тригер Т поступають на силовий ключовий елемент SW на транзисторах VT1 і VT2. Джерело опорної напруги REF формує опорну напругу 1,25 В, з якою порівнюється напруга, що поступає з виходу стабілізатора. Функцію порівняння виконує компаратор CLC. Є також схема



від перевантаження по струму. Вхідний сигнал перевантаження по струму поступає на вивід «7» мікросхеми.

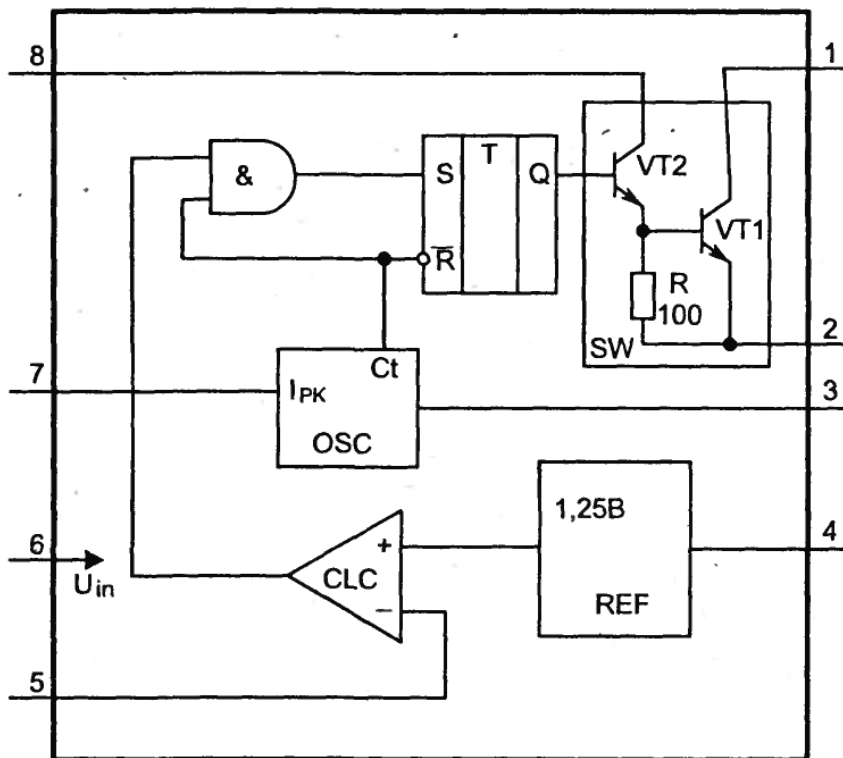


Рисунок 1.14 – Структурна схема мікросхеми K1156EY5

Принципова схема стабілізатора на базі цієї мікросхеми приведена на рис. 1.15.

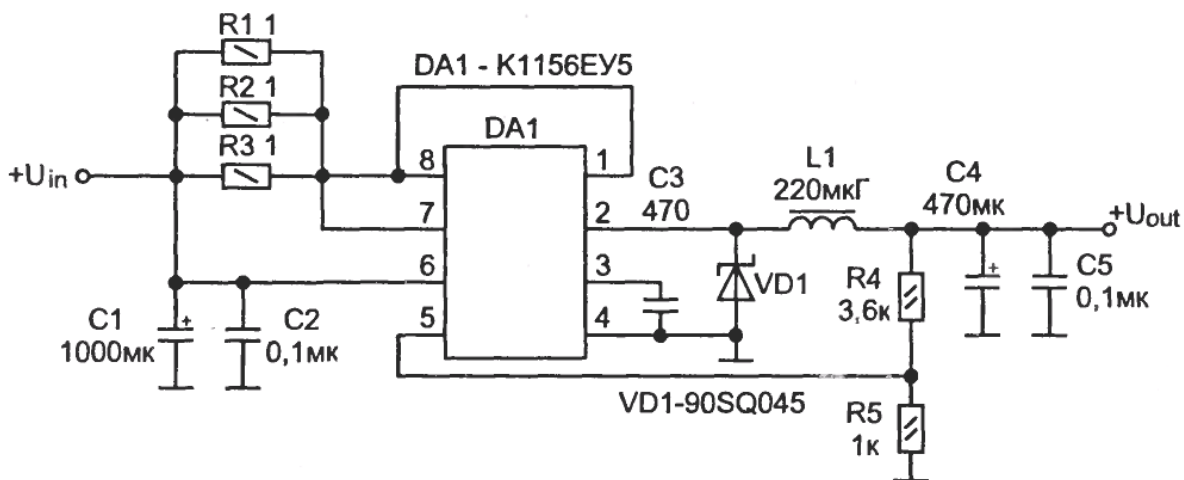


Рисунок 1.15 – Схема електрична принципові на основі K1156EY5

Вхідна напруга стабілізатора - 10...25 В, напруга на навантаженні підтримується з нестабільністю не більше 3 мВ при пульсації не більше 120 мВ. ККД стабілізатора - близько 84%, струм споживання стабілізатора фіксується на рівні 1,1 А при виникненні короткого замикання на виході.

Чоперний стабілізатор на мікросхемі K1155EY2.

Третя конструкція чоперного стабілізатора побудована на основі вітчизняної мікросхеми K1155EY2. Зарубіжний аналог цієї мікросхеми - L296. На основі цієї мікросхеми можна побудувати стабілізатор з вихідною напругою від 5,1 до 40 В при струмі навантаження до 4 А. Вхідна напруга мікросхеми знаходиться в межах від 9 до 45 В.

В мікросхемі K1155EY2 є схема плавного пуску, що запобігає стрибку вихідного струму при включенні. По-друге, схема віддаленого управління дозволяє дистанційно включати або відключати стабілізатор. По-третє, формується сигнал «Reset», який можна використовувати для скидання мікропроцесорів або мікроконтролерів. По-п'яте, виводи синхронізації задаючого генератора призначені для спільної роботи декількох однакових мікросхем.

На рис. 1.16 показана структура мікросхеми K1155EY2. Генератор пилкоподібної напруги STO формує лінійнонаростаючу напругу, яка подається через вивід «7» (вивід синхронізації) на компаратор CPWM, який формує широтно-модульований сигнал. Частота генерації задається RC-ланкою, що підключається до виводу «11». Сигнал струмового захисту формує компаратор COMP, який управляється напругою шунта, який підключений до виводу «3» (напруга живлення). Вивід «4», підключений до того ж компаратора, дозволяє задавати зовнішнім резистором поріг струмового захисту.

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		26

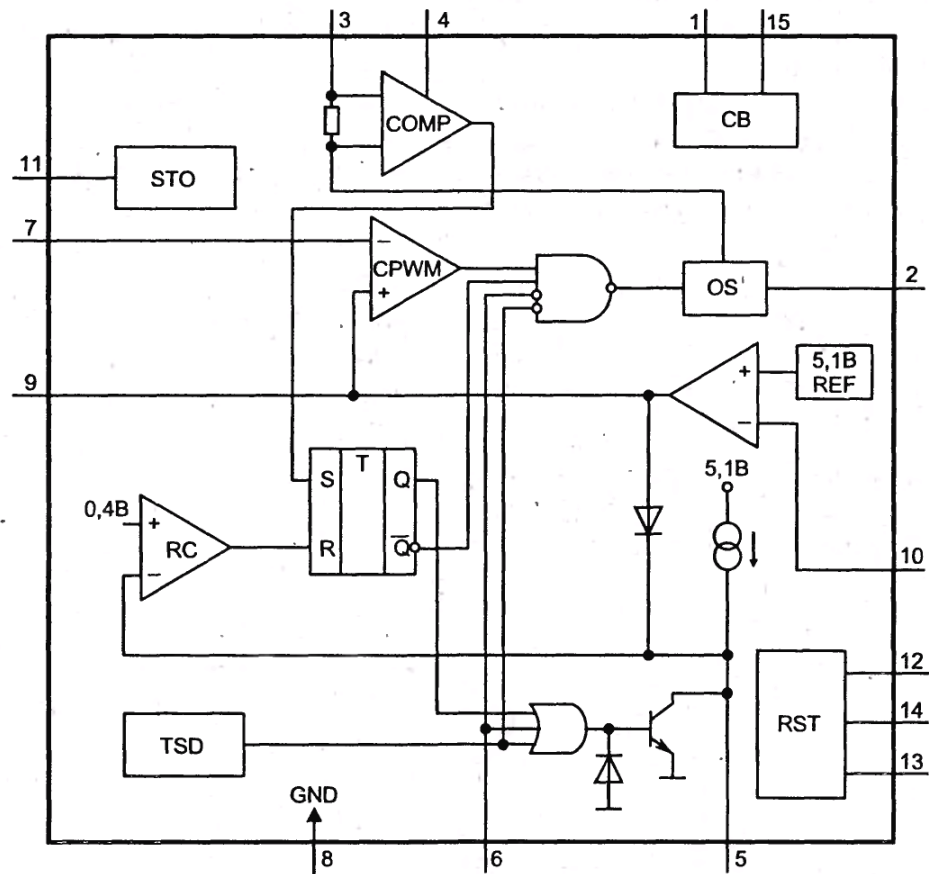


Рисунок 1.16 – Структурна схема мікросхеми K1155EY2

До виводу «5» підключається конденсатор, що формує траєкторію плавного пуску стабілізатора. Також до схеми плавного пуску відноситься компаратор RC. Вивід «10» - вхід сигналу зворотного зв'язку, а до виводу «9» необхідно підключити RC-коло, що формує стійку регульовальну характеристику.

Сигнал зовнішнього управління подається на вивід «6». Цей сигнал може заборонити роботу мікросхеми і зняти напругу з виходу стабілізатора. Схема СВ формує напругу для включення зовнішнього пристрою універсального захисту від перенапружень. Зазвичай вивід «1» цієї схеми з'єднується з виводом зворотного зв'язку, а вивід «15» - з електродом тиристора, який шунтує вихід стабілізатора якщо вихідна напруга по яких-небудь причинах перевищує номінальну на 20%. Якщо схема СВ не використовується, вивід «1» сполучають із загальним дротом.





Трансформатор Т2 є силовим мережевим трансформатором понижаючого типу для забезпечення гальванічної розв'язки між мережею електроживлення та виходом схеми. На діодах VD5-VD8 та конденсаторах C2, C4 зібрано випрямляч та фільтр, напругою з виходу якого живиться оперний стабілізатор, виконаний на мікросхемі DA2. Діод VD9 призначений для захисту виходу мікросхеми DA2 від викидів ЕРС самоіндукції накопичуючого дроселя L1. На елементах C12, C13, L2 виконано ємнісно-індуктивний фільтр з виходу якого напруга подається на роз'єм XS3, до якого під'єднуються електроди апарату.

Послідовно з навантаженням включено резистор R13, що є перетворювачем струм/напруга, падіння напруги на ньому буде пропорційне струму, що протікає в навантаженні. Це падіння напруги подається на операційний підсилювач DA3 та повторювач напруги DA4, а з його виходу на вхід мікроконтролера DD1. Він опрацьовує його і виводить на індикаторіві HG1 значення струму, що протікає в навантаженні.

З подільника напруги R16, R17 напруга надходить на інший вхід контролера, значення якої виводиться на індикаторіві HG2. Це значення напруги на навантаженні.

Власне напруга на навантаженні і відповідно струм в колі навантаження регулюється змінноопірним резистором, який під'єднується до роз'єму XS2. Зміна опору резистора задає зміну ширини імпульсів внутрішнього генератора мікросхеми DA2. На елементах VD1-VD4, DA1, R1-R3, C1, C3, C7, C8 зібрано стабілізоване джерело живлення мікроконтролера та операційних підсилювачів.

Резистори R5-R12 обмежують струм сегментів світлодіодних індикаторів HG1, HG2.

### 1.3.3 Розрахунки схеми електричної принципової

Давачем струму, що використовується для реєстрації величини струму в колі навантаження служить резистор R13. Він є малоомним і майже не

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		30

впливає на вихідний струм приладу. Його величина складає 0,01 Ом. Спад напруги на резисторі R13 рівний:

$$U = I \cdot R_{13} \quad (1.7)$$

де  $R_{13}$  – опір резистора R13.

Тоді при максимальному струмі в колі пацієнта (3 А) спад напруги на резисторі відповідно буде

$$U=3 \cdot 0,01=0,03 \text{ В.}$$

Отримана напруга не матиме недостатній рівень для подальшого її опрацювання мікроконтролером, тому в роботі використано операційний підсилювач DA3, включений за схемою неінвертуючого підсилювача. Проведемо розрахунок резисторів цього підсилювача.

Для неінвертуючого підсилювача відповідно до схеми електричної принципової коефіцієнт підсилення знаходиться з виразу:

$$K = \frac{U_1}{U_2} = 1 + \frac{R_{15}}{R_{17}} \quad (1.8)$$

де  $U_1$  – вихідна напруга;  $U_2$  – вхідна напруга – 0,03 В.

Нехай вхідну напругу амплітудою 0,05 В потрібно підсилити до значення 2,2 В для нормального узгодження із портами мікроконтролера. Тоді коефіцієнт підсилення повинен становити  $K=(2,2/0,03)=73,3$ , тоді, задавшись номіналом резистора  $R_{14}=1$  кОм знайдемо номінал резистора R15:

$$R_{15} = R_{14} \cdot K - R_{14} = 1 \cdot 73,3 - 1 = 72,3 \text{ кОм}$$

Вибираємо із стандартного ряду значень номінал резистора R15=75 кОм.

Ємність конденсатора C2 знаходимо за формулою:

$$C2 = \frac{P_n}{200 \cdot K_n \cdot U_{ж}^2} \quad (1.9)$$

Тут  $P_n$  - номінальна потужність (100 Вт),

$K_n$  - коефіцієнт пульсацій (10%),

$U_{ж}$  - напруга живлення (26 В),

$$C2 = \frac{100}{2000 \cdot 0,1 \cdot 26^2} = 8,7 \cdot 10^{-4} = 8,7 \text{ мкФ} \quad (1.10)$$

Приймаємо C2=100 мкФ, C3=0,01 мкФ.

Знайдемо номінали резисторів R5-R12, виходячи з того, що струм споживання кожного сегмента індикатора становить 0,013 А, а напруга – 1,3 В. Тоді на кожному з резисторів повинно падати 3,7 В, оскільки напруга на кожному виході контролера становить 5 В. Опір резисторів становитиме:

$$R4 = \frac{U}{I} = \frac{3,7}{0,013} = 284 \text{ Ом} \quad (1.11)$$

Приймаємо значення номіналів резисторів R4-R10 з стандартних рядів рівними 300 Ом. Знайдемо потужність, що розсіюється на кожному резисторі:

$$P = U \cdot I = 3,7 \cdot 0,013 = 0,048 \text{ Вт} \quad (1.12)$$

Вибираємо резистори потужністю 0,125 Вт із невеликим запасом.

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		32



Подібним чином проводяться розрахунки решти елементів схеми електричної принципової.

#### 1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази

У пристрої використані конденсатори типів К50-35 та К73-17.

Діелектриком в них є оксиду металу. Інша його обкладка утворюється з просоченої електролітом паперової стрічки і дотичної з нею іншої, не окисленої стрічки з фольги. Електролітичні конденсатори вимагають певної полярності включення їх в схему. Зазвичай корпус конденсатора підключається до негативного полюса джерела. Основною перевагою електролітичних конденсаторів є їх велика ємність при невеликих габаритних розмірах.

К50-35 мають такі х-ки:

- діапазон напруг, В: від 6,3 до 450;
- ємності: від 0,10 до 22000 мкФ.

Конденсатори К73-17 – керамічні постійної ємності.

К73-17 мають такі х-ки:

- діапазон ємностей:  $10-4,7 \cdot 10^6$  пФ
- група за температурним коефіцієнтом ємності: Н50
- граничні експлуатаційні дані:
- мінімальне напруцювання на відмову: 40000 год.;

Резистори вибрано типу С2-33 – постійні, неізолювані.

С2-33 мають такі х-ки:

- рівень власних шумів: 5 мкВ/В;
- мінімальне напруцювання на відмову: 15000 год.

Резистори СПЗ-19а – керметні композиційні одинарні однооборотні.

СПЗ-19а мають такі х-ки:

- опори: від 10 Ом до 1 МОм;

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		33

- характеристика зміни опору: лінійна;

Діод 1N4147 – кремнієвий швидкодіючий. Корпус пластиковий – DO-41.

1N4147 має такі х-ки::

- зворотна  $U_{max}$ , В ... 1000;
- зворотна імпульсна  $U_{max}$ , В ... 100;
- прямий  $I_{max}$ , мА ... 40;
- вага, г ... 0,4;

Діод КД2998А – високоефективний кремнієвий діод має такі х-ки::

- зворотна  $U_{max}$ , В ... 200;
- зворотна імпульсна  $U_{max}$ , В ... 250;
- прямий  $I_{max}$ , А ... 30;
- прямий імпульсний  $I_{max}$ , А ... 100;

Діоди MBR350 – діоди Шоткі, випрямні, з наступними параметрами:

- корпус: С-16
- зворотна  $U_{max}$  – 50 В;
- пряме падіння напруги – 750 мВ;
- прямий струм діода (середній) – 3 А.

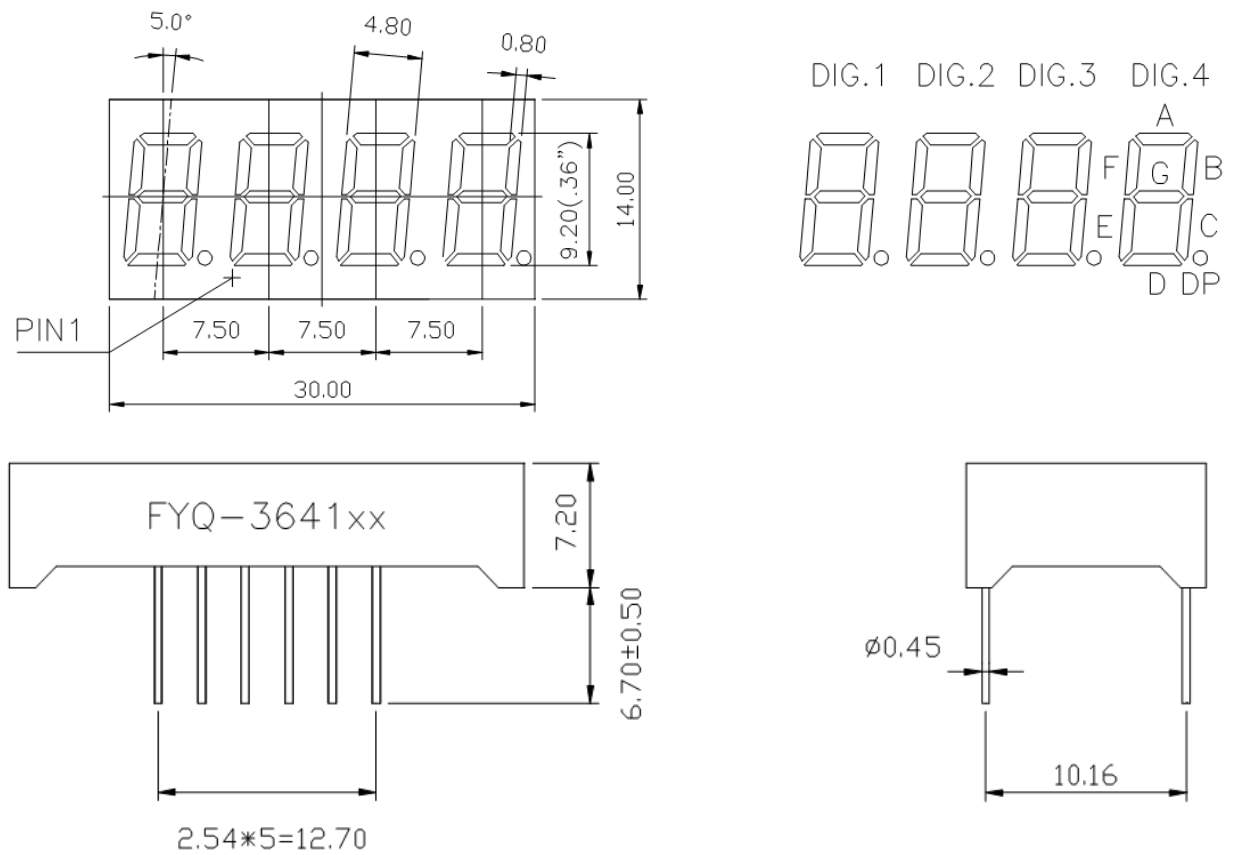
РК206-N – низькочастотний кварцовий резонатор з п'єзоелементом типу камертон. Володіючи мікромініатюрним розміром, ці резонатори ідеально підходять для застосування в мікропроцесорній і портативній апаратурі, засобах зв'язку і обчислювальних пристроях.

Технічні параметри:

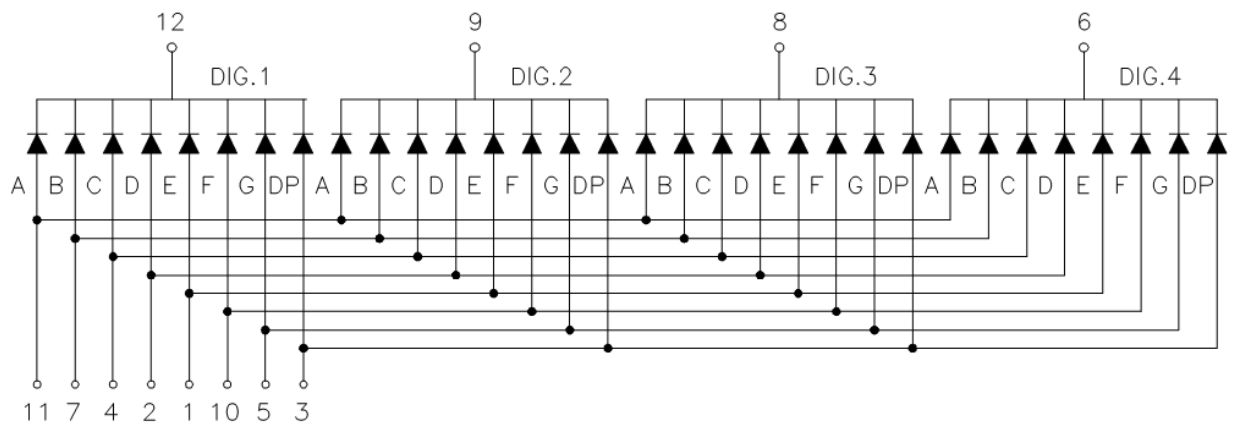
- висока ударна і вібраційна міцність;
- мікромініатюрний розмір;
- висока стабільність;
- низьке енергоспоживання;
- діапазон частот – 32-270 кГц;
- динамічний опір – 20-50 кОм

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		34

Семисегментний індикатор FYQ-3641 AS-21 - світлодіодний цифровий індикатор, 4-розрядний, червоний, з наступними параметрами (рис. 1.19):



а)



б)

Рисунок 1.19 – Габаритні розміри (а) та схема електрична принципова (б) індикатора FYQ-3641 AS-21

Наступними було вибрано мікросхеми LM317T, M2576T-Adj, MC1456CG, та PIC16F873A.

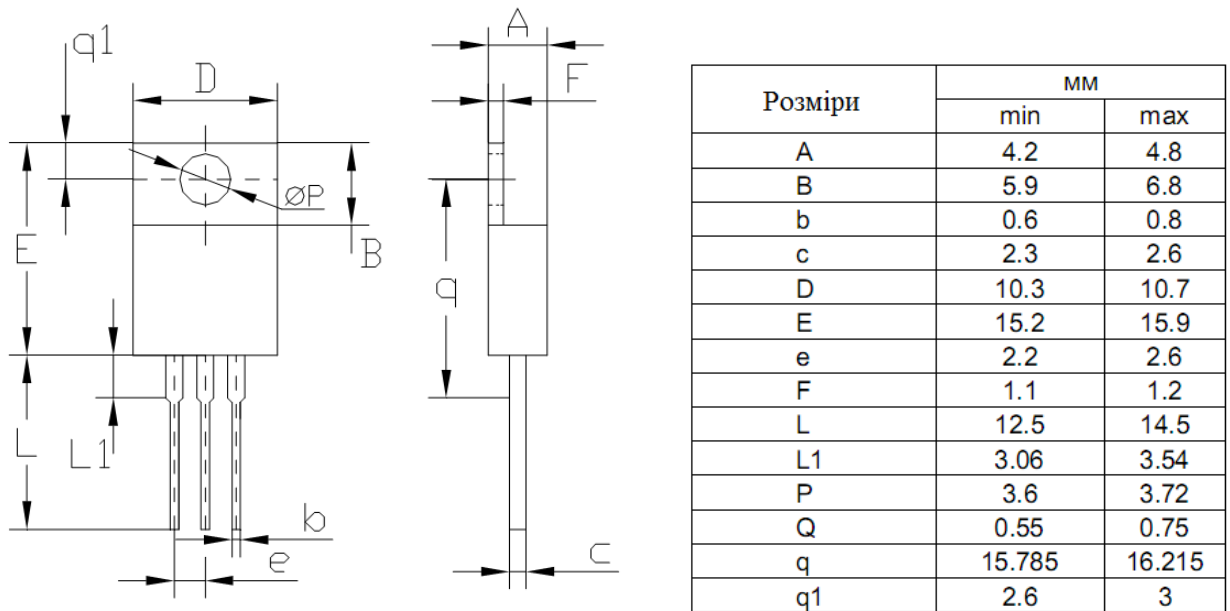


Рисунок 1.20 – Корпус TO-220

M2576T-Adj – імпульсний регулятор напруги в діапазоні 1,23-37 В з максимальним струмом навантаження 3 А та робочою частотою 52 кГц (рис.1.22).

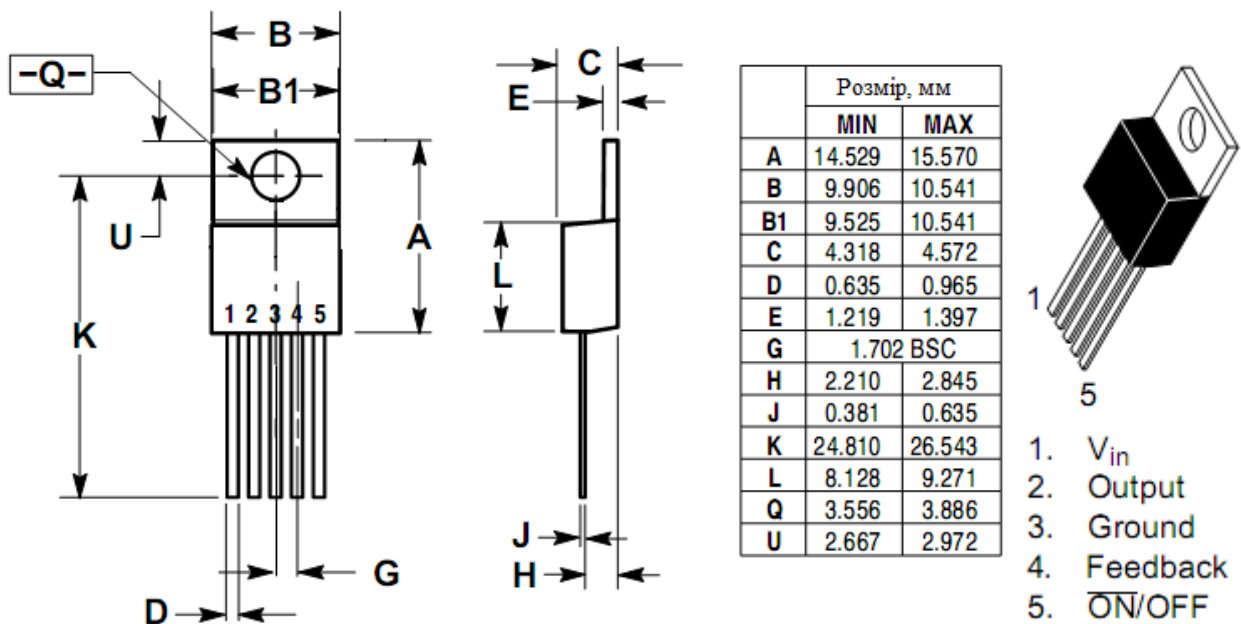


Рисунок 1.21 – Габаритні розміри мікросхеми M2576T-Adj

Мікросхема MC1456CG – операційний підсилювач з наступними параметрами:

- напруга живлення, В:  $\pm 18$ ;
- струм споживання, мА: 20;
- розсіювана потужність, мВт: 680;
- тип корпусу – DIP-8.

Вибір перерахованих вище елементів пояснюється їх дешевизною поряд з їхньою високою надійністю, малою масою і габаритними розмірами. Крім того, вони стандартизовані і уніфіковані, що спрощує ремонт, заміну.

### 1.5 Розробка компоновки та монтажу блоку живлення

Розробка компоновки блоку полягає в виборі оптимального розміщення електрорадіоелементів та додаткових елементів конструкції для забезпечення його працездатності, надійності, необхідних габаритних показників, ефективного теплового режиму та ергономічності.

При проектуванні друкованої плати і конструкції блоку використано САПР. Саме за їх допомогою побудовано схему електричну принципову та зроблено розводку друкованої плати і компоновку друкованого вузла.

Враховуючи невелику кількість ЕРЕ використаних у схемі, а також їх малі габаритні розміри і невелику масу, друкований вузол блоку виконано на одній друкованій платі.

Розглянемо детальніше конструктивні особливості розроблюваного пристрою.

Є шість основних типів збирання друкованих вузлів, які в свою чергу поділяються на односторонню та двосторонню компоновку.

В роботі використано тип 1А монтажу елементів. Компоненти встановлені на одній стороні друкованої плати (рис. 1.22).

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		37

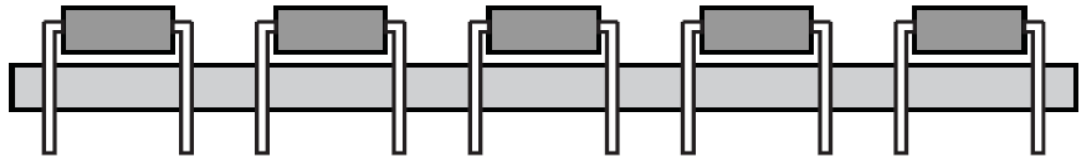


Рисунок 1.22 – Компоновка типу 1А

Використана елементна база наведена в додатках – в специфікації.

Важливим є вибір оптимального точність друкованої плати, від якого залежить густина топології провідників. Для виконання друкованого рисунка вибрано другий клас точності.

Прийнято крок сітки (координатної) 1,25 мм.

Діаметр площадки контактної знайдемо за формулою:

$$D=d+2g_n \quad (1.13)$$

Площа поперечного сечення провідної доріжки  $S$  знаходиться з виразу:

$$S = \frac{i}{j} \quad (1.14)$$

де:  $i$  – максимальний струм, який повинен протікати по провіднику,  
 $j$  – густина струму для матеріалу провідника (для міді приймаємо  $j=5 \text{ А/мм}^2$ ).

Максимальний струм протікатиме через силові елементи і становитиме 3 А.

Тоді  $S$  рівна добутку товщини  $p$  провідного матеріалу (50 мкм для склотекстоліту товщиною 1,5 мм) на ширину провідника  $l$ . Знайдемо ширину провідника:

$$S = p \cdot l = \frac{i}{j}, \quad (1.15)$$

$$l = \frac{i}{j \cdot p} = \frac{3}{5 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} \approx 12 \text{ мм} \quad (1.16)$$

Пропонується отримати необхідну площу поперечного січення силових провідників шляхом зменшення ширини провідника до значення 3 мм та пропаювання по його поверхні мідних провідників з січенням 0,4 мм<sup>2</sup>.

Струм, що протікатиме через решту елементів становитиме наближено не більше 100 мА. Знайдемо за виразом (1.12) ширину провідника:

$$S = p \cdot l = \frac{i}{j}, \quad (1.17)$$

$$l = \frac{i}{j \cdot p} = \frac{0,1}{5 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} = 0,4 \text{ мм}$$

Прийmemo із запасом ширину провідника – 0,75 мм.

Знаючи параметри елементів друкованого вузла та вимоги до розмірів елементів провідного рисунка друкованої плати проведено проектування топології друкованої плати та власне друкованого вузла блока живлення з допомогою САПР P-CAD 2006.

Для цього було створено бібліотеки елементів в середовищі P-CAD 2006, в модулі Schematic створено креслення схеми електричної принципової та після імпортування її в модуль P-CAD PCB проведено трасування друкованої плати з використанням стандартних трасувальників.

Для оформлення креслень було використано програму Компас, яка дає можливість оформлення конструкторської документації за ЄСКД. На рис. 1.23 наведено креслення друкованої плати блока.

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		39

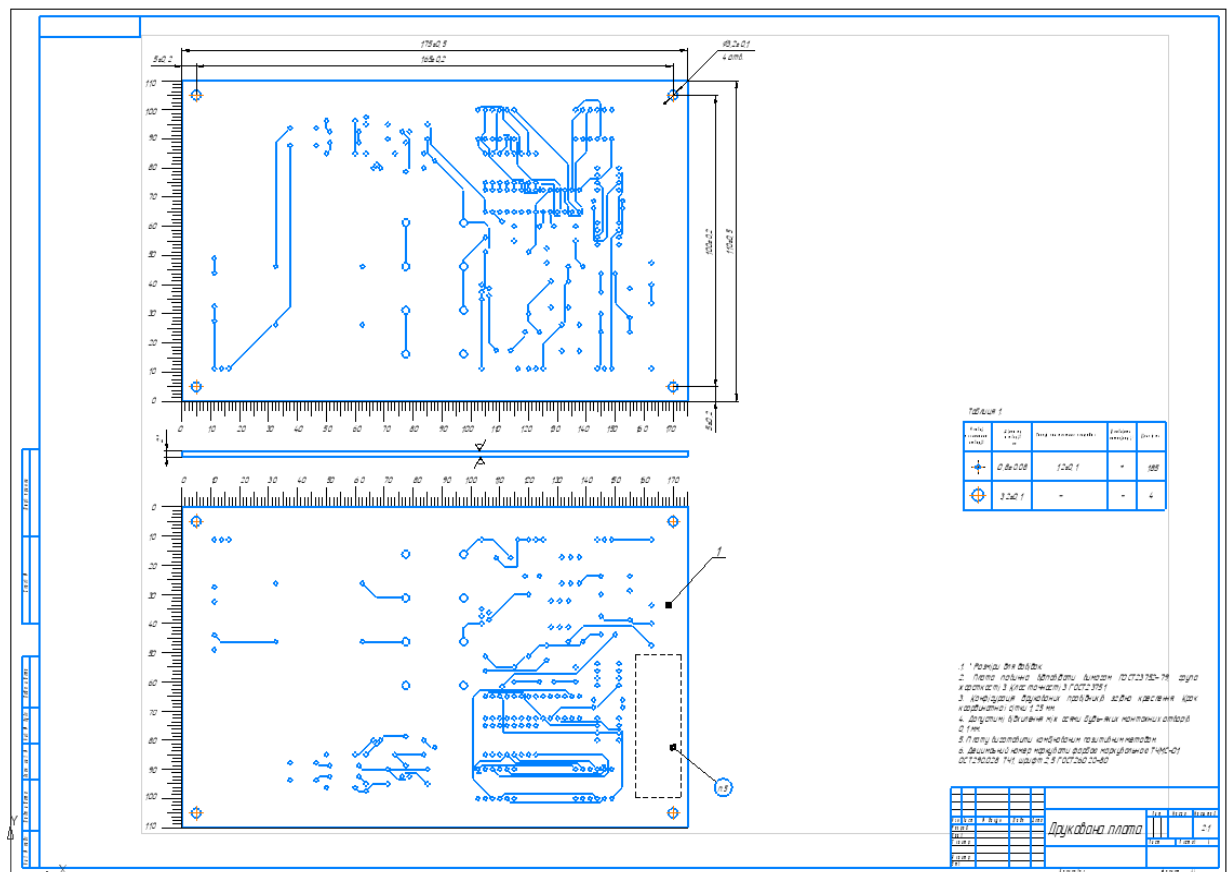


Рисунок 1.23 – Друкована плата

На кресленні вказано габаритні розміри, установчі розміри, спосіб обробки поверхні друкованої плати – обробка коченням, лінійки координатної сітки та допуски на розміри. При цьому визначено базові сторони, відносно яких проводиться обробка плати, висвердлювання отворів тощо.

Додатково в полі технічних вимог вказано параметри отворів та власне вимоги, яким повинна задовольняти друкована плата, а саме:

- Плата повинна відповідати вимогам ГОСТ23752-79, група жорсткості 3. Клас точності 3 ГОСТ23751
- Конфігурація друкованих провідників згідно креслення.
- Допустимі відхилення між осями будь-яких монтажних отворів 0,1 мм.
- Плату виготовити комбінованим позитивним методом.



- Децимальний номер маркувати фарбою маркувальною ТУМС-01  
ОСТ290.028 ТУ1, шрифт 2,5 ГОСТ26020-80

Також в середовищі Компас розроблено креслення друкованого вузла  
блока, яке наведено на рис. 1.24.

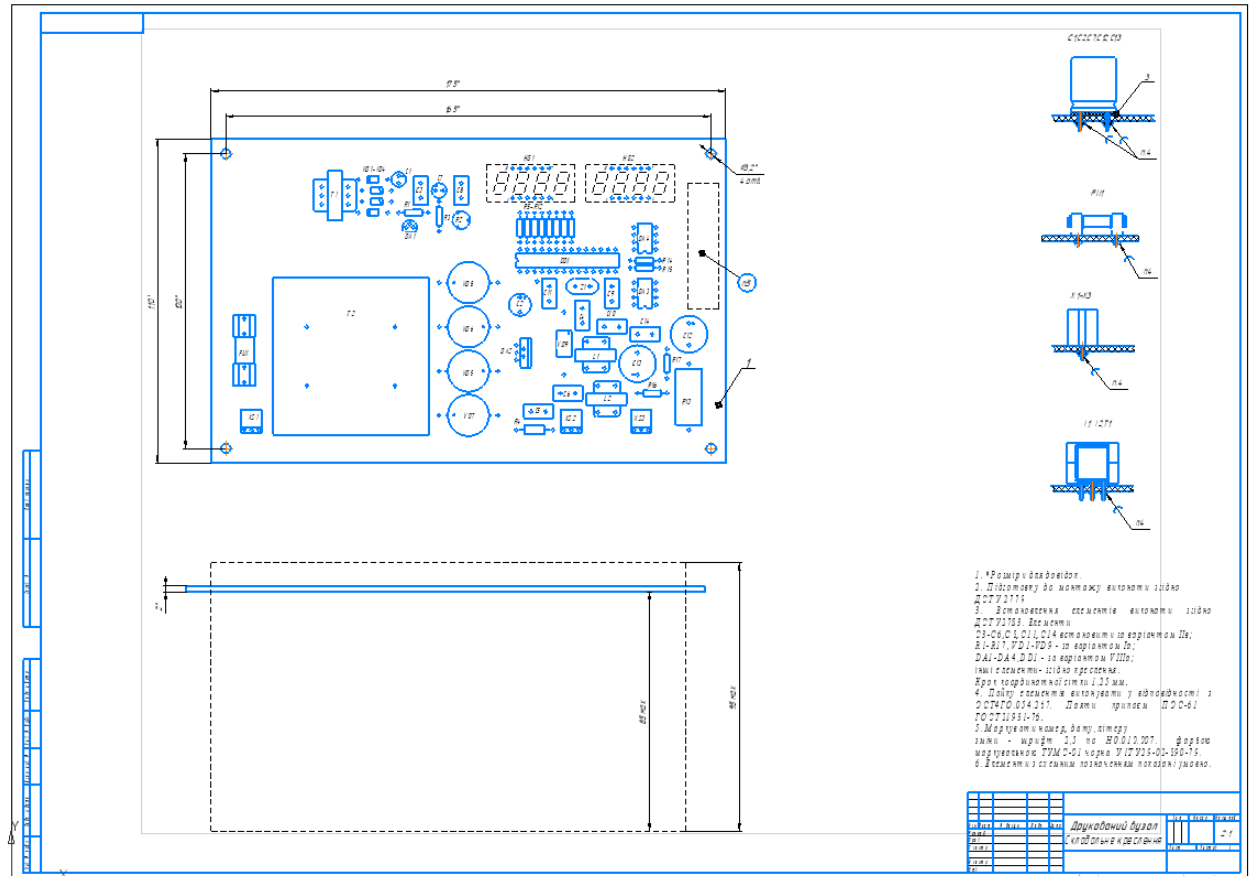


Рисунок 1.24 – Складальне креслення друкованого вузла.

На кресленні вказано розміщення усіх елементів, габаритні розміри ділянки їхнього монтажу, установчі розміри тощо.

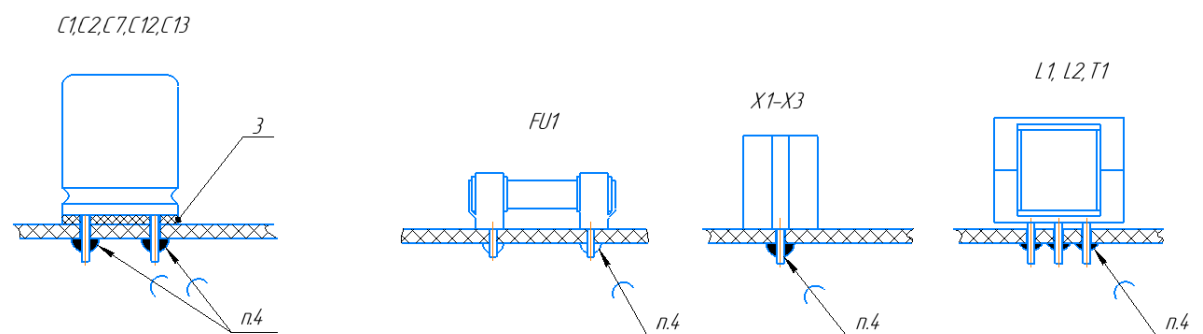


Рисунок 1.25 – Елементи із нестандартним варіантом встановлення

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат
----	-----	---------	--------	-----

Зокрема на рис. 1.25 вказано варіанти встановлення електролітичних конденсаторів. Вони встановлюються на друковану плату через діелектричні прокладки із проклеюванням для унеможливлення окислення виводів конденсаторів.

Також в полі технічних вимог вказано власне вимоги до складання друкованого вузла, а саме:

- Підготовку до монтажу виконати згідно ДСТУ 2779
- Встановлення елементів виконати згідно ДСТУ2783. Елементи С3-С6,С8,С11,С14 встановити за варіантом Пв;R1-R17, VD1-VD9 - за варіантом Іа;DA1-DA4,DD1 - за варіантом VІІа; інші елементи- згідно креслення. Крок координатної сітки 1,25 мм.
- Пайку елементів виконувати у відповідності з ОСТ4ГО.054.267. Паяти припоєм ПОС-61 ГОСТ21931-76.
- Маркувати номер, дату, літеру зміни - шрифт 2,5 по Н0.010.007. фарбою маркувальною ТУМС-01 чорна У1ТУ29-02-890-79.

Використовуючи наведені розрахунки та отримані креслення можливим стає виготовлення проектованого лабораторного блока живлення з цифровою індикацією режимів його роботи.

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		42

## 2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

### 2.1 Питання освітлення при виготовленні лабораторного джерела живлення з цифровою індикацією режимів

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

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		43

захворювань, наприклад, таких як робоча міопія (короткозорість), спазм акомодатії.

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

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		44

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 лабораторного джерела живлення з цифровою індикацією режимів

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

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		45

врахувати як прямий світловий потік, так і відбитий від стін та стелі. Світловий потік  $\Phi_l$  лампи розжарювання визначається по формулі:

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

де  $E$  – нормована мінімальна освітленість,  $E = 300 \text{лк}$  ;

$S$  – площа освітлювального приміщення,  $S = 70 \text{м}^2$  ;

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

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

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

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

$$\Phi_l = \frac{300 \cdot 1.3 \cdot 70 \cdot 1.3}{10 \cdot 3} = 1050 \text{лм}$$

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

### 2.3 Особливості розрахунку штучної вентиляції при виготовленні лабораторного джерела живлення з цифровою індикацією режимів

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 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 см<sup>3</sup> оксиду вуглецю, а при спалюванні в люльці – від 53 до 109 см<sup>3</sup>.

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 м<sup>3</sup>), 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,

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		47

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: квартирки, 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 (CO<sub>2</sub>) в приміщенні не перевищувала 0,1 % (1 л/м<sup>3</sup>). З цією метою кількість вентиляційного повітря на одну людину повинна становити (в м<sup>3</sup>/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:

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		48



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

де  $a$  – площа вентиляційного отвору (в  $\text{м}^2$ ),  $v$  – швидкість руху повітря (в  $\text{м}/\text{с}$ ), 3600 – перерахунок години на секунди.

Розділивши величину вентиляційного об'єму повітря на кубатуру приміщення (в  $\text{м}^3$ ), одержують кратність обміну повітря.

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 ( $0,4 \text{ л}/\text{м}^3$ ), допустиму концентрацію вуглекислоти в повітрі ( $1 \text{ л}/\text{м}^3$ ), 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  $\text{м}^3/\text{год}$ ) на одну людину (кубатура приміщення),  $A$  – кількість видихуваної вуглекислоти однією дорослою людиною (22,6 л),  $a$  – допустима концентрація  $\text{CO}_2$  в приміщенні ( $1 \text{ л}/\text{м}^3$ ),  $a_1$  – вміст  $\text{CO}_2$  в атмосферному повітрі ( $0,4 \text{ л}/\text{м}^3$ ).

Розрахувавши, одержимо:

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

де  $37,7 \text{ м}^3$  – це та кількість повітря, яка необхідна одній людині протягом години, або кубатура приміщення при відсутності вентиляції, щоб концентрація  $\text{CO}_2$  не перевищувала допустиму величину – 0,1 % (тобто  $1 \text{ л}/\text{м}^3$ ).

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		49

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  $9 \text{ м}^2$ .

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		50

## Висновки

В роботі здійснено схемотехнічне та конструкторське проектування лабораторного джерела живлення з цифровою індикацією режимів його роботи.

На основі аналізу існуючих способів побудови імпульсних перетворювачів розроблено структурну схему джерела живлення.

При схемотехнічному проектуванні була проведена розробка та розрахунок схеми електричної принципової. Вибір компонентної бази проводився з врахуванням технічних та експлуатаційних характеристик пристрою.

При конструкторському проектуванні проведено розробку друкованої плати та друкованого вузла пристрою. Установка компонентів на друковану плату проводилась згідно ДСТУ 2783-94.

При здійсненні розробки пристрою було застосовано системи автоматизованого проектування. До них входять пакети програм Компас 3D-V13 та P-Cad 2006. За допомогою середовища P-Cad проведено трасування друкованої плати та одержано складальне креслення друкованого вузла. В середовищі Компас проведено оформлення всієї графічної документації згідно діючих вимог ЄСКД.

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		51

## 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.

					БСТ 2.087.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дат		52

# 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: «Лабораторне джерело живлення з цифровою індикацією режимів»

Узгоджено:

Керівник кваліфікаційної роботи

Дуда С.П. \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”

Студент групи РАС-41

Боїло С.Т. \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

Тернопіль 2021

# 1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “Лабораторне джерело живлення з цифровою індикацією режимів”

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 Боїло С.Т. групи РАС-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

## 3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою роботи є розробка лабораторного джерела живлення з цифровою індикацією режимів, 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. Напруга живлення –  $(220 \pm 10\%)$  В, частота  $(50 \pm 5\%)$  Гц;
2. Діапазон регулювання  $U_{вих}$  – 1,3...24 В;
3. Струм навантаження – 3 А;
4. Споживана потужність, не більше – 85 Вт;
5. Діапазон робочих температур від  $+10$  °С... $+35$  °С;
6. Середній термін служби не менше 5 років;

7. Атмосферний тиск (760+30) мм рт. ст.,(101,3 +4) кПа.
8. Відносна вологість повітря до 80% при температурі до +25 0С;
9. По електробезпеці апарат задовільняє потребам ГОСТ 12.2.025, клас ІІ,тип ВФ.

## 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;
- Функціональна 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.

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
	<u>Конденсатори</u>		
	К50-35 ОЖ0.464.096 ТУ		
	К73-17 ОЖ0.460.84 ТУ		
C1,C2	К50-35-35В-100 мкФ±20%	2	
C3,C4,C6	К73-17-400В-0,1мкФ±10%	3	
C5	К73-17-400В -4,7 нФ±10%	1	
C7	К50-35-16В-100 мкФ±20%	1	
C8,C10,C14	К73-17-400В-0,1мкФ±10%	3	
C9,C11	К73-17-400В-20 пФ±10%	2	
C12,C13	К50-35-35В-1000 мкФ±20%	2	
	<u>Мікросхеми</u>		
DA1	LM317T	1	
DA2	LM2576T-Adj	1	
DA3,DA4	MC1456CG	2	
DD1	PIС16F873А	1	
FU1	<u>Запобіжник</u> ВП4-4-2А	1	
HG1,HG2	<u>Індикатор</u> FYQ-3641AS21	2	
L1	<u>Дросель</u> БСТ 7.104.001	1	
L2	<u>Дросель</u> БСТ 7.104.002	1	

БСТ 2.087.001 ПЕЗ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Боїло С.Т.		
Перевір.		Дуда С.П.		
Н. Контр.		Марценюк А.С.		
Затверд.		Дунець В.Л.		
Реценз.				

Джерело живлення

Перелік елементів

Літ.	Арк.	Аркушів
	1	2

ТНТУ, ФІПТ, РАС-41



Форма	Зона.	Поз.	Найменування	Найменування	Кіл.	Примітка
				<b><u>Документація</u></b>		
A1			БСТ 2.087.001 СК	Складальне креслення		
A1			БСТ 2.087.001 ЕЗ	Схема електрична принципова		
A1			БСТ 2.087.001 Е1	Схема структурна		
				<b><u>Деталі</u></b>		
		1	БСТ 7.102.001	Плата друкована	1	
		2	БСТ 7.104.004	Прокладка	5	
				<b><u>Стандартні вироби</u></b>		
				<b><u>Інші вироби</u></b>		
				<u>Діоди</u>		
		3		1N4147	4	VD1-VD4
		4		1N4004	4	VD5-VD8
		5		MBR350	1	VD9

					<b>БСТ 2.087.001</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Боїло С.Т.			<b>Джерело живлення Друкований вузол</b>	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Дуда С.П.					1	3
<i>Н. Контр.</i>		Марценюк А.С.				<b>ТНТУ, ФПТ, РАс-41</b>		
<i>Затверд.</i>		Дунець В.Л.						
<i>Рецензент</i>								

<i>Форма</i>	<i>Зона.</i>	<i>Поз.</i>	<i>Позначення</i>	<i>Назва</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>	
				<u>Конденсатори</u>			
				К50-35 ОЖ0.464.096 ТУ			
				К73-17 ОЖ0.460.84 ТУ			
		10		К50-35-35В-100 мкФ±20%	2	C1,C2	
		11		К73-17-400В-0,1мкФ±10%	3	C3,C4,C6	
		12		К73-17-400В -4,7 нФ±10%	1	C5	
		13		К50-35-16В-100 мкФ±20%	1	C7	
		14		К73-17-400В-0,1мкФ±10%	3	C8,C10,C14	
		15		К73-17-400В-20 пФ±10%	2	C9,C11	
		16		К50-35-35В-1000 мкФ±20%	2	C12,C13	
				<u>Мікросхеми</u>			
		17		LM317T	1	DA1	
		18		LM2576T -Adj	1	DA2	
		19		MC1456CG	2	DA3,DA4	
		20		PIC16F873A	1	DD1	
				<u>Резистори</u>			
				С2-33Н ОЖ0.467.173 ТУ			
				СПЗ-19а ОЖ0.467.072 ТУ			
		21		C2-33H-0,125-680 Ом±5%	1	R1	
		22		СПЗ-19а -100 Ом±10%	1	R2	
		23		C2-33H-0,125-240 Ом±5%	1	R3	
		24		C2-33H-0,125-1,2 кОм±5%	1	R4	
		25		C2-33H-0,125-300 Ом±5%	8	R5-R12	
		26		C2-33H-2-1 Ом±5%	1	R13	
		27		C2-33H-0,125-1 кОм±5%	1	R14	
		28		C2-33H-0,125-75 кОм±5%	1	R15	
		29		C2-33H-0,125-36 кОм±5%	1	R16	
		30		C2-33H-0,125-5,1 кОм±5%	1	R17	
			БСТ 2.087.001				<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			2

