

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: ІНВЕРТОР НАПРУГИ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Студента 6 курсу

напряму підготовки:

6.050802 – електронні пристрої та системи

Мацканич А. І.

(прізвище та ініціали)

Керівник Спесивих О. О.

(прізвище та ініціали)

доцент, к.ф.-м. наук

(посада, вч. звання, наук. ступінь)

Національна оцінка _____

Кількість балів: _____

Оцінка ECTS _____

Члени комісії:

_____	(підпис)	(прізвище та ініціали)
_____	(підпис)	(прізвище та ініціали)
_____	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
Ужгородський національний університет
Інженерно-технічний факультет
Кафедра електронних систем

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

на магістерську кваліфікаційну роботу

на тему:

ІНВЕРТОР НАПРУГИ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Студента групи ЕС: Мацканича Артура Івановича

()

Керівник проекту: доц. Спесивих Олександр Олександрович

()

Ужгородський національний університет

Інженерно-технічний факультет

Кафедра Електронних систем

Освітньо-кваліфікаційний рівень "МАГІСТР"

Напрямок підготовки 6.050802 – електронні пристрої та системи

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.ф.-м.н., Заяць Т.М.

" " _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
Студенту Мацканичу Артуру Івановичу
(ПРИЗВИЩЕ, ІМ'Я, ПО БАТЬКОВІ)

- Тема МКР ІНВЕРТОР НАПРУГИ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ
керівник роботи Спесивих Олександр Олександрович к.ф.-м. наук доцент,
(*прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання*)
затверджені наказом по університету від "___" _____ 20__ року № ____.
- Строк подання студентом роботи "___" _____ 20__ року.
- Вихідні дані до роботи. Провести пошук аналогів схемо технічних рішень інверторів напруги мобільних пристроїв. Проаналізувати переваги та недоліки різних аналогів об'єкту дослідження. Розробити технічну пропозицію із наступними параметрами: Живлення від мережі 220 В 50 Гц; струм навантаження до 4 А; напруга навантаження +15 В;
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Вступ
1. Огляд та аналіз прототипу та аналогів об'єкту досліджень
2. Проектно – конструкторський розділ
2.1. Опис структурної та принципової схем пристрою
2.2. Розрахунок окремих блоків пристрою
Висновки
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
1. Структурна (функціональна) схема
2. Електрична принципова схема
3. Друкована плата

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1,2	Заяць Т.М.		
2,2.1	Юркін І.М.		
Нормоконтроль	Спесивих О.О.		

7. Дата видачі завдання " " 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання МКР	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Пошук аналогів об'єкта проектування	2019	
2	Огляду та аналіз аналогів		
3	Вибір технічного рішення та обґрунтування технічної пропозиції		
4	Синтез структурної та принципової схем, друкованої плати їх розрахунок		
5	Виготовлення конструкторської документації.		
6	Конструкторська-технологічна розробка плати		
7	Техніко-економічне обґрунтування		
8	Оформлення магістерської кваліфікаційної роботи		
9			
10			

Студент

(підпис)

Мацканич А.І.

Керівник МКР

(підпис)

Спесивих О.О.

Реферат

Магістерська кваліфікаційна робота: сторінок – 75, рисунків – 37, таблиць – 9, джерел літератури – 16

Об'єкт розробки – інвертор напруги мобільних пристроїв.

Мета роботи: розробка структурної та принципової схеми інвертора напруги мобільних пристроїв.

Метод дослідження – аналіз прототипу та аналогів, синтез електричної структурної схеми та її реалізація у вигляді електричної принципової схеми.

При виконанні даної роботи було проведено пошук та аналіз аналогів об'єкту проектування і загальні принципи побудови. На основі цих даних і вимог технічного завдання розроблено структурну та принципову схеми. Проектно конструкторський розділ містить синтез структурної та принципової схеми, опис дії пристрою і розрахунки. розроблено друковану плату пристрою та виконано креслення монтажу елементів. Розраховано тепловий режим роботи інвертора та параметри надійності його роботи. Досліджено та проведено розрахунки собівартості пристрою

ІНВЕРТОР, ПОЛЯРНІСТЬ, НАПРУГА, ПЕРЕТВОРЕННЯ

Зміст

Вступ.....	5
1. Огляд та аналіз аналогів об’єкту досліджень.....	6
2. Проектно – конструкторський розділ.....	31
2.1. Опис структурної та принципової схем пристрою.....	32
2.2. Розрахунок окремих блоків пристрою.....	36
3. Конструкторсько–технологічний розділ.....	44
3.1. Проектування та розрахунок друкованої плати	44
3.2. Тепловий розрахунок пристрою	47
3.3. Розрахунок характеристик надійності пристрою.....	51
4. Розрахунок собівартості приладу.....	56
5. Заходи з охорони праці і техніки безпеки на виробництві приладу.....	63
Висновки.....	73
Список літератури.....	74

Додатки:

1. Схема електрична структурна - МКР.ЕС.162338.001.Е1
2. Схема електрична принципова - МКР.ЕС.162338.001.Е3
3. Перелік елементів - МКР.ЕС.162338.001.ПЕЗ
4. Креслення ДП - МКР.ЕС.162338.001.000.ДП
5. Креслення складальне - МКР.ЕС.162338.01.000 СК
6. Специфікація - МКР.ЕС.162338.01.000

					МКР.ЕС.162338.001.000.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Мацканич А.</i>			<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Снесивих О.О.</i>			У	4	75
					<i>Інвертор напруги мобільних пристроїв</i>		
					<i>УжНУ. ІТФ.</i>		

ВСТУП

Інвертором називається прилад, схема, або система, яка створює змінну напругу при підключенні джерела постійної напруги. Існує інший спосіб визначення: інверсія - функція зворотна випрямлення. Випрямлячі перетворюють змінну напругу в постійну, а інвертори навпаки, перетворюють постійний струм в змінний.

Інвертори зовсім не рідкісні пристрої. Під іншими назвами вони з'являються в численних додатках. Інверторами, звичайно, можна назвати і віброперетворювачі, і генератори зі зворотним зв'язком, і релаксаційні генератори.. Інвертор може бути генератором, а генератор можна використовувати як інвертор. Зазвичай використовують термін "інвертор" коли робоча частота була меншою ніж 100 кГц, і виконувана ним операція забезпечувала змінною напругою деяку іншу схему або обладнання. Сучасні інвертори не мають обмежень по частоті.

Оскільки немає чітко встановленої межі між інверторами і генераторами, можна сказати, що багато інверторів є генераторами спеціального типу. Інші інвертори можуть по суті бути підсилювачами або керованими перемикачами. Вибір терміну фактично визначається тим, як розставлені акценти. Схема створює радіочастотні коливання з відносно високою стабільністю частоти традиційно називалася генератором. Схему генератора, в якій основна увага звертається на такі параметри як ККД, можливість регулювання і здатність витримувати перевантаження, і яка працює в діапазоні звукових або інфразвукових частот, можна назвати інвертором.

На практиці, коли ми розглядаємо кінцеве призначення схеми, відмінність між інверторами і генераторами, стають досить очевидними. Призначення схеми тут же підкаже, як правильніше її називати: генератором або інвертором. Зазвичай інвертор застосовується в якості джерела живлення.

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

1. Огляд та аналіз аналогів об'єкту дослідження

Аналог 1

Принцип роботи перетворювача (рис.1.1.) - задаючий генератор, який налаштований на потрібну частоту шляхом підбору конденсаторів і резисторів, підсилювальний каскад, побудований на потужних польових транзисторах серії IRF3205. [1]

Схема не потребує налагодження і працює без проблем відразу після подачі живлення.

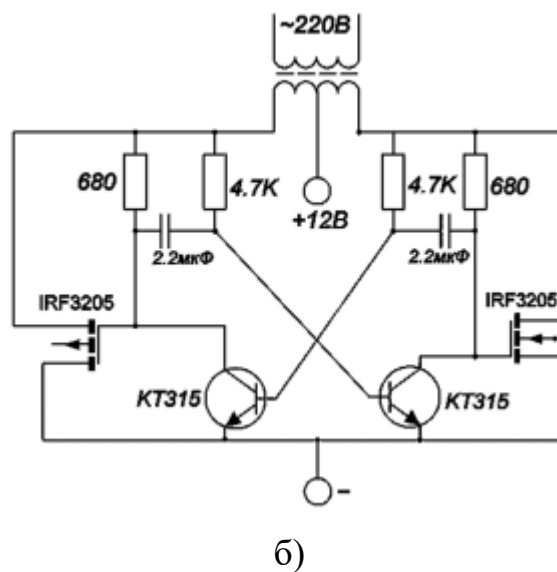


Рис.1.1. Принципова схема перетворювач напруги 12 В ~220 В [1]

Параметри:

- Струм споживання (холостий хід) - не більше 120 мА;
- Максимальний струм споживання - не більш 5 А;
- Максимальна потужність - до 100 Вт;
- Вхідна напруга від - 8 до 14 В;
- Вихідна напруга - 190-240 В;
- Максимально допустимий струм живлення 70 А.

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ

Арк.

6

Аналог 2

Дана схема (рис.1.2.): перетворює постійну автомобільну напругу 12 В. в змінну 220 в., з частотою 50 Гц. Вихідна потужність близько 200 Вт. Перетворювач містить задаючий генератор на частоту 100 Гц на тригері DD1.1, дільник частоти на 2 на тригері DD1.2 і підсилювач потужності на транзисторах VT1, VT2, навантажений трансформатором Т1. [2]

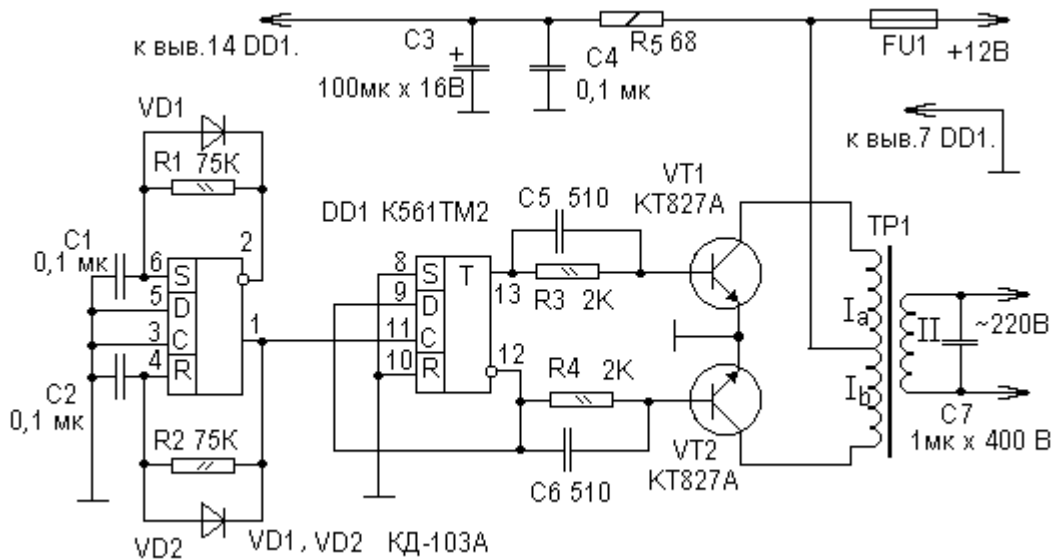


Рис. 1.2. Перетворювач напруги 12 В ~220 В [2]

Задаючий генератор володіє високою стабільністю частоти (не гірше 5% при зміні напруги живлення від 6 до 15 В). Дільник частоти одночасно грає роль сіметруючого ступеня, дозволяючи поліпшити форму вихідної напруги перетворювача. Вторинна обмотка трансформатора Т1 з конденсатором С7 і навантаженням утворюють коливальний контур з резонансною частотою близько 50 Гц.

Мікросхему К561ТМ2 можна замінити на К564ТМ2. Конденсатори С1 і С2 - КМБП, С7 - МБГО на напругу не нижче 400В. Транзистори VT1, VT2 слід розмістити на тепловідведення з великою площею охолодження.

Запобіжник FU1 при вихідній потужності 100 Вт повинен бути розрахований на струм близько 10А.

Автор використав у якості мережного трансформатора трансформатор Т1 типу ТС-180. [2] При вихідній потужності пристрою близькою до 180 Вт, вихідні

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

трансформатора T1, живлення генератора і мікросхеми DD1-здійснюється через параметричний стабілізатор напруги R1VD1. Разом з конденсатором C1 стабілізатор виключає вплив ключових транзисторів на роботу інших елементів пристрою.

Конденсатори C4 і C5 прискорюють процес комутації ключових транзисторів, тим самим полегшують режим їх роботи. Тригер DD1.1, вхід D якого підключений (через резистор R2) до плюсового провідника джерела живлення, а вхід C - до виходу генератора, призначений для контролю за напругою акумуляторної батареї і сигналізації про її розрядки до рівня, встановленого резистором R2.

Суть роботи цього вузла пристрою полягає в наступному. При повністю зарядженій батареї на D-вході тригера DD1.1 напруга вище порога перемикавання, на інверсному виході - логічний 0, тому світлодіод HL1 не горить. Як тільки напруга батареї виявиться менше допустимого, цей тригер по фронту імпульсу генератора який надходить на вхід Z, перемкнеться в нульовий стан і загориться світлодіод HL1, сигналізуючи про неприпустимий режим роботи батареї.

Аналог 4

В даному аналогу представлена схема перетворювача з максимальною потужністю навантаження 30W але при такому навантаженні вихідна напруга знижується до 200V. На холостому ході - 240V. Генератор частоти реалізовано на мікросхемі типу 555, частота якого легко регулюється. Фазовий подільник виконано на синхронному тригері DD2.1, друга половина мікросхеми використовується для реалізації схеми керування ключами VT1, VT2. [4] Принципова схема показана на рис. 1.4.

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		9

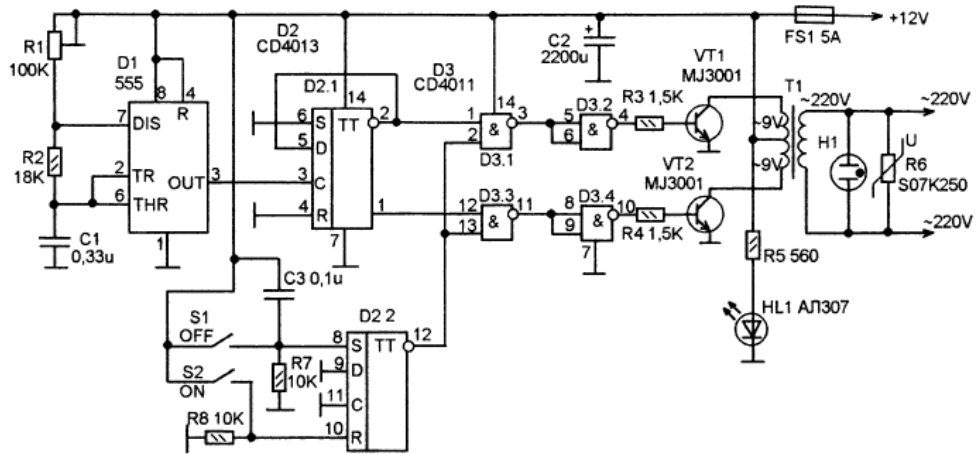


Рис. 1.4. Принципова схема 12 В ~220 В [4]

Імпульси з виходу D1 проходять на D-тригер D2.1, який створює на своїх протилежних виходах протифазні імпульси частотою в два рази нижче за частоту вхідних (що надходить на виводи 3 D2.1). Входи R і S не використовуються, тому виводи 4 і 6 з'єднані із загальним мінусом.

На другому тригері мікросхеми D2 (D2.2) зібраний квазісенсорний вимикач, що переводить схему в енергозберігаючий режим, коли вихідна напруга не потрібна. Керування двома кнопками S1 і S2, а так само конденсатором C3, який попередньо встановлює схему у вимкненому стані. Кнопки S1 і S2 без фіксації. Для включення потрібно натиснути S2. При цьому на виході D2.2 з'являється логічна одиниця, яка відкриває елементи D3.1 і D3.3, і через них імпульси проходять на інвертори-буфери на D3.2 і D3.4 і далі на транзистори VT1 і VT2. Транзистори MJ3001 - це транзистори Дарлінгтона, тобто, у кожному з них не один, а два транзистора, включених по складовій схемою. Коефіцієнт передачі такого транзистора багаторазово вище, а вхідний опір нижче. Це дозволяє базові ланцюга даних транзисторів цілком прийнятно узгодити з виходами логічних інверторів КМОН.

У колекторних колах транзисторів включені дві половини низьковольтної обмотки трансформатора T1. Позитивний момент, -автором використовується готовий тороїдальний силовий трансформатор потужністю 40W, з первинною обмоткою на 18V з відведенням від середини.

									Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ				10

Щоб вимкнути пристрій, треба натиснути S1, при цьому на виході D2.2 буде логічний нуль. Елементи D3.1 і D3.3 заблокується і на виходах D3.2 і D3.4 будуть логічні нулі. Обидва транзистора будуть закриті, і струм через низьковольтну обмотку трансформатора буде дорівнює нулю.

Світлодіод HL1 служить індикатором наявності напруги живлення. Індикатором вихідної напруги служить «неонка» Н1. Ця «неонка» від старого приладу, що живився від мережі, марка її мені не відома, ясно тільки що на 220V. R6 - варистор на 250V, він служить для захисту від високовольтних викидів, якщо такі виникнуть.

На бази транзисторів надходять прямокутні імпульси, вони звичайно згладжуються на індуктивності обмоток трансформатора, але форма вихідної напруги все одно далека від синусоїдальної. Тому прилад небажано використовувати для живлення апаратів, критичних до форми живлячої змінної напруги. А так само, необхідно враховувати і нестабільність вихідної напруги, що сильно залежать від навантаження.

Зворотноходовий перетворювач

Аналог 5

Принципова схема, що показана на рис. 1.5 взята з аналога [4]. Змінна напруга пройшовши через фільтр C1C2L1, випрямляється на діодному мості VD1 ... VD4 і згладжується ємністю C3.

Первинний запуск перетворювача здійснюється за рахунок зміщення напруги, що надходить з R1, яке відкриває транзистор VT1. Далі режим авто генерації підтримується позитивним зворотним зв'язком з II обмотки T1. R4 є датчиком струму первинної обмотки T1. При перевищенні струму 1А при запуску або при перевантаженні - відкривається VT2, який встановлює нульовий потенціал на затворі VT1 і тим самим закриває його.

Імпульсна напруга +12В згладжується за допомогою C10 і додатково C7, C9 разом з L2 на виході +5В.

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

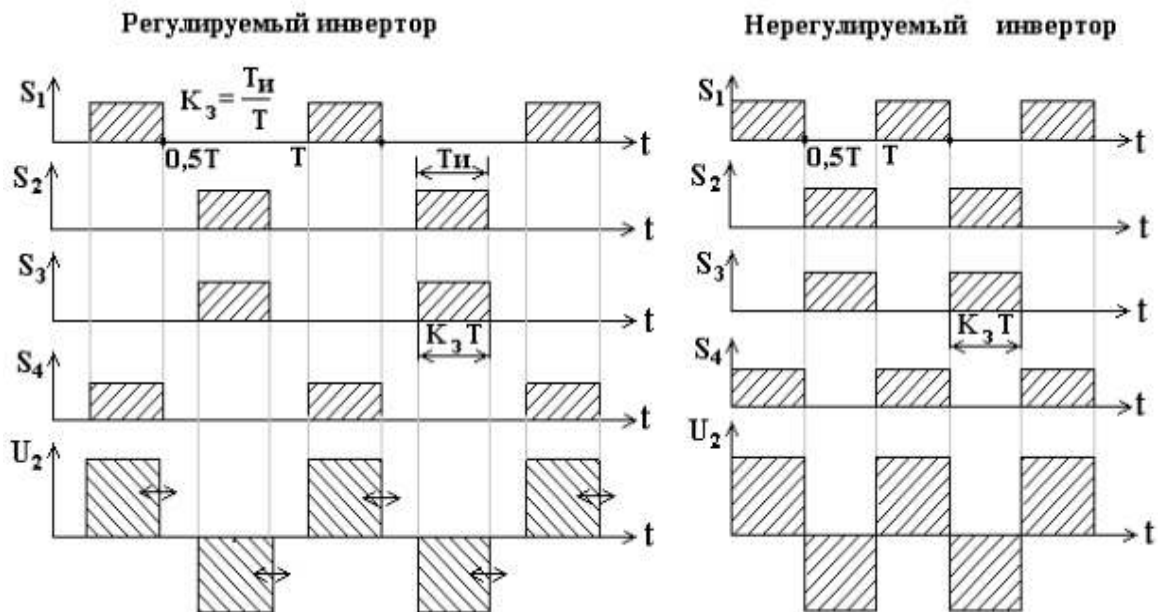


Рис. 1.7. Регульований і нерегульований інвертор [5]

Для формування двохполярної напруги необхідно певним чином управляти ключовими елементами. Забезпечити стабілізацію (регулювання) напруги на виході інвертора можна зміною тривалості імпульсів керування ключами в залежності від дестабілізуючих факторів.

Аналог 6

Інвертори полярності напруги

Іноді для живлення пристрою потрібно мати двополярну напругу. При цьому зазвичай основним є джерело додатної напруги, а ланцюг від'ємної є допоміжною (малопотужної). Якщо конструкція призначена для автономного живлення, мати дві батареї незручно. Отримати додаткову напругу (будь-який полярності) можна за допомогою трансформатора, підключеного до виходу мікросхеми, що працює в режимі автогенератора. З вторинної обмотки цього трансформатора напруга випрямляється і подається на схему. Другий спосіб отримання додаткової напруги від'ємної полярності показаний на рис. 1.8. Конденсаторний перетворювач забезпечує отримання стабілізованого від'ємної напруги, величина якого

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ

Арк.

13

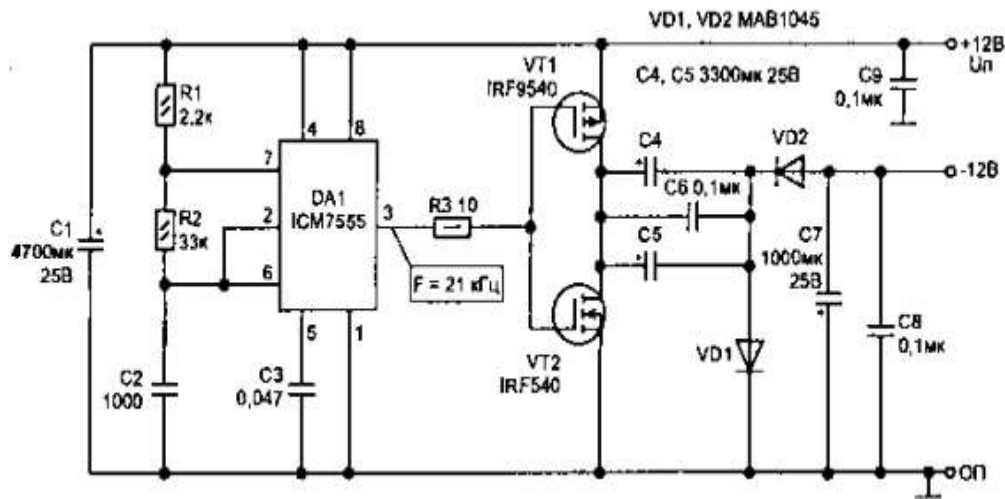


Рис. 1.9. Схема потужного інвертора напруги [5]

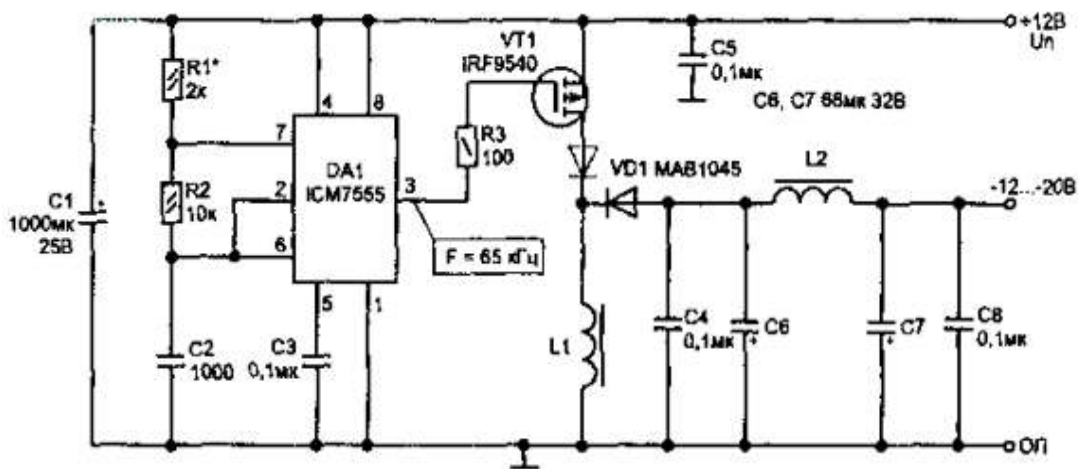


Рис. 1.10. Схема підвищення напруги інвертора полярності напруги [5]

Залежно від необхідного мінімального струму навантаження (I), обраної робочої частоти перетворювача (F) і шпаруватості імпульсів (D), мінімальна допустима індуктивність дроселя L_1 визначається за формулою:

$$L_{\min} = D \cdot (1 - D) \cdot U_n / (2 \cdot F \cdot I_n), \quad (1.1)$$

де U_n – напруга живлення.

Аналог 7

Транзисторний інвертор з насиченим трансформатором

На рис. 1.11. представлена принципова схема транзисторного інвертора напруги з насиченим трансформатором, де R_1, R_2 - створюють зміщення на базі транзисторів VT_1 і VT_2 , що працюють в ключовому режимі, конденсатор C -

забезпечує проходження змінної складової напруги зворотного зв'язку, обмотки W_{OC1} , W_{OC2} - утворюють ланцюг додатнього зворотного зв'язку (ДЗЗ) по напрузі для цього вони включені узгоджено по відношенню до обмоток силового контуру W_{11} , W_{12} .

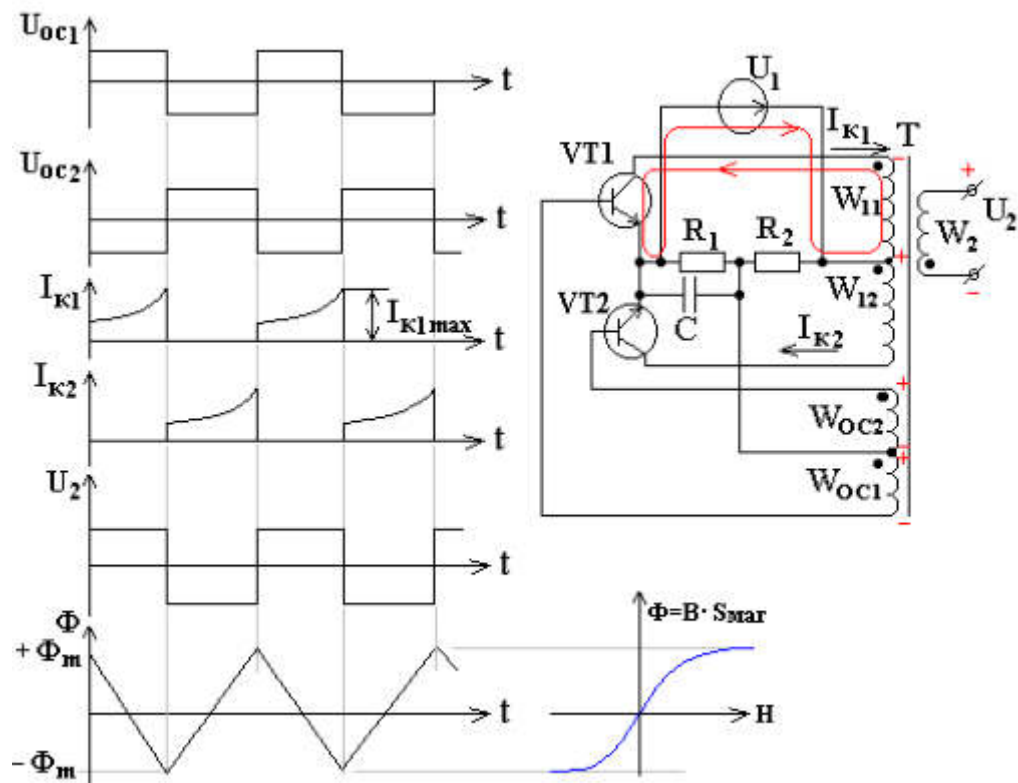


Рис. 1.11. Транзисторний інвертор з насиченим трансформатором [5]

Запуск схеми забезпечується за рахунок асиметрії плечей інвертора (транзистори VT1, VT2 мають різні ВАХ). Іноді доводиться робити примусовий запуск схеми в момент включення, якщо асиметрія недостатня для початкового пуску. При переважанні колекторного струму в полуобмотці W_{11} за рахунок різницевого струму формується ЕРС з полярністю, вказаною червоним кольором на малюнку. На виході інвертора напруги має місце додатній сигнал прямокутної форми. За рахунок обмотки ДЗЗ відбувається відкривання VT1 і закривання VT2. Наростання колекторного струму I_{K1} має лавиноподібний характер, що припиняється при заході в область насичення трансформатора. Швидкість зміни потоку (Φ_0) знижується і відбувається зміна полярності ЕРС у всіх обмотках трансформатора Т, відкривається транзистор VT2 і процеси повторюються. Частота перетворення інвертора визначається виразом:

$$f = \frac{U_1 - 2 \cdot C \cdot U_{кз}}{4K_{\phi} \cdot B_m \cdot W_{11(12)} \cdot S_{MAT}} , \quad (1.2)$$

Із збільшенням струму навантаження відбувається зменшення частоти перетворення за рахунок збільшення втрат на транзисторних ключах. Якщо розглядати реальні процеси, то до кінця напівперіоду роботи інвертора напруги відбувається "спад" вершини імпульсу U_2 за рахунок впливу ланцюга намагнічування на величину колекторного струму, що призводить до значних втрат на силових ключах.

На рис. 1.12. приведена принципова схема автоколивного транзисторного інвертора з комутуючим трансформатором.

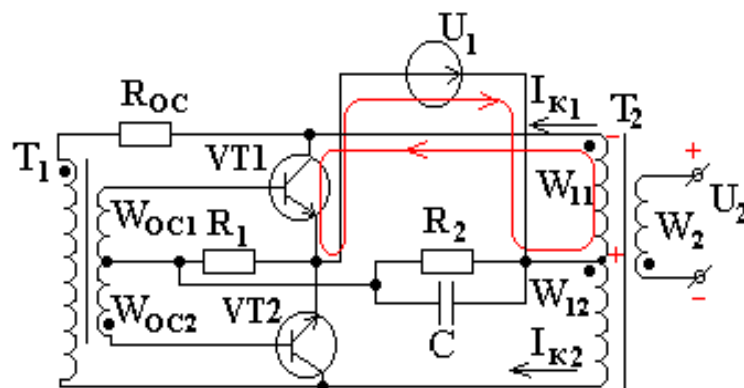


Рис. 1.12. Автоколебний транзисторний інвертор з комутуючим трансформатором [5]

Силовий трансформатор T_2 працює в лінійному режимі, за рахунок цього підвищується ККД пристрою, трансформатор T_1 є комутуючим і працює з насиченням. Транзистори VT_1 , VT_2 працюють у ключовому режимі.

Підвищення струму $I_{к1}$, за рахунок ПОС призводить до лавинного наростання цього струму і збільшення падіння напруги на R_{0C} , що спричиняє зменшення ЕРС в первинному ланцюзі трансформатора T_1 . При входженні трансформатора в область насичення відбувається перемикання транзисторів. Перевагою даної схеми в порівнянні з попередній є високий ККД, а до недоліків відноситься сильна залежність частоти перетворення від струму навантаження (збільшення I_n призводить до зростання частоти через зростання швидкості перемикання транзисторних ключів).

Мостова схема інвертора напруги рис 1.13. застосовується на великих потужностях при підвищеному рівні напруги джерела живлення.

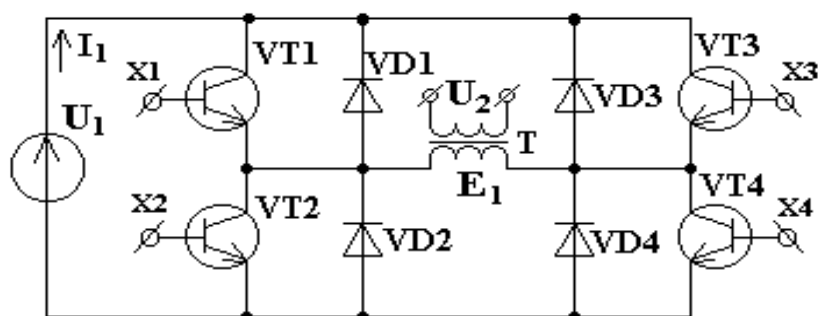


Рис. 1.13. Мостова схема інвертора напруги [5]

Сигнали управління $X_1 \dots X_4$ надходять таким чином, що в кожному напівперіоді два транзистора відкриті, а два інших закриті. Існує два алгоритми управління ключовими елементами інвертора напруги: симетричний і несиметричний. На рис. 1.14. приведені часові залежності струмів і напруг для цих двох алгоритмів. Розглянемо принцип дії інвертора при симетричному управлінні.

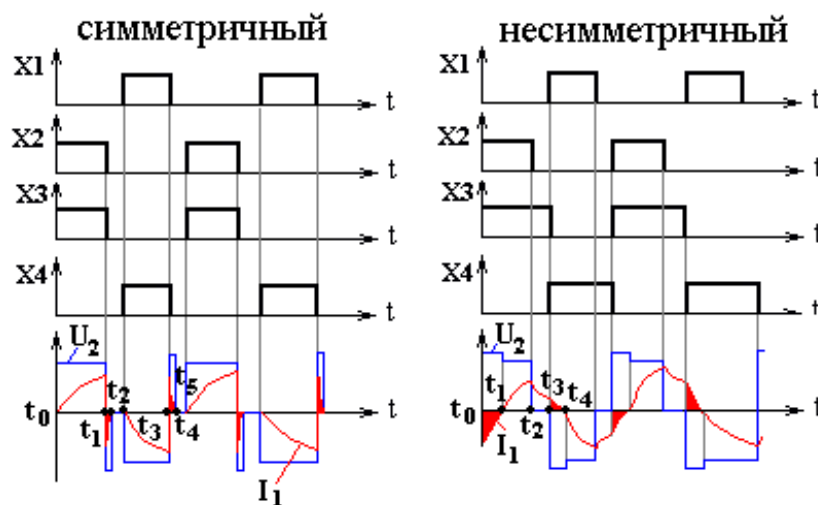


Рис. 1.14. Алгоритми управління ключовими елементами інвертора напруги: симетричний і несиметричний [5]

При подачі керуючих імпульсів X_1, X_4 на транзистори VT_1, VT_4 на інтервалі часу $[t_3; t_4]$ струм протікає по контуру: "+" U_1 ; колектор-емітер VT_1 ; обмотка трансформатора (Т) в первинному ланцюзі; колектор-емітер VT_4 ; "-" U_1 . На цьому ж інтервалі накопичується реактивна енергія в ланцюзі намагнічення

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

трансформатора Т, відбувається плавне наростання струму в первинному ланцюгу за експоненціальним законом.

На інтервалі $[t_4; t_5]$ здійснюється рекуперация енергії в джерело U_1 через зворотні діоди по контуру: "+" Е.Р.С. (E_1); VD3; протилежний напрямок по відношенню до U_1 ; VD2; "-" E_1 . Струм джерела спадає до нуля.

У плечі моста інвертора напруги досить управляти одним ключем для здійснення стабілізації напруги на виході інвертора (U_2), інший ключ можна утримувати у відкритому стані, що виключає вплив інвертора на вхідне джерело. Розглянемо принцип дії інвертора при несиметричному алгоритмі управління, дивись рис. 1 14.

На інтервалі часу $[t_0; t_2]$ за період роботи другого і третього ключів в ланцюзі намагнічення трансформатора Т накопичилася реактивна енергія. На інтервалі $[t_2; t_3]$ відбувається рекуперация енергії в навантаженні по контуру: "+" ЕРС (E_1); VD1; колектор-емітер VT3; "-" E_1 . Якщо на даному інтервалі струм I_1 не знизився до нуля (тобто струм не поміняв свій знак), то на інтервалі $t_3; t_4$ енергія передається в джерело по контуру: "+" ЕРС (E_1); VD1 ; протилежний напрямок по відношенню до U_1 ; VD4; "-" E_1 , при цьому утворюється "полічка" у формі напруги U_2 .

На рис.1.15. приведена схема при несиметричному алгоритмі управління.

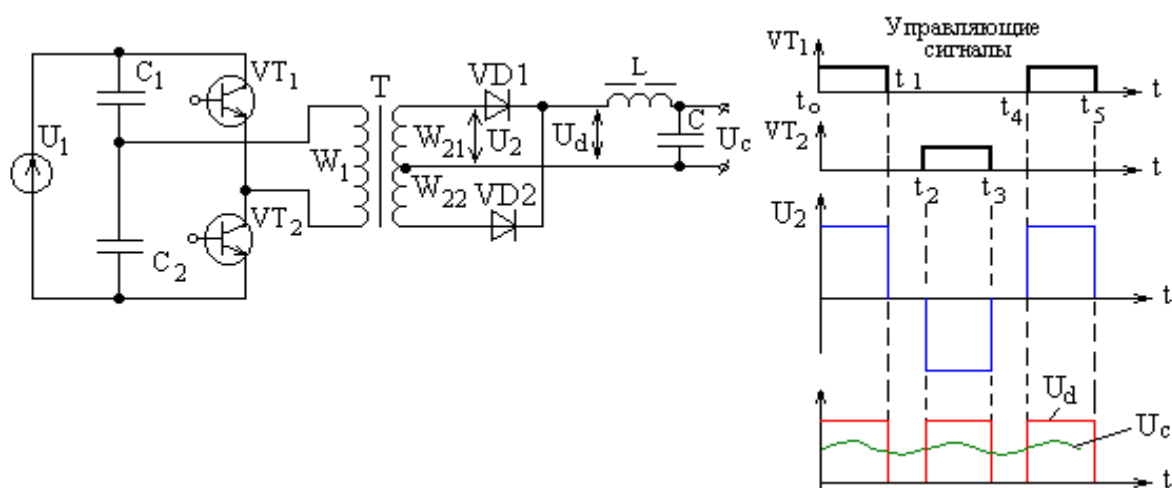


Рис 1.15. Інвертор при несиметричному алгоритмі управління [5]

Принцип роботи схеми полягає в почерговому підключенні транзисторами VT1, VT2 первинної обмотки трансформатора до конденсаторів C1 і C2. На інтервалі часу $[t_2, t_3]$ відбувається заряд конденсатора C1 по ланцюгу: "+" U_1 ; C1; обмотка трансформатора первинної ланцюга W1; колектор-емітер VT2; "-" U_1 . На цьому ж інтервалі відбувається розряд конденсатора C2 по ланцюгу: "+" C2; обмотка трансформатора первинного ланцюга W1; колектор-емітер VT2; "-" U_1 .

До переваг схеми інвертора можна віднести: малі втрати в силовому ланцюзі за рахунок комутації одного ключа на кожному такті роботи схеми. За рахунок ємності підтримується баланс струмів у схемі за період роботи, що виключає виникнення асиметричного режиму намагнічування трансформатора. Крім того, в цій схемі малий рівень зворотної напруги на ключах, тому схема може використовуватися при високих входних напругах.

На рис. 1.16. приведений ключовий транзисторний інвертор напруги.

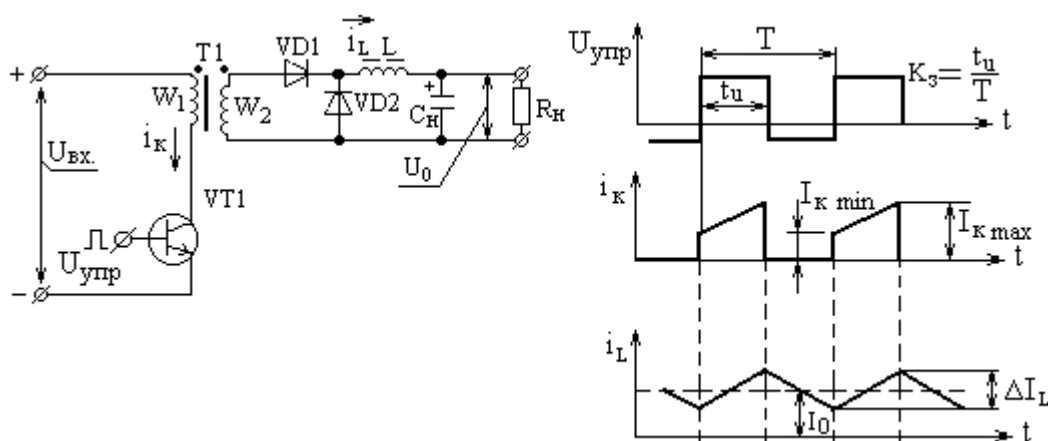


Рис. 1.16. Ключовий транзисторний інвертор напруги 1 [5]

При подачі керуючого сигналу ($U_{упр}$) на базу транзистора VT1 в первинному ланцюзі трансформатора з'являється струм. Контур його протікання: "+" $U_{вх}$; обмотка трансформатора в первинному ланцюзі; колектор-емітер VT1;

"-" U_1 . На інтервалі імпульсу відбувається передача енергії в навантаження через випрямний діод VD1 і накопичення реактивної енергії в дроселі фільтра, що згладжує L. На інтервалі паузи $(1-K_з) T$ здійснюється розряд дроселя L через зворотний діод VD2 в навантаження, конденсатор C додатково згладжує

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

пульсації. До переваг схеми відносяться: простота силового ланцюга і системи управління, дешевизна конструкції, відсутність режиму наскрізних струмів.

Недоліки: обмеження на максимальне значення коефіцієнта заповнення імпульсів K_3 , великі габарити згладжуючого фільтра, одностороннє намагнічування осердя трансформатора, потрібні ланцюги відновлення магнітного стану осердя (розмагнічування), які показані на рис.1.17.

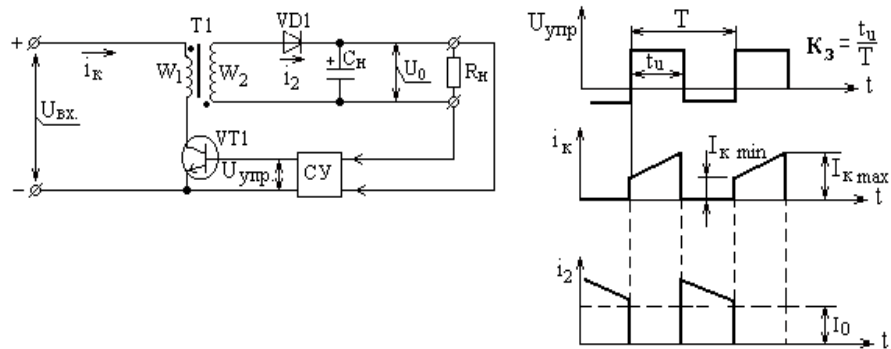


Рис.1.17. Мостовий транзисторний інвертор напруги 2 [5]

При подачі керуючого сигналу на базу транзистора VT1 відбувається накопичення реактивної енергії в ланцюзі намагнічування трансформатора T1. Струм в ланцюзі намагнічування трансформатора протікає по контуру: "+" $U_{ВХ}$; обмотка трансформатора первинного ланцюга; колектор-емітер VT1; "-" U_1 . При цьому випрямний діод VD1 закритий, конденсатор фільтра розряджається в навантаження. На інтервалі паузи відбувається передача енергії намагнічування в навантаження через випрямний діод VD1.

До переваг схеми відносяться: простота силового ланцюга і системи управління, дешевизна конструкції, відсутність режиму наскрізних струмів.

Недоліки: обмеження на максимальне значення коефіцієнта заповнення імпульсів K_3 , великі габарити згладжуючого фільтра, одностороннє намагнічування осердя трансформатора.

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

напруги $U_{вх}$. У момент часу t_2 зарядна напівхвиля струму через тиристор спадає до нуля і він закривається. Конденсатор на інтервалі $t_2 - t_3$ розряджається в коливному режимі через діод зворотного струму VD_1 на джерело вхідної напруги $U_{вх}$. Величина залишкового напруги на конденсаторі в момент часу t_3 залежить від співвідношення хвильового опору коливного контуру r_k і опору навантаження. У сталому режимі вона дорівнює взятому з оберненим знаком початкової напругі на конденсаторі в момент часу t_1 . У момент часу t_4 включається тиристор T_2 і відбуваються аналогічні процеси перезаряду конденсатора в відємну полярність через тиристор T_2 і діод VD_2 . У розглянутому режимі переривчатого струму навантаження включення і виключення тиристорів і діодів відбувається при нульових струмах через них, що знижує втрати на комутацію. Час, що надається на відновлення керуючих властивостей тиристорів, дорівнює часу протікання струму через діоди зворотного струму (інтервал $t_2 - t_3$). Чинну або середню за модулем вихідну напругу регулюють тривалістю "без струмових" пауз, що досягається зміною частоти імпульсів керування тиристорами. Таке регулювання пов'язане з погіршенням якості вихідної напруги і зазвичай прийнятно, тільки якщо вихідна напруга інвертора піддається подальшому перетворенню, зазвичай випрямленню і фільтрації на стороні постійного струму. Якість вихідної напруги можна поліпшити при режимі роботи з безперервним струмом навантаження, тимчасові діаграми для цього випадку показані на рис.1.20.

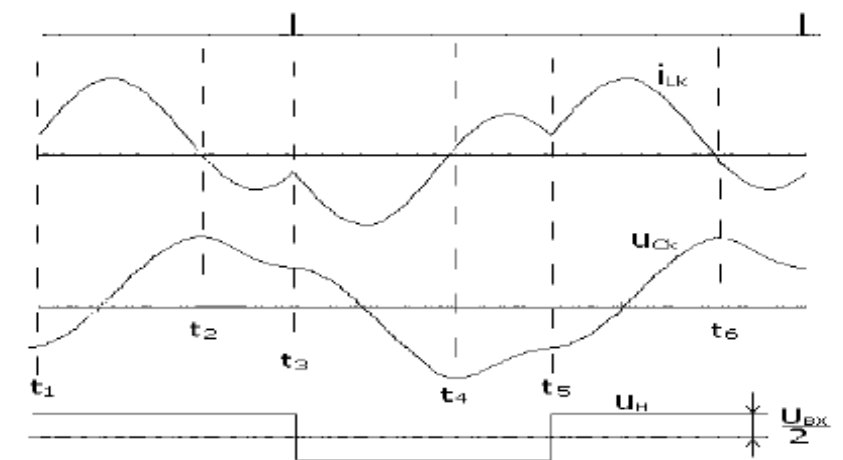


Рис1.20. Якість вихідної напруги [7]

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ

Арк.

23

Тут включення тиристора T2 в момент t_3 відбувається раніше спаду струму до нуля в діоді D1, що можливо, так як до тиристора T2 при провідному діоді D1 докладено пряма напруга $U_{вх}$. Зменшення часового інтервалу t_2 t_3 приводить до збільшення залишкової напруги на конденсаторі в момент його перезаряду в зворотню полярність, що, природно, спричинить зростання амплітуди напруги на конденсаторі. Значить, і в режимі безперервного струму навантаження регулювання частоти вихідної напруги інвертора буде регулювати величину вихідної напруги без того спотворення форми, яке притаманне режиму переривчатого струму. Інша можливість регулювання вихідної напруги інвертора при виконанні його по однофазній мостовій схемі пов'язана з однополярним широтно-імпульсним регулюванням.

У практичних схемах таких інверторів навантаження (зазвичай випрямляч для отримання постійної напруги іншої полярності, ніж $U_{вх}$) підключається через вихідний трансформатор T_p , як показано на рис.1.21.

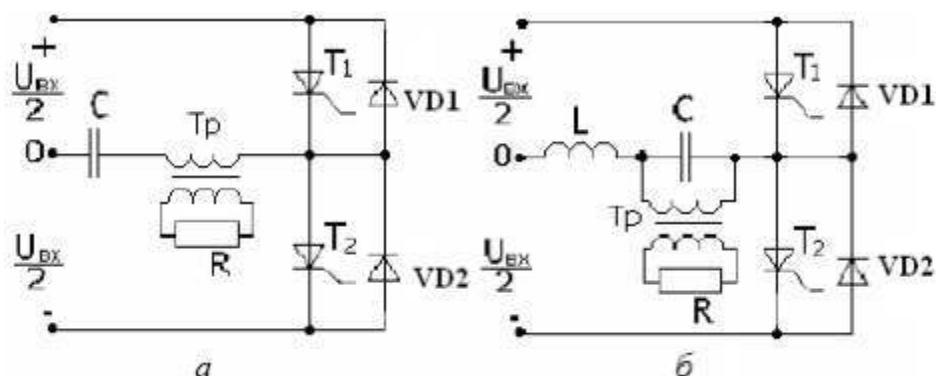


Рис. 1.21. Інвертор навантаження підключений через вихідний трансформатор [7]

У першому випадку (а) роль індуктивності коливного контуру буде практично виконувати сумарна індуктивність розсіювання обмоток трансформатора, якщо знехтувати впливом індуктивності намагнічування трансформатора в порівнянні з навантаженням.

У другому випадку (б) приведений опір навантаження виявляється включеним паралельно конденсатору.

Стабілізований перетворювач 12/220 В

Практична схема стабілізованого перетворювача [8]. Пристрій призначений для живлення апаратури, розрахованої на змінну напругу 220 В частотою 50 Гц, від бортової мережі автомобіля або від акумуляторної батареї напругою 12 В.

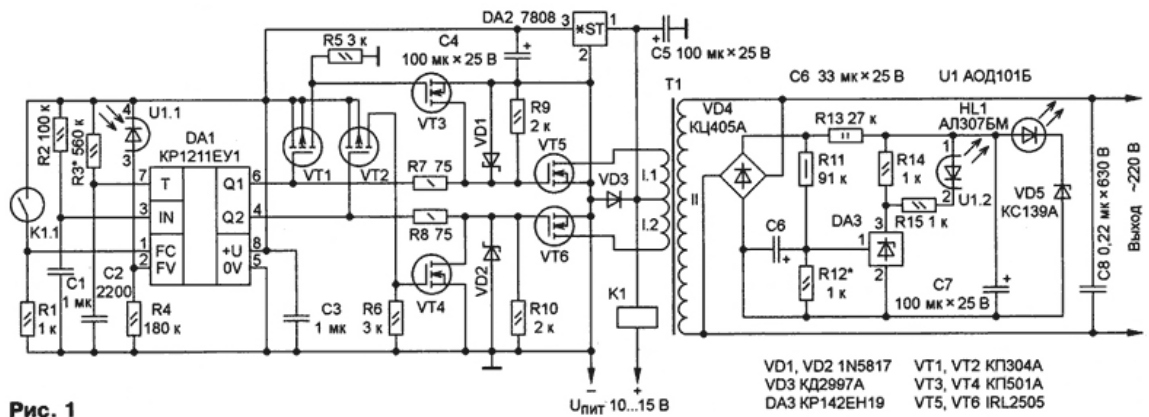


Рис. 1

Рис.1.22. Стабілізований перетворювач [8]

Перетворювач напруги, схема якої показана на рис. 1.12, містить задаючий генератор на мікросхемі DA1, стабілізатор його живлення (DA2), розрядні польові транзистори VT1-VT4, потужні транзистори VT5 і VT6, що комутують струм в первинній обмотці трансформатора T1, вузол захисту по струму на реле K1, вузол стабілізації вихідної напруги на мікросхемі DA3.

Генератор виробляє прямокутні імпульси з частотою близько 50 Гц із захисними паузами, що виключають одночасне відкриття транзисторів VT5 і VT6. Коли на виході Q1 (або Q2) з'являється низький рівень, відкриваються транзистори VT1 і VT3 (або VT2 і VT4), викликаючи швидку розрядку ємкостей затворів, а значить, і форсоване закривання транзисторів VT5 і VT6. Власне перетворювач зібраний по двотактній схемі і особливостей не має. Розглянемо детальніше роботу вузла стабілізації вихідної напруги.

Якщо напруга на виході перетворювача з якої-небудь причини перевищить встановлене значення, напруга на резисторі R12 перевищить 2,5 В, струм через

стабілізатор DA3 різко зростає. Це, у свою чергу, викличе освітлення фотодіода оптрона U1 і поява сигналу високого рівня на вході FV (вивід 2) мікросхеми DA1.

Її виходи Q1 і Q2 перемкнуться в стан низького рівня, транзистори VT5 і VT6 швидко закриються і струм в напівобмотках I.1 і I.2 припиниться, викликаючи зменшення вихідної напруги. Якщо ж вихідна змінна напруга з якої-небудь причини знизиться, освітлення фотодіода оптрона припиниться, мікросхема DA1 перейде в активний стан з появою на її виходах імпульсів протифаз. У пристрої також є вузол захисту по струму, зібраний на реле K1. Якщо струм, що протікає через обмотку реле, перевищить встановлене значення, замкнуться контакти геркона K1.1. На вході FC (вивід 1) мікросхеми DA1 з'явиться високий рівень, і виходи мікросхеми перемкнуться в стан низького рівня, викликаючи швидке закривання транзисторів VT5 і VT6 і різке зменшення споживаного струму. Після цього, не дивлячись на те що контакти геркона K1.1 будуть розімкнені, мікросхема DA1 залишиться в заблокованому стані (низький рівень на виходах).

Для запуску перетворювача необхідний перепад напруги на вході IN (вивід 3) DA1, що досягається або короткочасним відключенням живлення, або короткочасним замиканням конденсатора C1. Для цього встановлюють кнопку без фіксації, контакти якої підключають паралельно конденсатору C1 (на схемі мал. 1 не показана).

Оскільки вихідна напруга - меандр, для його згладжування і наближення до синусоїдальної форми встановлено конденсатор C8. Світлодіод HL1 виконує функцію індикатора наявності вихідної напруги перетворювача.

Перетворювач напруги 12/220 - 50 Гц

Перетворювач представлений на рис. 1.23. дозволяє жити від акумуляторної батареї побутові електроприлади потужністю до 100 Вт. [9]

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		26

Суть роботи цього вузла пристрою полягає в наступному. При повністю зарядженій батареї на D-вході тригера DD1.1 напруга вище порогу перемикавання, на інверсному виході — логічний 0, тому світлодіод HL1 не горить. Як тільки напруга батареї опиниться менше допустимого, цей тригер по фронту імпульсу задаючого генератора на вході 3 перемкнеться в нульовий стан і вмикнеться світлодіод HL1, сигналізуючи про неприпустимий режим роботи батареї.

Схема імпульсного перетворювача напруги 12В на 220В 50Гц

Запропонована схема перетворювача (рис. 1.24), що працює на частоті 50Гц і має захист від перевантаження по струму. Крім того, даний перетворювач дає на виході форму сигналу, наближену до синуса, що знижує рівень високочастотних гармонік. [10]

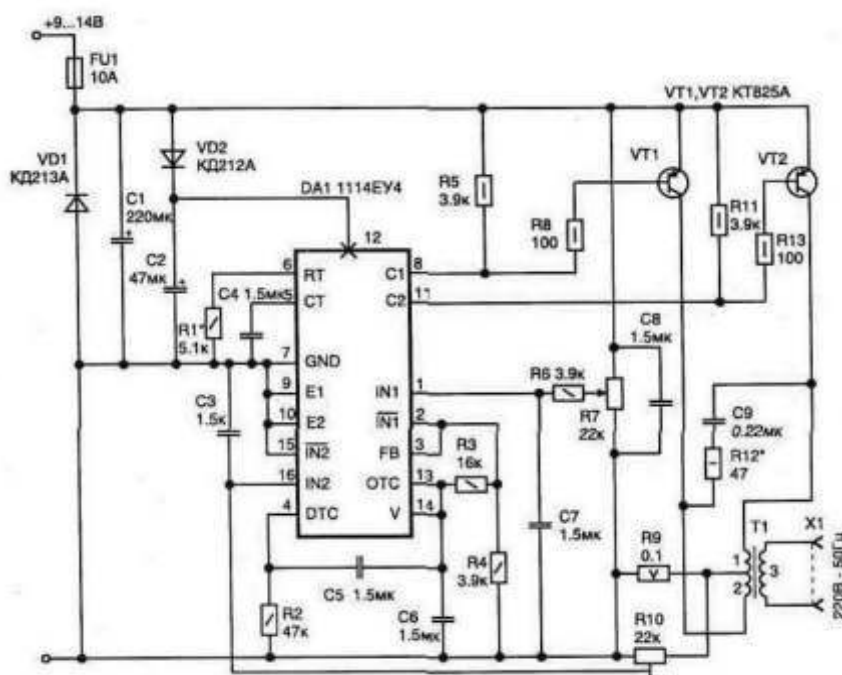


Рис. 1.24. Перетворювач напруги [10]

Пристрій зібраний на спеціально призначеній для імпульсних джерел живлення мікросхемі 1114EY4 (імпорнтний аналог TL494CN або TL494LN). У середині мікросхеми є автогенератор з схемою для отримання вихідних імпульсів з широко-імпульсною модуляцією, а також ряд додаткових вузлів, що забезпечують її розширені можливості.

Вихідні ключі мікросхеми розраховані на струм не більше 200 мА, і, щоб управляти більшою потужністю, вихідні імпульси поступають на базу ключових транзисторів VT1, VT2. VD1 запобігає пошкодженню схеми при помилковій полярності підключення живлення.

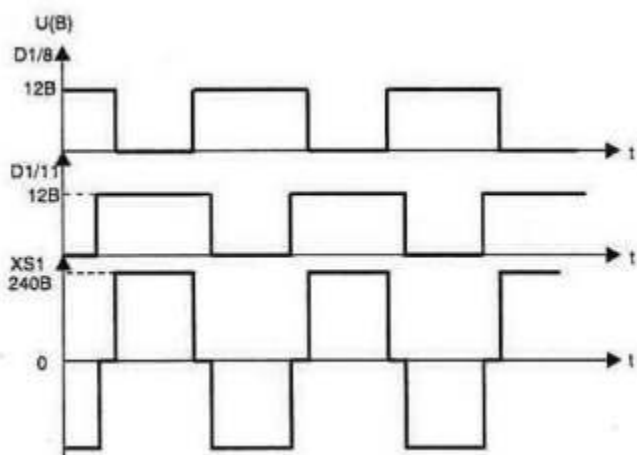


Рис. 1.25. Форма вихідних імпульсів [10]

Установка частоти задаючого генератора 100 Гц здійснюється за допомогою часозадаючого ланцюга з резистора R1 і конденсатора C4. Оскільки мікросхема має двотактний вихід, вихідна частота дорівнює половині частоти автогенератора (50 Гц на виходах Da1/8 і Da1/11). Резистором R7 вирівнюють форму вихідних імпульсів мікросхеми відповідно до діаграми, приведеної на рис. 1.25.

Ланцюг з резистора R12 і конденсатора C9 потрібен для зменшення викидів трансформатора по фронтах у момент перехідних процесів при комутації струму.

Захист по струму на 10 А встановлюється резистором R10. Це дозволяє запобігти пошкодженню перетворювача у разі перевантаження або короткого замикання по виходу, оскільки схема починає знижувати вихідну напругу, переходячи в режим стабілізації струму.

Перетворювач не має зворотного зв'язку по вихідній напрузі, оскільки досвід автора практичної експлуатації показує, що вона мало міняється при зміні потужності підключеного навантаження і не виходить за рамки допустимого діапазону 190...240 В.

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

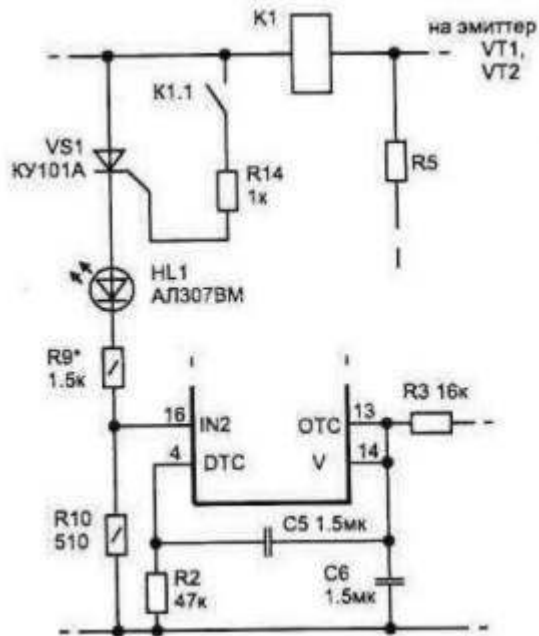


Рис. 1.26. Перетворювач з автоматичним відключенням [9]

Перетворювач споживає на холостому ході не більше 1 А, а з навантаженням – струм збільшується пропорційно потужності.

У разі перевантаження перетворювача, при спрацьовуванні режиму обмеження струму, знижена напруга живлення допустима не для всіх радіоелектронних пристроїв. Захист по струму виконано з автоматичним повним відключенням перетворювача, рис. 1.26. Для цих цілей автор скористався струмовим реле К1, група контактів якого включає тиристор VS1.

При спрацьовуванні захисту світитиметься індикатор HL1, для повернення схеми в робочий стан відключають на деякий час живлення перетворювача.

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ

Арк.

30

2. Проектно - конструкторський розділ

Більшість інверторів можуть керуватися зовнішнім генератором, якщо заблокувати або видалити ланцюг зворотного зв'язку. Строго кажучи, інвертори при цьому перетворюються в підсилювачі. Найчастіше їх називають підсилювачами класу Д, так як вони формують прямокутні коливання і працюють в ключовому режимі. Тобто транзистори або вводяться в стан насичення колекторного струму, або повністю закриті. Таким чином, зберігається можливість, отримання високого ККД. Крім того, у них є й інші переваги. Наприклад, якщо в якості живлення джерела застосувати відповідні логічні мікросхеми, то легко здійснюється широтно-імпульсна модуляція. У цих інверторах легко керувати частотою. У інверторі із зовнішнім збудженням вихідний трансформатор зазвичай використовується в лінійному режимі. Це істотно зменшує проблему кидків напруги. Наскільки втрати в осерді трансформатора, що працює в лінійному режимі менше, ніж в трансформаторі з насичення, настільки підвищується ККД. Нарешті в таких конструкціях вдається уникнути проблем пов'язаних з порушенням коливань.

Перетворення постійного струму в змінний може здійснюватися за допомогою електричних вентилів, провідність яких можна змінювати. В цьому випадку вентиля повинні бути здатні витримувати прикладену пряму напругу, і момент часу, коли має настати провідність, повинен бути керованим. Отже, для інвертування потрібні більш складні прилади, ніж прості діоди. Принципова схема інвертора приведена на рис. 2.1.

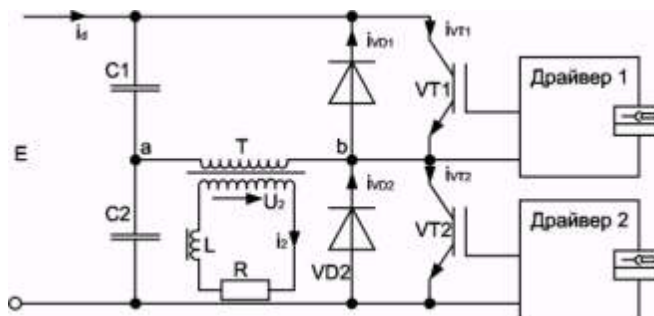


Рис .2.1. Принципова схема (силова частина) [10]

					МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Силові транзистори використовуються як ключі, отримуючи сигнали управління від окремої схеми управління. Сигнали управління, що надходять на транзистори VT1 і VT2, не збігаються за часом, що усуває появу наскрізного струму джерела сигналу. Драйвер один і драйвер два можуть бути об'єднані в одну схему.

2.1. Опис структурної та принципової схем

Синтез структурної схеми

Структурна схема для обраного варіанту реалізації наведена на рис. 2.2.

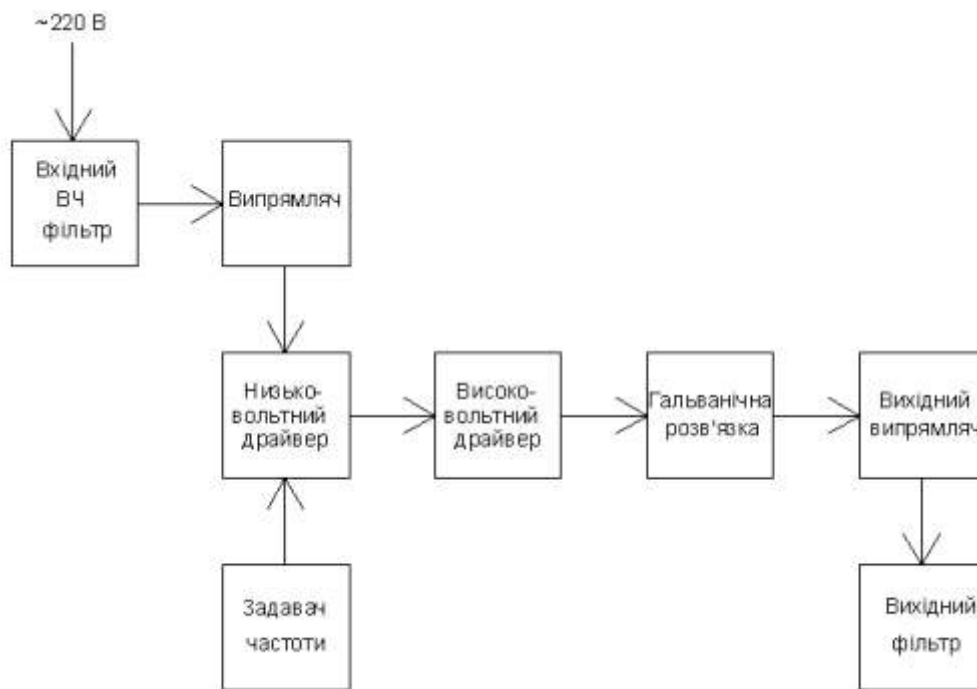


Рис. 2.2. Структурна схема

Мережева напруга надходить на вхідний фільтр далі на випрямляч і на низьковольтний драйвер. Задавач частоти виконує функцію задання частоти роботи драйвера. Високовольтний драйвер формує імпульсну напругу яка надходить на гальванічну розв'язку і далі напруга випрямляється вихідним випрямлячем і через вихідний фільтр потрапляє на навантаження.

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ

Арк.

32

Синтез принципової схеми, та принцип дії

Інвертори і перетворювачі нерідко є частиною великих систем, типу джерел живлення, стабілізаторів, пристроїв для керування електродвигунами і т.д. У таких випадках їх вихідні напруги являються об'єктом управління. Управління може бути ручним або автоматичним. Однією з найбільш важких завдань при розробці цих систем була реалізація малопотужних і логічних схем, які здійснюють це управління.

Виникає безліч проблем, якщо така схема управління використовує дискретні компоненти. Крім того, складність і стійкість такої схеми управління зазвичай досить високі. Це часто викликає здивування, оскільки вважається, що більша частина зусиль при розробці по праву доводиться на силові ланцюги. Щоб отримати надійність, відтворюваність, прийнятний обсяг, і операційну гнучкість, часто доводиться миритися з гіршими, ніж хотілося б параметрами.

Наприклад, схема управління повинна забезпечити такі можливості, як м'який запуск, захист від перевантажень, широтно-імпульсну модуляцію і регульоване час паузи. Тут ми маємо на увазі не автоколивальні інвертори, а інвертори із зовнішнім збудженням.

Весь потенціал сучасних транзисторів, діодів, трансформаторів і конденсаторів не може допомогти перед обличчям таких загальних проблем управління, як флуктуації, недостатнє час паузи, несиметричний робочий цикл, а також обмежена або відсутня можливість широтно-імпульсної модуляції.

Ці проблеми можна подолати за допомогою спеціальних інтегральних схем, розроблених для управління інверторами і перетворювачами. Одна із таких є керований широтно-імпульсний модулятор IR2153 (самотактуючий полумостовой драйвер). [11]

Відмінні особливості:

Керуючі канали розроблені для навантаженого функціонування повністю працездатні до + 600В;

Нечутливий до негативних напруг при перехідних процесах;

Стійкість до швидкості наростання напруги (dV / dt);

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ

Арк.

33

- Блокування при зниженні напруги;
- Програмована частота генератора;
- Узгоджена затримка поширення для обох каналів;
- Мікро потужність при старті (струм до 125 мкА);
- Вихід драйвера нижнього рівня в фазі з RT;
- Напруга зсуву VOFFSET не більше 600В;
- Шпаруватість 2 (меандр);
- Імп. вих. стрм к. з $I_o \pm 210 \text{ mA} / 420 \text{ mA}$;
- Вихідна напруга драйверів VOUT 10 - 20В;
- Пауза 1.2 мкс.

Типова схема включення приведена на рис. 2.3., блок-схема рис. 2.4., розташування виводів рис. 2.5, опис виводів таблиця 2.1.

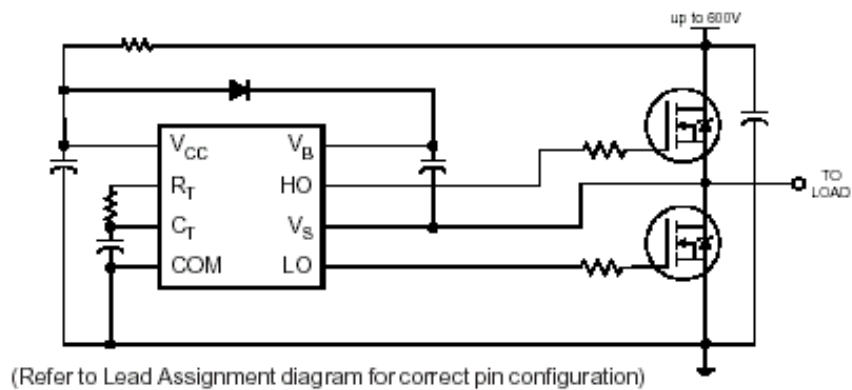


Рис. 2.3. Типова схема включення IR2153 [11]

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

технологія дозволили створити монолітну конструкцію. Зовнішні параметри генератора визначаються еквівалентно таймером 555 (К1006ВІ1).

Виходи драйверів відрізняються високим імпульсним струмом буферного каскаду і паузою при перемиканні каналів, що виконано для мінімізації зустрічній провідності драйвера. Затримки поширення сигналів для обох каналів узгоджені для спрощення використання в додатках з шпаруватістю. 2. Вихідний канал може бути використаний для управління N-канальним силовим МОП-транзистором або IGBT-транзисторів з напругою живлення верхнього рівня до 600В.

Побудова принципової схеми системи проводилась на основі структурної схеми (рис. 2.2), та проведеного схемотехнічного аналізу. Принципова схема зображена на рис. 2.6.

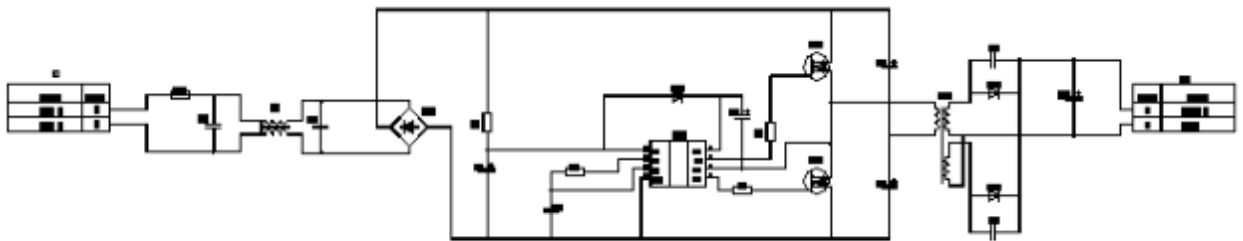


Рис. 2.6. Принципова схема

2.2. Розрахунок окремих блоків пристрою

Дані відповідно до технічного завдання 15 В і 4А на навантаженні.

Отже загальна потужність

$P = I * U = 15 * 4 = 60$ Вт беремо запас рівний 1,2 в підсумку на вторинній обмотці потрібно отримати $60 * 1,2 = 72$ Вт.

Розрахунок вхідного кола

ККД інвертора DC/DC ~ 70%-85% то оціночно для навантаження 4 А струм для розрахунку берем 5,2 А.

Високочастотні перешкоди як з боку мережі, так і з боку перетворювача придушуються за допомогою типового П-подібного фільтра. Фільтр забезпечує усунення перешкод до 80дБ в частотному діапазоні 0,15-30 мГц. Конденсатори С1

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

і С2 включені між фазним проводом (L) і проводом нейтралі (N), призначені для фільтрації кондуктивної перешкоди симетричного (диференціального) виду.

Визначимо індуктивність L1.

$$L_{\min} = \frac{(U_{\text{вх.мах.}} - U_{\text{вих.}})(1 - U_{\text{вих.}}/U_{\text{вх.мах.}})}{1.4I_{\text{вих.}}F_{\text{osc}}} = \frac{(275\text{В} - 220\text{В})(1 - 220\text{В}/275\text{В})}{1,4 \cdot 5,2\text{А} \cdot 50\text{Гц}} = 3\text{мГн} \quad (2.1)$$

де: $U_{\text{вх.мах.}}$ –максимально можлива вхідна напруга;

$I_{\text{вих.}}$ - максимальний струм навантаження. 5,2 А;

$U_{\text{вих.}}$ – напруга на навантаженні, В;

$F_{\text{osc.}}$ – частота пульсацій.

Визначаємо ємність конденсатора фільтра С2, для подавлення несиметричних завад.

$$C_{\min} = \frac{Kп.см}{(2\pi f_1)^2 2L} = \frac{300}{(2 \cdot 3,14 \cdot 0,15 \cdot 10^6)^2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 10^{-3}} \approx 0,1\text{мкФ} , \quad (2.2)$$

Для значень $f_1 = 0,15$ МГц, $Kп.см \geq 300$ і область значень індуктивності $L_1 = 3$ мГн, значення $C_2 \approx (0,85; 0,43; 0,22; 0,1)$ мкФ. Вибираємо $C_2 \approx C_1$. для промислово 220В напруги конденсаторів С1, С2 не менше 630В, зі стандартного ряду ємностей – К73-17-630В-0,1 мкФ.

Діоди вхідного випрямляча вибираються з умови:

$$U_{\text{зв}}^{\text{д}} > U_{\text{мер}}^{\text{мах}}$$

де $U_{\text{зв}}^{\text{д}}$ - зворотня напруга діода, що наводиться в технічних умовах;

$$U_{\text{мер}}^{\text{мах}} - \text{амплітуда мережевої напруги} (U_{\text{мер}}^{\text{мах}} = \sqrt{2} \cdot 220 = 310\text{В})$$

Дані діоди працюють в умовах низькочастотних струмів, тому тут можна вибрати елементи класу standard. Вибираємо для нашої схеми вітчизняні діоди КД226Г:

$$U_{\text{зв}}^{\text{д}} = 600\text{В}, I_{\text{пр}} = 1,7\text{А}, I_{\text{при}} = 50\text{А} (\text{при } \tau_U \leq 10\text{мс}) \quad (2.3)$$

Розрахуємо номінал резистора R1.

Даний резистор у схемі використовується для початкового запуску перетворювача (а саме DD1). Резистор R1 служить баластним резистором в парі з

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

вбудованим в мікросхему стабілітроном на 15,6 В. Струм споживання мікросхеми при включенні 5 мА.

$$R1 = \frac{\Delta U}{I} = \frac{310B - 15,6B}{5mA} = 59k\Omega \quad (2.4)$$

$$P_R = \Delta U \cdot I = 294.4B \cdot 5mA = 1,47W \quad (2.5)$$

Так як живлення драйвера 15,6 V рекомендований то R1 = 60 кОм

З опису схеми підключення драйвера [11] слідує

C3 служить для згладжування пульсацій. C3 = 220мкФ

C4 = 330 нФ (рекомендований номінал згідно документації на IR2153)

C5 = 10 мкФ (рекомендований номінал згідно документації на IR2153)

VD5 відповідає VD1 не має сенсу сильно збільшувати номенклатуру і КД226Г.

Розрахунок трансформатора TV1

Знайдемо максимальний струм через первинну обмотку трансформатора TV1:

$$I_{LPK} = \frac{2 \times P_{inmax}}{V_{DCmin} \times D_{max}} = \frac{2 \times 72W}{124B \times 0,5} = 2,3A \quad (2.6)$$

де $D_{max}=0,5$ - скважність імпульсів на первинній обмотці.

Визначимо початкову індуктивність первинної обмотки при максимальному циклі:

$$L_p = \frac{D_{max} \times V_{DCmin}}{I_{LPK} \times f_{sw}} = \frac{0,5 \times 124B}{2,3A \times 40kГц} = 673\mu H; \quad (2.7)$$

Виберемо тип осердя трансформатора. В даному застосуванні в якості типа сердечника вибираємо Ш-Ш. Для того щоб упевнитися в тому, що здатність трансформатора підтримувати максимальну неперервну вихідну потужність зможе задовільнити вимогам по максимальній потужності навантаження обчислимо:

$$P_{in(core)} = 0.5L_p(I_{PK})^2 f_{sw} > P_{out} \quad (2.8)$$

$$P_{in(core)} = 0.5 \cdot 673\mu H (2,3A)^2 40kГц = 71W \quad (2.9)$$

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Наш вибір в межах точності виготовлення, задовольняє вище приведеній нерівності.

Вибираємо осердя матеріал “F” виробника Magnetics Inc.: (фероксуб 3C8).
Номера для елементів сердечника виробника Magnetics Inc.: сердечник F-43-15-ES і каркас котушки PC-B3515-L1.

Таблиця 2.2.

Параметри осердя

Параметр	Позначення	Значення
Індуктивність одного витка	A_L	76,4нГн
Площа вікна	A_N	108,5мм ²
Ширина осердя	S	0,5мм
Площа перерізу осердя	A_c	83мм ²
Довжина середньої лінії	l_N	64,6мм
Ваговий коефіцієнт потужності (при 100кГц)	P_V	190мВт/г
Індукція насичення осердя	B_{max}	0,2Т...0,4Т
Маса	m	40г

Знайдемо кількість витків первинної обмотки :

$$N_p = \sqrt{\frac{L_p}{A_L}} = \sqrt{\frac{103\text{мкГн}}{76,4\text{нГн}}} = 36,7\text{вит.}, \quad (2.10)$$

Приймаємо N_p рівним 37 витків.

Визначимо кількість витків вторинної обмотки :

$$N_s = \frac{N_p \cdot (V_{out} + V_{FDiode}) \cdot (1 - D_{max})}{V_{in(min)} \cdot D_{max}} = \frac{37\text{вит.} \cdot (15\text{В} + 0,7\text{В}) \cdot 0,5}{124\text{В} \cdot 0,5} = 7,8\text{вит.} \quad (2.11)$$

де: V_{FDiode} спад напруги на діоді. Візьмемо $N_s=8$ витків.

Розрахуємо реальну індуктивність первинної обмотки:

$$L_p = N_p^2 \times A_L = 37^2 \times 76,4\text{нГн} = 104,6\text{мкГн}; \quad (2.12)$$

Знайдемо максимальний реальний струм через первинну обмотку I_{LPK} :

$$I_{LPK} = \frac{V_{DCmin} \times D_{max}}{L_p \times f} = \frac{124\text{В} \times 0,5}{104,6\text{мкГн} \times 40\text{кГц}} = 15,5\text{А}; \quad (2.13)$$

Виразуємо максимальну реальну індуктивність трансформатора:

$$B = \frac{L_p \times I_{LPK}}{N_p \times A_c} = \frac{103\text{мкГн} \times 15,5\text{А}}{37\text{вит.} \times 83\text{мм}^2} = 0,22\text{Т}, B < B_{max}; \quad (2.14)$$

Знайдемо площу перерізу з урахуванням кількості витків обмотки N_p :

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$S = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times N_p^2 \times A_c}{L_p} = \frac{4 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 37^2 \times 83 \text{ мм}^2}{104,6 \text{ мкГн}} = 1,36 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2; \quad (2.15)$$

Конструкція трансформатора для осердя F-43-15-ЕС:

З таблиці даних осердя F-43-15-ЕС: $BW_{max}=20,1 \text{ мм}$ – максимальне значення ширина обмотки з осердям ; $M=4 \text{ мм}$ мінімальне рекомендоване значення ширини обмотки з осердям.

Визначимо ефективне значення ширини обмотки з осердям:

$$BW_e = BW_{max} - 2 \times M = 20,1 \text{ мм} - 2 \times 4 \text{ мм} = 12,1 \text{ мм}, \quad (2.16)$$

Вибираємо коефіцієнт заповнення вікна трансформатора обмотками :

Первинна – 0,5

Вторинна – 0,45

Коефіцієнт заповнення міді з таблиці даних осердя : $f_{Cu}=0,2 \dots 0,4$. Виберемо $f_{Cu}=0,3$:

Розрахуємо площу перерізу провідника первинної обмотки **T1**:

$$A_p = \frac{0,5 \times A_N \times f_{Cu} \times BW_e}{N_p \times BW} = \frac{0,5 \times 108,5 \text{ мм}^2 \times 0,3 \times 12,1 \text{ мм}}{37 \text{ вит.} \times 20,1 \text{ мм}} = 0,26 \text{ мм}^2; \quad (2.17)$$

Виразуємо діаметр проволу для первинної обмотки $d_p=0,57 \text{ мм}$ або номер (24 AWG).

Розрахуємо площу перерізу провідника вторинної обмотки **TV1**:

$$A_s = \frac{0,45 \times A_N \times f_{Cu} \times BW_e}{N_s \times BW} = 0,34 \text{ мм}^2. \quad (2.19)$$

Приймаємо діаметр провідника $d_s=0,65 \text{ мм} = 2 \times 0,376 \text{ мм}$ (2×28 AWG).

Розрахунок елементів високовольтного драйвера (VT1, VT2)

Вибір керуючого ключа зумовлюється максимальним струмом та напругою стік- витік, робочою напругою та граничною частотою перемикання.

$$V_{DS} > V_{BK} > 155 \text{ VDC}, \text{ з запасом приймаємо } 400 \text{ В};$$

Оцінимо максимальне значення струму:

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$I_{pik} = \frac{P_{inmax}}{V_{DCmin}} = \frac{72Bm}{124B} = 0,6A; \quad (2.20)$$

Так як в нас максимальний піковий струм який протікатиме через транзистор складає 5,2 А,

$$I_D > I_{pk}, \text{ з двох кратним запасом приймаємо } 10,4A;$$

робоча напруга до 400 В, а частота перемикачів складає 40 кГц в якості силового ключа вибираємо польовий транзистор 14NK50Z. n-MOS-FET, 500V, 14A, TO-3P (180W). Імовірна схема включення рис. 2.7.

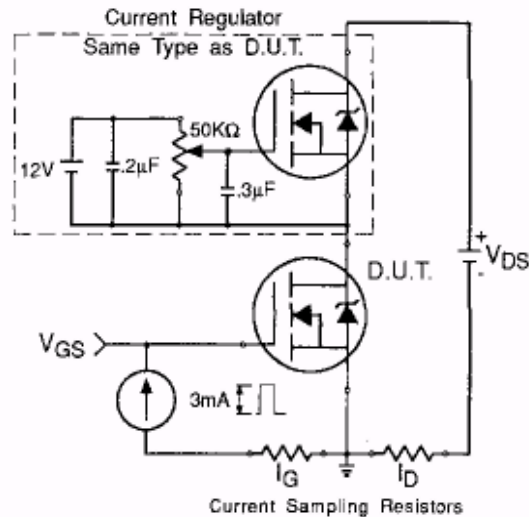


Рис. 2.7. Схема включення транзистора 14NK50Z

З опису транзистора випливає, що R3-R4 береться в районі 50 Ом. При струмі 3 мА і напрузі 12 вольт.

C6-C7 подільники напруги 20 мкФ.

Трансформатор TV1 на первинній обмотці 400 В, вторинна обмотка забезпечує 15 В струм 4А.

VD6-VD7 можливі також КД2997.

C8 -C9 снаббер елементи 470 пФ на напругу до 50 В, C10 ємність для згладження пульсацій.

Опис роботи схеми

Пропонований напівмостовий перетворювач напруги відрізняється простотою конструкції і не вимагає налагодження. Основою перетворювача є мікросхема IR2153 яка представляє собою драйвер двох ключів (IGBT або

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

MOSFET) має один вихід для управління нижнім ключем напівмосту (LO) і один вихід для верхнього ключа (HO) з плаваючим потенціал управління. Допустима напруга на інверторі, з яким працює мікросхема, становить 600 В. Змінна напруга 220 вольт надходить через роз'єм X1 проходить через фільтр, що загороджує C1, C2, L1 випрямляється доданим мостом VD1-VD4 і згладжується послідовно з'єднаними конденсаторами C6, C7 рис. 2.2.

Фільтр необхідний для запобігання проникнення перешкод від перетворювача в мережу. Напруга живлення на мікросхему DD1 надходить через резистор R1 і згладжується конденсатором C3. Напруга на виводі VCC мікросхеми DD1 не може бути вище 15,6 вольт так як всередині мікросхеми між висновками 1 та 4 встановлено стабілітрон. Ланцюжок R2, C4 задає частоту роботи генератора, що задає і дорівнює 40 кГц, при необхідності може змінюватися від 80 Гц до 1 МГц за умови що мінімальні значення R2 і C4 повинні знаходитися в межах 10 кОм і 330 пФ відповідно.

Для підбору даних деталей можна скористатися наступною номограмою.

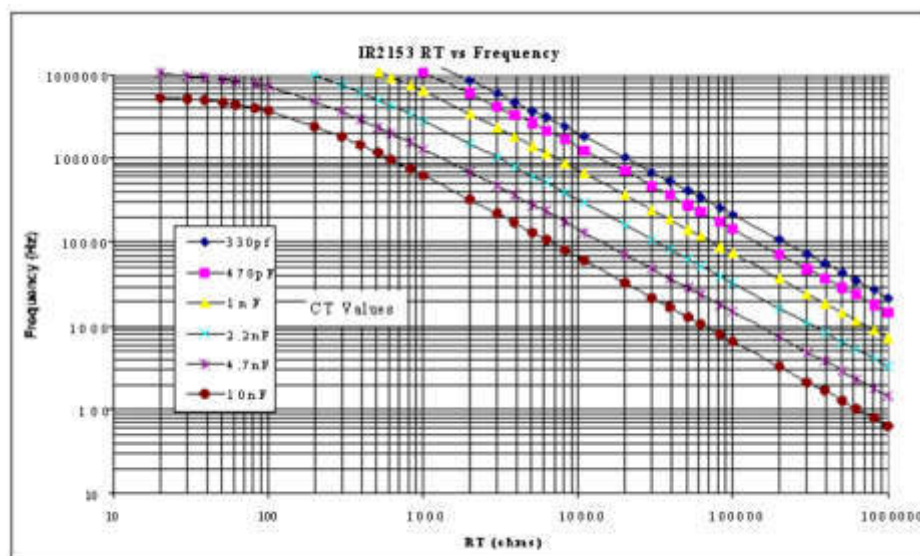


Рис. 2.8. Номограма для визначення параметрів R2 і C4 (IC-IR2153) [11]

у відповідній літературі. Верхній ключ відкривається з виходу HO, нижній з виходу LO між включеннями одного і іншого ключа витримується пауза 1,2 мкс завдяки чому запобігається протікання наскрізних струмів через транзистори.

Ємність С5 заряджається через діод VD5 при включенні нижнього ключа VT2. Первинна обмотка трансформатора Т1 підключена до дільника напруги побудованого конденсаторами С6, С7 і силовими ключами VT1, VT2. Конденсатори С8, С9 підключені паралельно випрямним діодам VD6, VD7 значно знижують амплітуду викидів в моменти переключення діодів.

Мережевий фільтр намотаний на феритових кільцях К20х12х6 марки М2000НМ складеним удвічі проводом МГТФ 0,12 і містить 25-30 витків. Трансформатор TV1 намотаний на Ш - подібному магнітопроводі типорозміру М2000НМ Ш7х7. Первинна обмотка містить 260 витків дроту ПЕВ-2 діаметром 0,3 мм. Вторинні обмотки забезпечують вихідну напругу 27 вольт при струмі 3,5 ампера і містять по 15 витків складеним вдвічі проводом ПЕВ-2 діаметром 0,5. Конденсатори С1, С2 типу К73-17, С4, С8, С9 керамічні, електролітичні С3, С5, С6, С7, С10 типу К50-35. Замість VD1-VD5 підійдуть будь-які інші на струм 0,7А і напруга 400 вольт, VD6, VD7 застосуємо діоди Шотки типу КД2997.

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		43

3. КОНСТРУКТОРСЬКО–ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування та розрахунок друкованої плати

Розрахунок та визначення геометричних розмірів плати проведемо у такій послідовності.

Знайдемо сумарну установочну площу компонентів $S_{мг}$, $S_{сг}$, $S_{кг}$ відповідно для малогабаритних, середньо габаритних і крупно габаритних електронних компонентів. Кожен із цих типів компонентів має попадати, відповідно, у такі діапазони індивідуальних площ встановлення: $< 1\text{см}^2$; від 1см^2 до 2см^2 ; $> 2\text{см}^2$.

Під установочними площами ЕРЕ розуміють площі прямокутників, в які вписані ЕРЕ разом із выводами і контактними площадками при встановленні їх на друковану плату [12-14].

Необхідні дані для конструювання друкованої плати перетворювача взяті з довідкової літератури та зведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Вихідні дані та результати розрахунку установочних площ
(у габаритних розмірах враховано і розміри контактних площадок)

Позна-чення	Тип, параметри	Діам. вив., мм	Діам. конт.пло-щадки, мм	Габаритні розміри, мм	Кіль-кість, шт.	$S_{уст}$, мм ²
<i>C1, C2</i>	<i>K73-17-630B-0,1 мкФ</i>	0,6	1,2	10*5*4	2	80
<i>C3</i>	<i>K50-35-25B-220 мкФ</i>	0,6	1,2	Ø5*11	1	25
<i>C4</i>	<i>K10 – 17 – 330 нФ</i>	0,6	1,2	6*4*3	1	18
<i>C5</i>	<i>K50-35-25B-10 мкФ</i>	0,6	1,2	Ø5*11	1	25
<i>C6, C7</i>	<i>K50-35-300B-20 мкФ</i>	0,6	1,2	Ø5*11	2	50
<i>C8, C9</i>	<i>K10 – 17 – 470 нФ</i>	0,6	1,2	6*4*3	2	36
<i>C10</i>	<i>K50-35-25B-470 мкФ</i>	0,6	1,2	Ø5*11	1	25
<i>DA1</i>	<i>IR2153</i>	0,5	1,2	8*7*5,3	1	42,4

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

<i>FU1</i>	<i>МЕТ 3.15 А, 250В</i>	0,6	1,2	8*8*4	1	32
<i>L1</i>	<i>Мережевий фільтр</i>	1,2	1,5	Ø20*12	1	314
<i>R1</i>	<i>МЛТ-2 – 60 кОм±10%</i>	0,6	1,2	Ø4*10	1	40
<i>R2</i>	<i>МЛТ-0.125 – 15кОм±10%</i>	0,6	1,2	Ø2,2*6	1	13,2
<i>R3, R4</i>	<i>МЛТ-0.125 – 20 Ом±10%</i>	0,6	1,2	Ø2,2*6	2	26,4
<i>TV1</i>	<i>ТПП-242-127/220-50</i>	1,2	1,5	72*68*57	1	3876
<i>VD1-VD5</i>	<i>КД226Г</i>	1,2	1,5	Ø6,2*9,6	5	300
<i>VD6, VD7</i>	<i>КД2997</i>	1,2	1,5	Ø14*4,3	2	307,7
<i>VT1, VT2</i>	<i>14NK50Z</i>	0,8	1,5	18*10,3*4,5	2	92,7
<i>X1-X2</i>	<i>SLK-2, 2 pin</i>	1	1,5	11*7,5*8	2	82,5

Тепер розрахуємо площу монтажної зони S_M для середньої щільності монтажу компонентів за формулою:

$$S_M = 4S_{MГ} + 3S_{CГ} + 1,5S_{KГ} . \quad (3.1)$$

Підставляючи необхідні дані, отримаємо

$$S_M = 4S_{MГ} + 3S_{CГ} + 1,5S_{KГ} = 4*888,2 + 3*307,7 + 1,5*4190 = 3553+923+6285=10761\text{мм}^2].$$

Скоректуємо і знайдемо розміри монтажної зони у відповідності із можливостями встановлення в корпус пристрою з врахуванням стандартних лінійних розмірів друкованих плат.

Вибираємо згідно ГОСТ 10317-79 «Плати друковані» основні розміри для друкованої плати нашого перетворювача розмір 80*130 [мм]. Найвищий компонент у інверторі має висоту 80 мм (трансформатор).

Проведемо визначення діаметрів отворів, площ контактних площадок, товщини друкованої плати і ширин друкованих провідників на них. При цьому врахуємо, що процес конструювання друкованої плати в загальному випадку

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		45

передбачає виконання ряду взаємозв'язаних операцій: вибір типорозміру плати, способу її кріплення, кількість шарів, розробка друкованого монтажу.

При розміщенні електронних компонент виходять частіше всього із критерію двох мінімумів: мінімум перехідних отворів між шарами плати і мінімум довжини зв'язків між компонентами на платі. Перша умова означає мінімум перехідних отворів, що забезпечує технологічність по мінімальному числу шарів; друга умова означає мінімум зв'язків між сусідніми елементами. Можливе також застосування і інших критеріїв: мінімуму числа з'єднань, довжина яких більша заданої; максимум числа схем простої конфігурації; мінімуму сумарної зваженої довжини з'єднань.

Розміщення електронних компонентів на платі регламентується умовно координатною сіткою із взаємно перпендикулярних систем паралельних ліній, розташованих на однаковій відстані одна від одної.

Крок координатної сітки для нашого перетворювача візьмемо 0,25 мм.

Центри монтажних отворів і контактних площадок під виводи навісних електронних компонентів мають бути розташовані у вузлах координатної сітки. Якщо крок розташування виводів багатовивідного елемента не співпадає з кроком координаційної сітки, то у вузлах розміщується по крайній мірі один з отворів, який вважається за основний, а решта розташовується у відповідності з конструкцією елемента (по можливості на лініях координаційної сітки).

Згідно ГОСТ 10317-79 номінальний діаметр металізованого монтажного отвору для виводів діаметром:

0,4÷0,6 мм становить 0,8+0,1 мм,

0,6÷0,8 мм становить 1,0+0,1 мм.,

0,8÷1,3 мм становить 1,5 мм,

1,3÷1,7 мм становить 2 мм,

1,7÷2,2 мм становить 2,5 мм.

Щоб забезпечити надійне з'єднання металізованого отвору з друкованим провідником, навколо отвору навколо отвору робиться контактна площадка.

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Контактні площадки отворів рекомендується виготовляти у вигляді кільця. Діаметр зовнішнього кільця контактної площадки вибирається з таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Рекомендовані зовнішні діаметри контактних площадок

Мінімальний діаметр	отворів, мм	0,6	0,8	1
	контактних площадок, мм	0,8	1	1,5

Для друкованої плати вибираємо гетинакс з товщина провідної фольги, а відповідно і провідних шарів на ньому $d = 50\text{мкм}$.

Ширину потрібної товщини провідних шарів друкованої плати розраховуємо, виходячи із необхідності виконання умови відсутності їх перегріву. Для цього густина струму через провідник не має перевищувати величину 25 А/мм^2 . Оскільки максимальний струм у інверторі протікає від джерела живлення, то слід розрахувати максимальну силу струму, яка може споживатися від нього компонентами пристрою. Відповідно з принциповою схемою, постійний струм від джерела розгалужується але його величина не перевищує $5,2\text{ А}$. Сумарний середній споживаний струм від джерела складатиме 25 мА . Відповідно, мінімальна можлива ширина провідного шару друкованої плати від джерела живлення складає $(25\text{ мА})/[(25\text{ А/мм}^2)\cdot d] = 0,1\text{ мм}$.

За результатами розрахунків по ГОСТ-у вибирається також клас густини рисунка: другий. Для цього класу ширина провідників становить $t_{\min} = 0,25\text{ мм}$ і відстань між провідниками теж $0,25\text{ мм}$.

3.2. Тепловий розрахунок пристрою

Тепловий режим електронної апаратури характеризується залежністю температури нагріву компонентів пристрою від температури навколишнього

середовища. Ця залежність визначається розсіюваною потужністю всіх електронних та електричних компонент, розміщених в об'ємі пристрою.

Отже, однією з умов експлуатації електронного пристрою є температура навколишнього середовища, яка може вплинути на надійність його роботи. Такий вплив пояснюється існуванням максимально допустимих температур, при яких тривалий час можуть працювати електронні компоненти в необхідному режимі. Розрахунок проведемо для максимальної температури навколишнього середовища $+40^{\circ}\text{C}$, заданої технічним завданням проекту.

При аналізі теплових режимів враховують щільність розміщення компонентів в об'ємі пристрою, його геометричну форму та вид корпусу.

Задамося необхідними вихідними даними за результатами проектування в підрозділі 3.1. До визначеного раніше розміру друкованої плати добавимо по 10 мм, для забезпечення її механічного кріплення у встановленому місті експлуатації. Встановимо також розмір корпусу з врахуванням розмірів друкованої плати, максимальної висоти компонентів та додаткових допусків для зручного розміщення всіх складових пристрою в одному корпусі. Відповідно, візьмемо корпус у формі прямокутного паралелепіпеда з такими параметрами: довжина $L_1=140$ мм; ширина $L_2=90$ мм; висота $L_3=45$ мм.

Площу всієї поверхні корпусу обчислюємо за формулою:

$$S = 2*(L_1*L_2+L_2*L_3+L_1*L_3) = 229500 \text{ мм}^2. \quad (3.2)$$

Розрахунок теплових режимів проводять наступним чином:

1) Знаходять об'єм корпусу (кожуха) за формулою:

$$V=A*B*H. \quad (3.3)$$

2) Знаходять коефіцієнт форми

$$K_{\phi} = H / \sqrt[3]{V}. \quad (3.4)$$

3) Визначають коефіцієнт заповнення

$$K^u = V_{\text{дп}} / V_{\text{кож}}. \quad (3.5)$$

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		48

4) Робимо припущення, що плата розподіляє тепло рівномірно. Кожний елемент має свою потужність розсіювання, а сумарна потужність визначається

$$P(\text{роз}) = \sum_{i=1}^n P_i(\text{роз}). \quad (3.6)$$

5) Знаходимо питому потужність на одиницю площі

$$Q=P(\text{роз})/S. \quad (3.7)$$

В значення S входить як фізична площа самих РЕА, так і площа доріжок.

6) Використовуючи номограми Глушицького за розрахованими даними V, S, K_ϕ і $K^V_{\text{зап}}$ наближено знаходимо температуру навколишнього середовища і повітря.

7) З одержаних даних визначаємо вид корпусу, конвекції і якщо потрібно тип вентилятора.

Проведемо розрахунки теплових режимів згідно прийятих кроків

1. Знаходимо об'єм кожуха згідно формули (3.3):

$$V = 140 \cdot 90 \cdot 45 = 567000 \text{ (мм}^3\text{)}.$$

2. Коефіцієнт форми визначаємо згідно формули (3.4):

$$K_\phi = \frac{45}{\sqrt[3]{567000}} = 0,54.$$

3. Коефіцієнт заповнення визначаємо як:

$$K^V = V_{\text{дп}} / V_{\text{кож}} = 0,7.$$

4. Сумарну потужність визначаємо як суму розсіювальної теплової некорисної потужності всіх елементів на друкованій платі. Беручи до уваги, максимальну розсіювану потужність всього пристрою в межах 15 Вт, що впливає із ККД інвертора. ККД 75-85% візьмемо по нижньому значенню, тобто для 100% не вистачає 25%, тому візьмемо від розрахованої потужності 60 Вт ці проценти. Отримане нами значення рівне 15 Вт.

5. Знаходимо питому потужність на одиницю площі з номограми :

По заданій площі визначається площа умовно нагрітій зони при за визначених коефіцієнтів форми та заповнення дорівнює 0,08 м².

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		49

6. Питому потужність на одиницю площі визначеної з графіків Глушицького рис.3.1., рис.3.2.

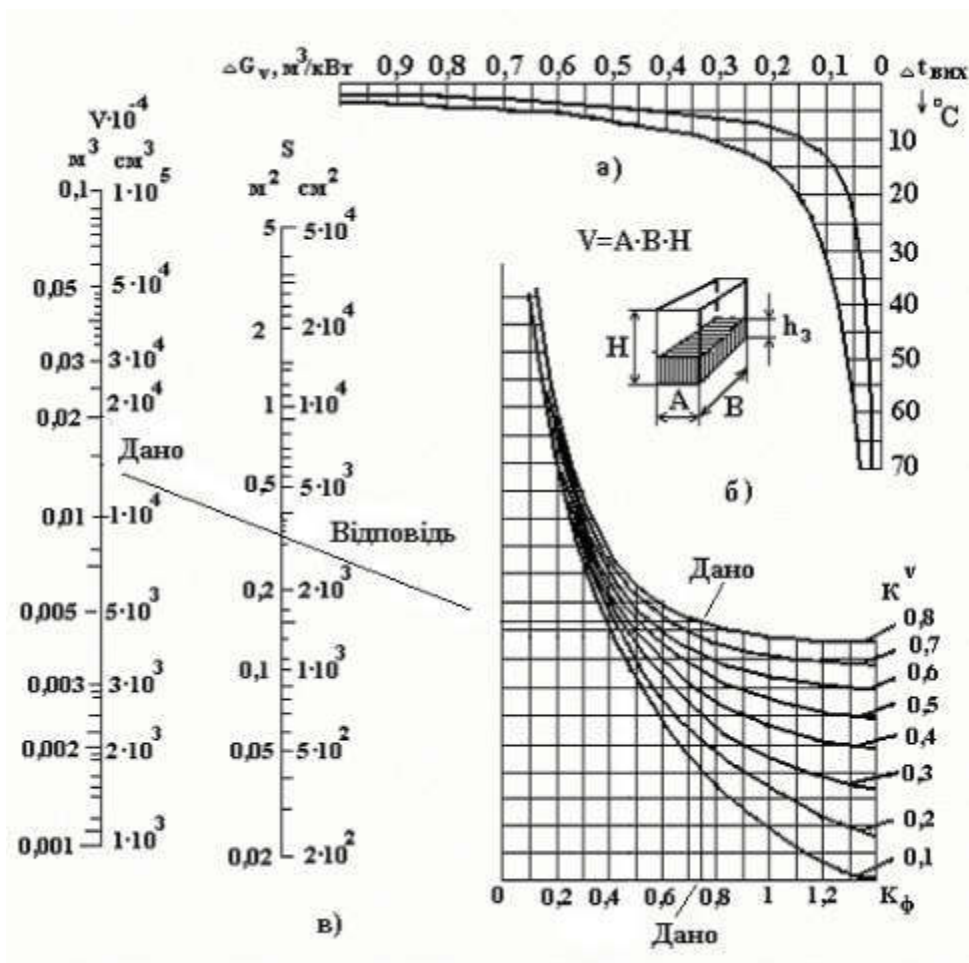


Рис. 3.1. Номограма для визначення поверхні нагрітої зони

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ

Арк.

50

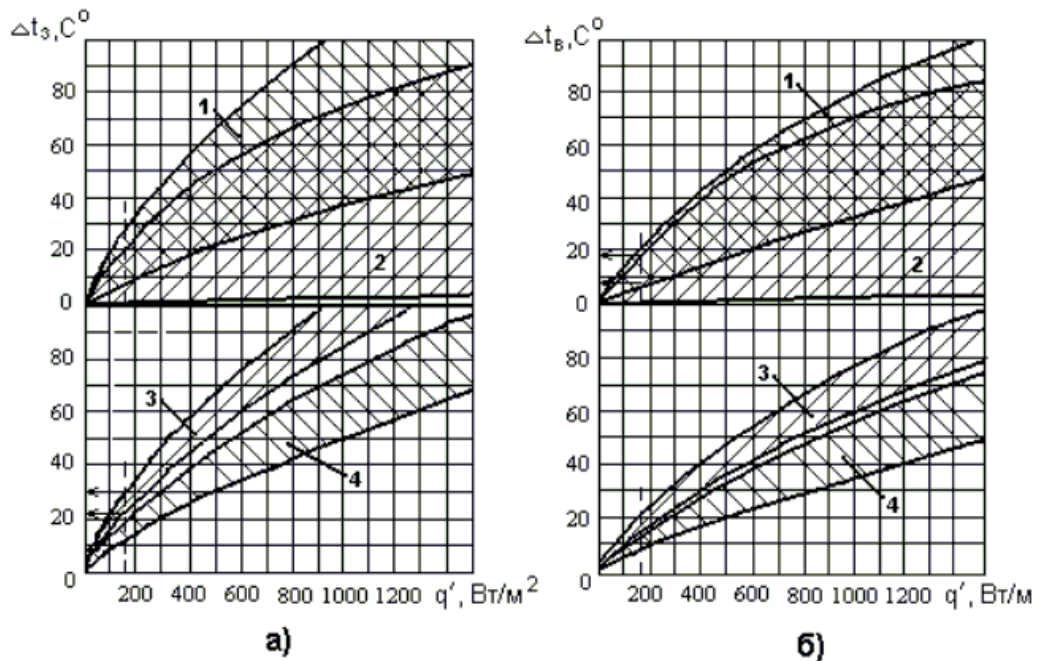


Рис. 3.2. Визначення перегріву Δt_3 нагрітої зони

$$q' = 15 \text{ Вт} / 0.08 = 187 \text{ Вт/м}^2$$

По визначеній питомій потужності нагрітої зони за номограмою Рис.3.2 визначаємо значення температури перегріву нагрітої зони $\Delta t_3 = 10\text{-}20^\circ\text{C}$. Тому при розрахунку імовірності надійності поправочні коефіцієнт будемо брати для максимальної температури $35+20=55^\circ\text{C}$, округляємо до 60°C .

3.3. Розрахунок характеристик надійності пристрою

Основною кількісною характеристикою надійності є функція надійності $P(t)$, або скорочено надійність, яка по визначенню рівна імовірності того, що в заданому інтервалі часу або в межах заданого напрацювання при заданих режимах і умовах експлуатації відмов в системі не виникає, тобто $P(t) = W\{T>t\}$, де T – час безвідмовної роботи системи, t – заданий час, $W\{A\}$ – імовірність події A , у даному випадку подія A заключається у тому, що $T>t$.

Непередбачувані експлуатаційні відмови представляють собою непередбачувані відмови повнонадійної РЕА, які виникають в період нормальної експлуатації, коли проробка пристрою вже закінчилася, а

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ

зношування і природне старіння ще не настали. Ці відмови обумовлені лише випадковими факторами, такими як: приховані внутрішні дефекти, які не можуть бути виявлені системою технологічного контролю; рівно імовірні, і тому не передбачені схемою та конструкцією технологічні дефекти; відхилення режимів роботи; співставлення параметрів концентрації зовнішніх навантажень і внутрішніх напружень; помилки операторів у період експлуатації. У зв'язку з перерахованими причинами поява таких відмов принципово не виключена і рівно імовірна в часі: $\lambda_0 = \text{const}$.

Розрахунок характеристик надійності полягає у визначенні показників надійності виробу по відомим характеристикам надійності складових компонент і умовам експлуатації [12].

Приблизний розрахунок отримують по формулі:

$$P(t) = \exp\left(-t \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j\right), \quad (3.10)$$

Напрацювання системи на відмову отримуємо по формулі :

$$T_{cp.c} = 1 / \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} N_j, \quad (3.11)$$

При уточненому розрахунку надійності враховують зовнішні дії, впливи теплових і електричних навантажень елементів пристрою. Розрахунок проводять по формулі:

$$P(t) = \exp\left(-k_\lambda t \sum_{j=1}^m \lambda_j N_j\right), \quad (3.12)$$

де $\lambda_j = \alpha_j \lambda_{0j} k_\lambda$,

$k_\lambda = k_{\lambda 1} k_{\lambda 2} k_{\lambda 3}$,

$P(t)$ — імовірність безвідмовної роботи;

λ_j — інтенсивність відмов елементів j -ої рівнонадійної групи при заданих експлуатаційних даних;

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

λ_{0j} — інтенсивність відмов елементів j -ої рівнонадійної групи в номінальному режимі;

α_j — поправочний коефіцієнт інтенсивності відмов j -ої групи, що враховує вплив температури навколишнього середовища і електричне навантаження елемента;

k_n — коефіцієнта навантаження елемента;

k_λ — враховує умови експлуатації радіоелектронної апаратури;

$k_{\lambda 1}$ — вплив механічних факторів (вібрація, ударні навантаження);

$k_{\lambda 2}$ — вплив кліматичних факторів (температура, вологість);

$k_{\lambda 3}$ — умови роботи при пониженому тиску.

Значення поправочного коефіцієнта α_j в залежності від температури і коефіцієнта навантаження k_n знаходять в довіднику, коефіцієнти $k_{\lambda 1}$ — $k_{\lambda 3}$ також.

При цьому під коефіцієнтом навантаження k_n розуміють відношення робочого навантаження, встановленого по визначеному параметру, який діє на елемент, до цього номінального навантаження, що встановлене нормативно-технічною документацією.

Згідно ТЗ умови експлуатації приладу стаціонарні. Для стаціонарних умов характерно:

$t = +15 \dots +35$ °С;

вологість 45...75%;

атмосферний тиск 86...104 кПа.

По відповідних таблицях знаходять коефіцієнти:

$$K_M = 1; k_B = 1; k_{a.t.} = 1$$

Отже, $k_e = 1$.

Коефіцієнт α_j знаходять для кожної групи окремо, враховуючи більш ширший діапазон температур (+10...+50 °С) і рекомендовані значення k_n .

Далі складається таблиця згідно електричного розрахунку принципової схеми і вибраної елементної бази. Довідникові дані про λ_{0j} знаходять з відомих джерел. Примітка: розрахунок надійності проводили без врахування монтажу.

Інтенсивності відмов елементів приведено в таблиці 3.3.

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Інтенсивності відмов елементів [12]

Назва	Наймен. типомінали елементів	п, шт.	$\lambda_0, 10^{-8}$ ГОД ⁻¹	k_e	t°C	k_H	k_{TH}	$\lambda, 10^{-8}$ ГОД ⁻¹
C1, C2	K73-17-630B-0,1 мкФ	2	1	1	60	0,3	0,48	0,96
C3	K50-35-25B-220 мкФ	1	4	1	60	0,6	1,73	6,92
C4	K10 – 17 – 330 нФ	1	3	1	60	0,6	0,46	1,38
C5	K50-35-25B-10 мкФ	1	4	1	60	0,6	1,73	6,92
C6, C7	K50-35-300B-20 мкФ	2	4	1	60	0,6	1,73	13,84
C8, C9	K10 – 17 – 470 нФ	2	3	1	60	0,3	0,1	0,6
C10	K50-35-25B-470 мкФ	1	4	1	60	0,6	1,73	6,92
DA1	IR2153	1	40	1	60	0,2	1	40
FU1	МЕТ 3.15 А, 250В	1	20	1	60	0,9	2,4	48
L1	Індуктивність 3 мкГн	1	5	1	60	0,3	0,2	1
R1	МЛТ-2 – 60 кОм±10%	1	1	1	60	0,7	1,17	1,17
R2	МЛТ-0.125 – 15кОм	1	1	1	60	0,3	0,5	0,5
R3, R4	МЛТ-0.125 – 20	2	1	1	60	0,3	0,5	1
TV1	ТПП-242-127/220-50	1	20	1	60	0,5	0,3	6
VD1-VD4	КД226Г	4	18	1	60	0,1	0,9	64,8
VD5	КД226Г	1	18	1	60	0,1	0,9	16,2
VD6, VD7	КД2997	2	30	1	60	0,1	0,9	54
VT1, VT2	14NK50Z	2	120	1	60	0,5	1	240
X1-X2	SLK-2, 2 pin	2	1	1	60	0,1	1	2
	Пайка	66	1	1	60	1	1	66
Всього, $\Sigma\lambda, 10^{-8}$ 1/год.								578,21

Таблиця 3.4

Карта робочих режимів

Позн	Типоно-мінал	Напруга, В			Струм, А		P _{роз} , Вт	k _i	k _u	k _p
		пост	зм.	макс	пост.	зм.				
C1	K73-17-630B-0,1 мкФ			$\frac{220}{630}$				0,3		
C2	K73-17-630B-0,1 мкФ			$\frac{220}{630}$				0,3		
C3	K50-35-25B-220 мкФ			$\frac{15,6}{25}$				0,6		
C4	K10 – 17 – 330 нФ			$\frac{15,6}{25}$				0,6		
C5	K50-35-25B-10 мкФ			$\frac{15,6}{25}$				0,6		
C6	K50-35-300B-20 мкФ			$\frac{200}{300}$				0,6		
C7	K50-35-300B-20 мкФ			$\frac{200}{300}$				0,6		
C8	K10 – 17 – 470 нФ			$\frac{15}{50}$				0,3		

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ

Арк.

54

Позн	Типоно-мінал	Напруга, В		Струм, А		Р _{роз} , Вт	k _i	k _u	k _p
C9	K10 – 17 – 470 нФ			$\frac{15}{50}$				0,3	
C10	K50-35-25В-470 мкФ			$\frac{15}{25}$				0,6	
DA1	IR2153				$\frac{0,005}{0,025}$		0,2		
FU1	МЕТ 3.15 А, 250В				2,9/3,2		0,9		
L1	Індуктивність 3 мкГн					$\frac{5}{20}$	0,3		
R1	МЛТ-2 – 60 кОм±10%			294	0,005	1,5/2			0,7
R2	МЛТ-0.125 – 15кОм			15,6	0,003	$\frac{0,04}{0,125}$			0,3
R3	МЛТ-0.125 – 20			12	0,003	$\frac{0,04}{0,125}$			0,3
R4	МЛТ-0.125 – 20			12	0,003	$\frac{0,04}{0,125}$			0,3
TV1	ТПП-242-127/220-50					1020			0,5
VD1-VD4	КД226Г					$\frac{5,2}{50}$	0,1		
VD5	КД226Г					$\frac{5,2}{50}$	0,1		
VD6, VD7	КД2997					$\frac{4}{50}$	0,1		
VT1, VT2	14NK50Z					$\frac{10}{14}$	0,7		
X1	SLK-2, 2 pin			$\frac{220}{400}$				0,5	
X2	SLK-2, 2 pin			$\frac{15}{400}$				0,1	

Напрацювання на відмову

$$T = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} = \frac{1}{578.21 * 10^{-8}} [\text{год}] = 172947 [\text{год}].$$

В таблиці 3.3. наведено дані про використовувані елементи, їх кількість та сумарне значення інтенсивності відмов. Карта робочих режимів приведена у таблиці 3.4.

З врахуванням часу наробітки приладу 2000 год., отримаємо:

$$P(2000) = e^{-\lambda_{\Sigma} * t} \approx 1 - \lambda_{\Sigma} * t \approx 0.99$$

4. Розрахунок собівартості приладу

Собівартість продукції — це витрати на її виробництво і реалізацію, що

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

включають в себе вартість витрачених сировини і матеріалів, заробітну плату працівників, витрати по утриманню й експлуатації устаткування та інші поточні витрати. Проведемо розрахунок собівартості виготовлення спроектованого пристрою у вигляді калькуляції. Для цього скористаємось методом побільшеного розрахунку собівартості - методом питомої ваги, що забезпечує прийнятну похибку (~5%) прогнозування собівартості.

Цей метод полягає у пропорційному віднесенні непрямих витрат до суми витрат на основну заробітну плату виробничих робітників та витрат на утримання та експлуатацію устаткування. При розрахунках потрібно врахувати додаткові умови: затрата лаку на площу 1 см = 0,008 кг, затрата припою 1 ніжка = $3 \cdot 10^{-6}$ кг; кількість виробів 1000 шт на рік; працюючих 3 чоловіка.

Провівши такий розрахунок ми можемо оцінити економічний ефект від впровадження розробленого виробу. Калькуляція собівартості спроектованого приладу таблиця 4.1

Таблиця 4.1

І №п/п	Стаття витрат	Сума, грн.
1	Основні матеріали	3,11
2	Покупні комплектуючі вироби і напівфабрикати	604,18
3	Основна заробітна плата виробничих робітників	12,1
4	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	1,21
5	Відрахування ЄСВ	2,93
6	Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	9,68
7	Цехові витрати	9,66
8	Загальнозаводські витрати	15,46
9	Інші виробничі витрати	1,47
Разом: виробнича собівартість $S_{\text{вир}}$		659,8
10	Позавиробничі витрати	15,03
Разом: повна собівартість $S_{\text{повн}}$		674,83

Розрахунок кількості і вартості матеріалів, що витрачаються на виготовлення спроектованого приладу

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Розрахунок кількості і вартості матеріалів представлений у вигляді табл. 4.2.

Для визначення кількості витраченого припою, з врахуванням затрати на паяння 1 ніжка = $3 \cdot 10^{-6}$ кг, розрахуємо масу необхідну для нашого виробу. Кількість ніжок -92. Тоді:

$K\text{-сть(припою)} = 92 \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 0,0002 \text{ кг}$ Ціна необхідного припою визначається:

$$Ц_{\text{припою}} = 690 \cdot 0,0002 = 0,14 \text{ грн}$$

де 690 - ціна за 1 кілограм припою ПОС61 1.0 мм з флюсом (<http://www.euro-k.com.ua/?q=node/45>)

Для визначення **КІЛЬКОСТІ** витраченого лаку, з врахуванням затрати на площу $1 \text{ см}^2 = 0,0008 \text{ кг}$, розрахуємо масу лаку необхідну для нашого виробу. Площа друкованої плати рівна $5,3 \text{ см} \cdot 4,3 \text{ см} = 22,79 \text{ см}^2$. Двостороннє покриття, тоді:

$$K\text{-сть}_{\text{(лаку)}} = 22,79 \cdot 2 \cdot 0,0008 = 0,036 \text{ (кг)}$$

Ціна необхідного лаку визначається:

$Ц_{\text{лаку}} = 36,5 \cdot 0,036 = 1,31 \text{ грн}$ де 36,50 - ціна за 1 кілограм лаку НЦ-134

Таблиця 4.2.

№ п/п	Найменування матеріалу	Профіль, сорт, марка, розмір, ГОСТ, ДСТУ, ТУ	Одиниця вимірювання	К-сть	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	Припій ПОС61	ГОСТ 21930-76	кг	0,0002	690,00	0,14
2	Лак НЦ-134	ТУ6-101291-77	кг	0,036	36,50	1,31
Разом:						1,45
Зворотні відходи (1-5% від вартості матеріалів)						0,07
Транспортно-заготівельні витрати (7-10% від загальної вартості матеріалів)						0,14
Разом.						3,11

Розрахунок кількості і вартості покупних комплектуючих виробів і напівфабрикатів, що витрачаються на виготовлення спроектованого приладу

Розрахунок кількості і вартості покупних комплектуючих виробів і напівфабрикатів представлений у таблиці 4.3

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Розрахунок основної заробітної плати виробничих робітників

№ п/п	Найменування покупних комплектуючих виробів і напівфабрикатів	Марка, розмір, ГОСТ, ДСТУ, ТУ, DIN, ISO	Одиниця вимірювання	Кількість	Ціна за один., грн	Сума, грн
1	2	3	4	5	6	7
1	Корпус	50*60	ШТ.	1	80	80
2	Плата друкована	43*53	ШТ.	1	150	150
3	DA1	IR2153	ШТ.	1	10	10
4	R1	МЛТ-2 – 60 кОм±10%	ШТ.	1	1	1
5	R2	МЛТ-0.125 – 15кОм±10%	ШТ.	1	0.25	0.25
6	R3, R4	МЛТ-0.125 – 20 Ом±10%	ШТ.	2	1,6	3,2
7	C1, C2	К73-17-630В-0,1 мкФ	ШТ.	2	4	8
8	C3	К50-35-25В-220 мкФ	ШТ.	1	2	2
9	C4	К10 – 17 – 330 нФ	ШТ.	1	2	2
10	C5	К50-35-25В-10 мкФ	ШТ.	1	1,6	1,6
11	C6, C7	К50-35-300В-20 мкФ	ШТ.	2	1,4	2,8
12	C8, C9	К10 – 17 – 470 пФ	ШТ.	2	2,3	4,6
	C10	К50-35-25В-470 мкФ	ШТ.	1	6,2	6,2
	VD1-VD5	КД226Г	ШТ.	5	2,2	11
	VD6, VD7	КД2997	ШТ.	1	57	57
	VT1, VT2	14NK50Z	ШТ.	2	36	36
	X1-X2	SLK-2, 2 pin	ШТ.	2	5,3	10,6
	TV1	ТПП-242-127/220-50 АФО.470.098 ТУ	ШТ.	2	150	150
	FU1	МЕТ 3.15 А, 250В	ШТ.	1	13	13
Разом:						549,25
Транспортно-заготівельні витрати (7-10% від загальної вартості виробів і напівфабрикатів)						54,9
Разом:						604,18

До основної заробітної плати виробничих робітників, що включається до собівартості, входить оплата робітникам відрядникам і погодинникам, що безпосередньо зайняті виготовленням спроектованого приладу.

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Основну заробітну плату визначають шляхом множення трудомісткості виготовлення спроектованого приладу на годинну тарифну ставку відповідно розряду робіт.

Трудомісткість виготовлення спроектованого приладу на стадіях ескізного і технічного проектів визначають на підставі отриманих трудомісткостей виготовлення аналога та його складових частин.

Розрахунок основної заробітної плати по складанню, монтажу, регулюванню і випробуванню спроектованого приладу представлений у вигляді табл. 4.4.

Погодинна оплата праці яка діє з 01.09.2020 (Мінімальна зарплата 5000 гр.) становить 29,20 (гривень на годину). З врахуванням коефіцієнта підвищення окладу розраховуємо для кожного розряду .

$$3 \text{ розряд} = 29,20 * 1,18 = 34,45 \text{ гр.} * \text{год};$$

$$4 \text{ розряд} = 29,20 * 1,27 = 37,08 \text{ гр.} * \text{год};$$

$$5 \text{ розряд} = 29,20 * 1,36 = 39,71 \text{ гр.} * \text{год}.$$

Трудомісткість операції - встановлення і пайка залежить від кількості елементів і їх складності. Тому з врахування затрати часу на одну пайку 0,0014 год і встановлення 0,0006 год визначимо час для пайки і встановлення всіх елементів.

$$\text{Трудомісткість (пайка)} = 92 * 0,0014 = 0,13;$$

$$\text{Трудомісткість (встановлення)} = 43 * 0,0006 + 0,05 = 0,08,$$

$$\text{Загальна трудомісткість} = 0,13 + 0,08 = 0,21.$$

Таблиця 4.4

Розрахунок основної заробітної плати по складанню, монтажу, регулюванню і випробуванню спроектованого виробу

№ п/п	Зміст операції	Фах	Розряд работ и	Годинна тарифна ставка, грн.	Трудомісткість робіт, нормо-год.	Сума зарплати за тарифом, грн.
1	Встановлення і пайка	17474	4	37,08 грн.	0,21	6,67
2	Контроль	60188	5	39,71 грн.	0,06	1,98
3	Лакування і збирання	18352	3	34,45 грн.	0,11	3,45
Разом.						12,1

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Розрахунок додаткової заробітної плати виробничих робітників

До додаткової заробітної плати відносять оплату відпусток, лікарняних, виплати за вислугу років, вихідну допомогу.

Величина додаткової заробітної плати визначається процентом від суми основної заробітної плати виробничих робітників (10%) і складає:

$$\text{ЗП(додаткова)}=12,1 * 10/100=1,21\text{грн}$$

Розрахунок відрахувань ЄСВ

Відповідно до Закону від 24.12.2015 р. №909-УІІ, єдина ставка нарахувань становить 22%. Визначається процентом від суми основної і додаткової заробітної плати виробничих робітників, а саме $12,1+1,21=13,31$ грн.

Процентна ставка 22% і складає 2,93 грн.

Розрахунок витрат на утримання та експлуатацію устаткування

До витрат на утримання та експлуатацію устаткування відносять витрати на повне відновлення основних виробничих фондів та капітальний ремонт у вигляді амортизаційних відрахувань від вартості виробничого та підйомно-транспортного устаткування, цехового транспорту та інструментів із складу основних виробничих фондів на реконструкцію, модернізацію та капітальний ремонт фондів.

Величина витрат на утримання та експлуатацію устаткування визначається процентом від суми основної заробітної плати виробничих робітників. Розроблюваний прилад відноситься до радіотехнічних тому витрати на утримання та експлуатацію устаткування будуть складати 80% від 12,1 а саме 9,68 грн.

Розрахунок цехових витрат

Величина цехових витрат визначається по цехам відсотком від суми

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

основної заробітної плати і витрат на утримання та експлуатацію устаткування Розроблюваний прилад відноситься до радіотехнічних тому цехові витрати будуть складати 50% від $12,1+7,22=19,32$ грн, а саме 9,66 грн.

Розрахунок загальнозаводських витрат

Величина загальнозаводських витрат визначається процентом від суми основної заробітної плати і витрат на утримання та експлуатацію устаткування. Розроблюваний прилад відноситься до радіотехнічних приладів тому цехові витрати будуть складати 80% від $12,1+7,22=19,32$ грн, а саме 15,46 грн.

Розрахунок інших виробничих витрат

Величина інших виробничих витрат визначається процентом від суми всіх попередніх статей (0,2-0,4%). Треба знайти 0,4% від $3,11+604,18+12,1+1,21+2,93+9,68+9,66+15,46=658,3$ грн. І це буде складати 2,6 грн.

Розрахунок позавиробничих витрат

Величина позавиробничих витрат визначається процентом від величини виробничої собівартості (2 - 4%). Треба знайти 4% від 659,8 грн. і це буде складати 26,39 грн

Розрахунок ціни спроектованого приладу

Ціну спроектованого приладу можна визначити за формулою:

$$Ц = C_{\text{повн}} + П \quad (4.1)$$

де $C_{\text{повн}}$ - повна собівартість виготовлення спроектованого приладу, а П - запланований прибуток.

Прибутковість підприємства характеризується таким показником як рентабельність. Величину рентабельності можна визначити за формулою:

$$P = П / C_{\text{повн}} \quad (4.2)$$

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Якщо прийняти величину рентабельності 30%, тоді:

$$П = P * C_{повн} = 0,3 * C_{повн} \quad (4.3)$$

Тоді ціну спроектованого приладу можна визначити за формулою.

$$Ц = C_{повн} + 0,3 * C_{повн} = 1,3 * C_{повн} \quad (4.4)$$

Якщо підприємство є платником податку на додану вартість (ставка ПДВ 20%), то вихідна ціна на спроектований прилад буде слідуючою:

$$Ц_{вих} = 1,2 * Ц \quad (4.5)$$

Розрахунок:

Згідно формули (4.4) ціна спроектованого приладу буде.

$$Ц = 1,3 * 674,8 = 877,24 \text{ грн}$$

Із врахуванням ПДВ згідно формули (4.5) вихідна ціна:

$$Ц_{вих} = 1,2 * 877,24 = 1052,68 \text{ грн}$$

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		62

5. Заходи з охорони праці і техніки безпеки на виробництві приладу

Охорона праці – система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності. Охорона праці водночас вирішує дві задачі. [15]

Одна з них – інженерно-технічна, що передбачає запобігання небезпечним подіям під час трудового процесу шляхом:

- заміни небезпечних матеріалів менш небезпечними;
- переходу на нові технології, які зменшують ризик травмування і захворювання;
- проектування і конструювання устаткування з урахуванням вимог безпеки праці;
- розробки засобів індивідуального та колективного захисту.

Друга задача – соціальна, пов'язана з відшкодуванням матеріальної та соціальної шкоди, отриманої внаслідок нещасного випадку або роботи в несприятливих умовах, тобто захист працівника та його прав. Виходячи з поставлених перед нею задач, охорона праці складається з правових та організаційних основ, виробничої санітарії, виробничої та пожежної безпеки на виробництві. Правові та організаційні основи охорони праці являють собою комплекс взаємопов'язаних законів та інших нормативно-правових актів, соціально-економічних та організаційних заходів, спрямованих на правильну і безпечну організацію праці, забезпечення працюючих засобами захисту, компенсацію за важку роботу та роботу в шкідливих умовах, навченість працівників безпечному веденню робіт, регламентацію відповідальності та відшкодування шкоди в разі ушкодження здоров'я працівника або його смерті.

Виробнича санітарія – комплекс організаційних, гігієнічних і санітарно-технічних заходів та засобів, спрямованих на запобігання або зменшення дії на працюючих шкідливих виробничих факторів. [15]

Виробнича безпека – безпека від нещасних випадків та аварій на виробничих об'єктах і від їх наслідків, що забезпечується комплексом організаційних та

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		63

технічних заходів та засобів, спрямованих на запобігання або зменшення дії на працюючих небезпечних виробничих факторів.

Пожежна безпека на виробництві – комплекс заходів та засобів, спрямованих на запобігання запалювань, пожеж та вибухів у виробничому середовищі, а також на зменшення негативної дії небезпечних та шкідливих факторів, які утворюються в разі їх виникнення.

Виробничі травми та професійні захворювання (отруєння) є небажаним наслідком взаємодії людини з виробничим середовищем. До травм ведуть нещасні випадки, які являють собою раптові (несподівані) події, що викликаються зовнішніми чинниками і наносять шкоду людині. Інколи, на побутовому рівні, ці два поняття – нещасний випадок та травма – ототожнюються, але в охороні праці кожне з них має своє значення.

До травм відносять забиті місця на тілі, порізи, поранення, переломи кісток, опіки, обмороження, утоплення, ураження електричним струмом, блискавкою та іонізуючим випромінюванням, наслідки контакту з представниками флори та фауни тощо. Нещасні випадки поділяють:

- за кількістю потерпілих на такі, що сталися з одним працівником, і групові нещасні випадки, які сталися одночасно з двома і більше працівниками;
- за ступенем тяжкості ушкодження здоров'я – без втрати працездатності, з втратою працездатності на 1 робочий день і більше, з тяжким наслідком, зі стійкою втратою працездатності (каліцтво) і смертельні (летальні);
- за зв'язком з виробництвом – на такі, що пов'язані з виробництвом і не пов'язані з виробництвом.

Пов'язаними з виробництвом визнаються нещасні випадки, що сталися з працівниками під час виконання трудових обов'язків, у тому числі у відрядженнях, а також ті, що сталися у період:

- перебування на робочому місці, на території підприємства або в іншому місці роботи протягом робочого часу;
- приведення в порядок знарядь виробництва, засобів захисту, одягу перед початком роботи і після її закінчення, виконання заходів особистої гігієни;

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		64

- проїзду на роботу чи з роботи на транспортному засобі підприємства;
- використання власного транспортного засобу в інтересах підприємства з дозволу або за дорученням роботодавця;
- провадження дій в інтересах підприємства;
- ліквідації аварій, пожеж та наслідків стихійного лиха;
- надання підприємством шефської допомоги;

Професійне захворювання зумовлюється впливом шкідливих речовин, певних видів робіт та інших виробничих факторів. Причиною професійного захворювання може бути: запиленість або загазованість повітря робочої зони шкідливими речовинами; підвищені та знижені температури поверхні устаткування, матеріалів, повітря робочої зони; підвищений рівень шуму, вібрації, інфразвукового коливання, ультразвуку, електромагнітного випромінювання; іонізуючого випромінювання; підвищений або понижений рівень барометричного тиску, вологості та рухомості повітря; контакт із джерелами інфекційних захворювань; рівень фізичного перевантаження; інші виробничі фактори за гігієнічною класифікацією праці.

Закон «Про охорону праці» зобов'язує роботодавця створити на кожному робочому місці, в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до НПАОП, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. З цією метою роботодавець повинен створити і забезпечити функціонування системи управління охороною праці, для чого він: [15]

- створює відповідні служби, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці;
- розробляє і реалізує комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів та підвищення існуючого рівня охорони праці;
- забезпечує виконання необхідних профілактичних заходів відповідно до обставин, що змінюються;
- впроваджує прогресивні технології, досягнення науки і техніки, засоби механізації та автоматизації, позитивний досвід з охорони праці тощо;

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		65

- забезпечує належне утримання будівель і споруд, виробничого обладнання та устаткування, моніторинг за їх технічним станом;
- забезпечує усунення причин, що призводять до нещасних випадків, професійних захворювань;
- організовує проведення аудиту охорони праці, лабораторних досліджень умов праці, оцінку технічного стану виробничого обладнання та устаткування, атестацій робочих місць та за їх підсумками вживає заходів до усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів;
- розробляє і затверджує нормативні акти з охорони праці підприємства, забезпечує безоплатно працівників нормативно-правовими актами та нормативними документами підприємства з охорони праці;
- здійснює контроль за дотриманням працівниками технологічних процесів, правил поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, використанням засобів захисту, виконанням робіт відповідно до вимог з охорони праці;
- організовує пропаганду безпечних методів праці та співробітництво з працівниками у галузі охорони праці;
- вживає термінових заходів для допомоги потерпілим, залучає за необхідності професійні аварійно-рятувальні формування у разі виникнення на підприємстві аварій та нещасних випадків

Електробезпека — система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, електричного поля і статичної електрики. [15]

Електротравма — травма, спричинена дією на організм людини електричного струму і (або) електричної дуги (ГОСТ 12.1.009176).

- Електротравматизм — явище, що характеризується сукупністю електротравм.

Протікання струму через тіло людини супроводжується термічним, електролітичним та біологічним ефектами.

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		66

Термічна дія струму полягає в нагріванні тканин, випаровуванні вологи тощо, що викликає опіки, обвуглювання тканин та їх розриви парою. Тяжкість термічної дії струму залежить від величини струму, опору проходженню струму та часу проходження. При короткочасній дії струму термічна складова може бути визначальною в характері і тяжкості ураження.

Електролітична дія струму проявляється в розкладі органічної речовини (її електролізі), в тому числі і крові, що приводить до зміни їх фізико-хімічних і біохімічних властивостей. Останнє, в свою чергу, призводить до порушення біохімічних процесів в тканинах і органах, які є основою забезпечення життєдіяльності організму.

Біологічна дія струму проявляється у подразненні і збуренні живих тканин організму, в тому числі і на клітинному рівні. При цьому порушуються внутрішні біоелектричні процеси, що протікають в нормально функціонуючому організмі і пов'язані з його життєвими функціями. Збурення, спричинене подразнюючою дією струму, може проявлятися у вигляді мимовільного непередбачуваного скорочення м'язів. Це так звана пряма або безпосередня збурююча дія струму на тканини, по яких він протікає. Разом з цим збурююча дія струму на тканини може бути і непрямою, а рефлекторною — через центральну нервову систему. Механізм такої дії полягає в тому, що збурення рецепторів (периферійних органів центральної нервової системи) під дією електричного струму передається центральній нервовій системі, яка перероблює цю інформацію і видає команди щодо нормалізації процесів життєдіяльності у відповідних тканинах і органах. При перелвантаженні центральної нервової системи інформацією (збуренням клітин і рецепторів) центральна нервова система може видавати недоцільну, неадекватну інформації, виконавчу команду. Останнє може привести до серйозних порушень діяльності життєво важливих органів, в тому числі серця та легенів, навіть коли ці органи не лежать на шляху струму.

Крім відзначеного, протікання струму через організм негативно впливає на поле біопотенціалів в організмі. Зовнішній струм, взаємодіючи з біострумами,

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		67

може порушити нормальний характер дії біострумів на тканини і органи людини, подавити біоструми і, тим самим, викликати специфічні розлади в організмі.

Чинники, що впливають на тяжкість ураження людини електричним струмом, діляться на три групи: електричного характеру, неелектричного характеру і чинники виробничого середовища.[15]

Основні чинники електричного характеру це величина струму через людину, напруга, під яку вона попадає та опір її тіла, рід і частота струму. Величина струму через людину безпосередньо і найбільшою мірою впливає на тяжкість ураження електричним струмом. За характером дії на організм виділяють:

- відчутний струм — викликає при проходженні через організм відчутні подразнення;
- невідпускаючий струм — викликає при проходженні через організм непереборні судомні скорочення м'язів руки, в якій затиснуто провідник;
- фібриляційний струм — викликає при проходженні через організм фібриляцію серця. Відповідно до наведеного вище:
- пороговий відчутний струм (найменше значення відчутного струму) для перемінного струму частотою 50 Гц коливається в межах 0,6–1,5 мА і 5–7 мА для постійного струму;
- пороговий невідпускаючий струм (найменше значення невідпускаючого струму) коливається в межах 10–15 мА для перемінного струму і 50–80 мА для постійного;
- пороговий фібриляційний струм (найменше значення фібриляційного струму) знаходиться в межах 100 мА для перемінного струму і 300 мА для постійного.

Охорона праці при термічній, електрохімічній і електрофізичній обробці металів. У радіоелектроніці широко застосовуються термічна, електрохімічна і електрофізичної обробки металів. [16]

До термічній обробки відносяться обпікання, гарт, азотування, борування, алюмініування, хромування, коксування, берілування, титанування та ін.

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		68

До електрохімічної і електрофізичної - електроіскрова, електроімпульсна, плазмова, електронно-променева, лазерна і інші способи обробки.

Основними небезпечними і шкідливими виробничими факторами, що виникають при зазначених методах обробки і зумовленими її видом, застосовуваним обладнанням і робочими середовищами, можуть бути наступні: рухомі машини і механізми; рухливі елементи виробничого устаткування, що пересуваються виробу, заготовки, матеріали; підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; підвищена температура поверхонь устаткування, матеріалів і повітря робочої зони, підвищений рівень інфрачервоного (теплого) випромінювання; підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці; підвищений рівень електромагнітних випромінювань; небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі та ін. При цьому виникає небезпека механічного травмування працюючих, отруєння сильнодіючими отрутами, перегріву, отримання опіків, ураження електричним струмом.

У зв'язку з цим при проведенні процесів термічної, електрохімічної і електрофізичної обробки повинні бути передбачені заходи захисту працівників від можливої дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Для захисту від механічних і термічних небезпек застосовуються різні огороження та блокування, а також необхідно дотримуватись відповідних правил безпеки при виконанні певних операцій технологічного процесу.

Захист від небезпечної дії електричного струму (діапазон напруг від 368 до 150 кВ) забезпечується застосуванням захисного заземлення, занулення і електрозахисних засобів відповідно до заходів захисту від електричного струму.

Особливу небезпеку при розглянутих методах обробки являють різні токсичні гази і хімічні речовини, застосовувані в якості електролітів і очищувальних розчинів. [16]

При термічній обробці в складі контрольованих атмосфер і вихідних газів містяться токсичні гази (окис вуглецю CO₂, аміак NH₃, сірководень H₂S, тощо), поява яких (різкий запах деяких з них) попереджає про неполадки.

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		69

Електроліти, застосовувані при електрохімічній обробці, являють собою розчини сильних кислот (сірчаної, фосфорної, соляної, плавикової, азотної та ін.), їх суміші в різних пропорціях, а також розчини і розплави їдких лугів. Нагрів струмопровідних матеріалів проводиться у розчинах їдких лугів або солей лужних металів. Ультразвукове очищення проводиться в середовищі різних розчинників, водних розчинів мінеральних і органічних кислот, розчинах їдких лугів і солей (фосфати, карбонати, фториди та ін.). Деякі вживані солі (ціаністе срібло, ціаністий калій) є сильними отрутами. У присутності вологи, кислот, а також вуглекислоти, що міститься в повітрі, ціаністі солі виділяють ціаністий водень (сильна кислота), що викликає швидку задуху, внаслідок паралічу тканин дихальних органів. [16]

Найважливішими заходами, що забезпечують безпеку роботи обслуговуючого персоналу, є наступні: механізація і автоматизація процесів, зміна складу електроліту для зниження його агресивності, пристрої загальної та місцевої вентиляції, застосування індивідуальних засобів захисту і надійних захисних пристроїв. [16]

Використання індивідуальних засобів захисту є надійною, але додатковим заходом забезпечення безпеки. Їх необхідно застосовувати в якості додаткового захисту або в аварійних випадках.

До засобів індивідуального захисту відносяться: захисні окуляри, респіратори, протигази, спецодяг, спецвзуття, захисні пасти і мазі. З спецодягу застосовуються фартухи і захисні костюми з кислотостійких тканин, а також кислото-лугостійкі рукавички. До захисних засобів відносять також спеціальні гідранти у вигляді короткого шланга зі сплющеним наконечником для подачі води з водопровідної мережі, а також спеціальний гідрант у вигляді фонтанчика питної води, нейтралізуючі і дезінфікуючі речовини (розчини соди, борної кислоти та ін.) Ці пристрої служать для швидкого і зручного змивання бризок і крапель небезпечних хімікатів, що потрапили на шкірні покриви або очі працюючих. [16]

Перед нанесенням на деталі захисних покриттів і їх складанням поверхні деталей попередньо обробляють механічними методами (шліфування, крацовку,

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		70

гідропіскоструйне і дробоструйне очищення, галтовка) і більш ефективними і продуктивними хімічними методами очищення поверхні (знежирення, травлення і т. д.). При цьому застосовуються небезпечні і шкідливі хімічні та отруйні речовини, вплив яких на працюючих залежить від їх фізико-хімічних властивостей, їх агрегатного стану, класу небезпеки, часу і характеру впливу, шляхів надходження в організм, стану організму, наявності інших виробничих небезпечних та шкідливих факторів і від стану засобів колективного та індивідуального захисту.

Під час знежирювання застосовуються їдкі луги, легкозаймисті розчинники та горючі рідини - бензин, ацетон, трихлоретилен, толуол, бензол, ксилол, спирти та ін.

При травленні широко використовується сірчана, соляна, азотна, фтористоводнева, ортофосфорна та інші кислоти, при роботі з якими виникає небезпека отруєння виділяються парами і Газами, руйнування зубів, хімічні опіки.

Основними заходами щодо охорони праці для попередження отруєння та професійних захворювань є механізація і автоматизація виробничих процесів; герметизація устаткування; заміна токсичних, отруйних і горючих речовин менш токсичними, неотруйними і негорючими речовинами. [16]

Найбільш високий рівень безпеки виробництва досягається при комплексній механізації та автоматизації технологічних процесів. У масовому і великосерійному виробництві застосовують автоматичні лінії, що виконують всі технологічні операції; в цехах з невеликою виробничою програмою застосовують напівавтоматичні установки, призначені для виконання якої-небудь однієї операції. Існують напівавтомати для мийки, травлення і обезжирення виробів.

Для захисту від дії кислот і лугів застосовують захисні фартухи, робочі халати та костюми, виготовлені з гуми, хлорвінілової пластику, прогумованої тканини, брезенту та інших хімічно стійких матеріалів. Для захисту ніг використовують гумові кислото-лугостійкі чоботи з внутрішньої текстильної прокладкою і рифленою підошвою з підборами, а також напівчоботи. [16]

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		71

Для одночасного захисту обличчя і очей від бризок кислот і лугів зручним і надійним засобом є головні захисні щитки (типу ЩН або НБХ). Очі необхідно захищати напівзакритими або герметичними окулярами (типу ЗПС-80, ЗП2-80, ЗПЗ-80).

Для захисту органів дихання від шкідливих газів і парів (крім особливо токсичних) в концентраціях, що не перевищують ГДК більш ніж у 15 разів, рекомендується протигазовий респіратор РПГ-67. Якщо в повітрі крім газів та парів містяться аерозолі, рекомендується застосовувати універсальний респіратор РУ-60М.

Для короткочасної роботи (один-два дні) можна застосовувати протипилові респіратори ШБ-1 «Лепесток», «Сніжок КУ-М». В аварійних випадках необхідно використовувати протигазу, які захищають одночасно органи, дихання та очі робітників від шкідливих газів, пари, пилу, диму й туману.[16]

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		72

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної магістерської роботи: "Інвертор напруги мобільних пристроїв" виходячи із поставлених у технічному завданні вимог і виходячи із огляду існуючих аналогів, розроблено структурну, принципову електричну схему по яким розроблена конструкція пристрою. Проведені базові розрахунки режимів роботи компонентів електронної схеми. Визначена надійність пристрою та оцінена собівартість виробництва

Запропонований пристрій має наступні характеристики:

- Живлення від мережі 220 В 50 Гц;
- Струм навантаження 4 А;
- Напруга навантаження 15 В;
- Вихідна потужність 60 Вт.

Розроблений інвертора напруги мобільних пристроїв повністю відповідає умовам технічного завдання. Різноманіття схемних рішень у розглянутих аналогах підтверджують актуальність теми і дають можливість вибирати кращі варіанти для виконання ТЗ.

Виконані розрахунки надійності - 0,99. Розраховано друковану плату, ДП має розміри 80×130 розмір корпусу 90×45×140. Проведено теплові розрахунки, визначено що наш пристрій не потребує додаткового тепловідводу.

Проектування, розрахунки, розробка графічної документації було здійснено із застосуванням програмних проектно-конструкторських пакетів "P-Cad 2002" (синтез, аналіз електричної принципової схеми та розводка плати), "AutoCAD 2000" (підготовка всієї графічної документації).

Розглянуті питання охорони праці при виготовленні спроектованого пристрою.

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		73

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. http://cxemu.te.ua/cxemu/391-prost_cxema_peretv_12_to_220.html
2. http://cxemu.te.ua/cxemu/givlenya/122-peretvoruva4_12_220v.html
3. http://cxemu.te.ua/cxemu/givlenya/119-peretvoruva4_12v_to_220v.html
4. <http://elektronik.3dn.ru/load/20-1-0-772>
5. Юрченко Н. Н., Шевченко П. Н., Гуцалюк В. Я., Слесаревский И. О., Твердохлеб Ю. Н. Способы регулирования тока транзисторного инвертора напряжения с последовательным резонансным контуром на выходе // Техн. електродинаміка. Темат. вип. «Силовая електротехніка і енергоефективність». – 2002. – №1. – С. 79–81.
6. ООО'НПП КЕДР' Схема импульсного преобразователя напряжения с 12В на 220В 50Гц,
7. http://www.kedr-npp.ru/schemes/impulsn_preobr_12_220V_50Gh.shtml
8. Озолин М. Стабилизированный преобразователь напряжения 12/220 В, <http://cxem.net/pitanie/5-158.php>.
9. Шангареев В. Преобразователь напряжения 12/220 В - 50 Гц. <http://www.shema.ru/cgi-bin/rshema.pl?name=14&file=pit-c96.shtml>
10. Карлащук С., Карлащук В. Преобразователь напряжения 12 В–220 В до 200 Вт, http://www.radiosait.ru/page_116.html.
11. <https://www.infineon.com/dgdl/ir2153.pdf?fileId=5546d462533600a4015355c8c5fc16af>
12. Бутурлакин О.П., Овчаренко В.В., Федак В.В., Методичні рекомендації до виконання розрахунків по оцінці показників надійності радіоелектронної апаратури. Методична розробка для студентів інженерних спеціальностей. УжНУ, 2001,-56 с.
13. Гершунский Б.М. Справочник по расчету электронных схем. Киев, Высшая школа, 1983, 240стр.
14. Краткий справочник конструктора радиоэлектронной аппаратуры / под общ. ред. проф. Варламова Р.Г. М.: Советское радио, 1986, 256 с.

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		74

15. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с. <http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2012/01/Основи-охорони-праці.pdf>

16. С.С. Козлов. Методичні вказівки до виконання розділу — “Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» в дипломних проектах для підготовки студентів факультету електроніки за освітньо-кваліфікаційним рівнем — “Спеціаліст” та “Магістр”

<http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/09/9.ДП-РЕА.pdf>

					<i>МКР.ЕС.162338.001.000. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		75

Завідувачу кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ

Мацканіг А.У.

Студента (-ки) 2 курсу
спеціальності електроніки
сметели
(прізвище, ініціали)

ЗАЯВА

щодо самостійного виконання
навчальної/кваліфікаційної роботи здобувачем освіти

Я, Мацканіг Артур Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові),

Студент(-ка) денної форми навчання, УТФ, 2 курсу

(форма навчання, факультет, курс)

заявляю: моя письмова робота на тему: інвертор на чужих
модельних прикладах

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату.

Всі запозичення з друкованих та електронних джерел, а також із захищених раніше робіт мають відповідні посилання. Я ознайомлений(а) з діючим Положенням, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску навчальної/кваліфікаційної роботи до захисту та притягнення до академічної відповідальності.

Дата

Підпис

Додаток 2.

ДОВІДКА
про результати перевірки на унікальність
кваліфікаційної, навчальної (курсової) роботи

Автор роботи	
Назва роботи	
Спеціальність	
Курс	
Факультет	
Кафедра	
Керівник роботи	
Роботу перевірено в програмі	Unicheck
Додано до бази даних	
Ідентифікаційний номер роботи	
Результати перевірки	
Показник унікальності тексту через перевірку роботи у внутрішній базі кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ	
Показник унікальності тексту в мережі Інтернет	

Відповідальна особа/
Науковий керівник роботи

_____ (прізвище, ініціали)

_____ Дата

_____ Підпис

~220 В

Вхідний
ВЧ
фільтр

Випрямляч

Низько-
вольтний
драйвер

Задавач
частоти

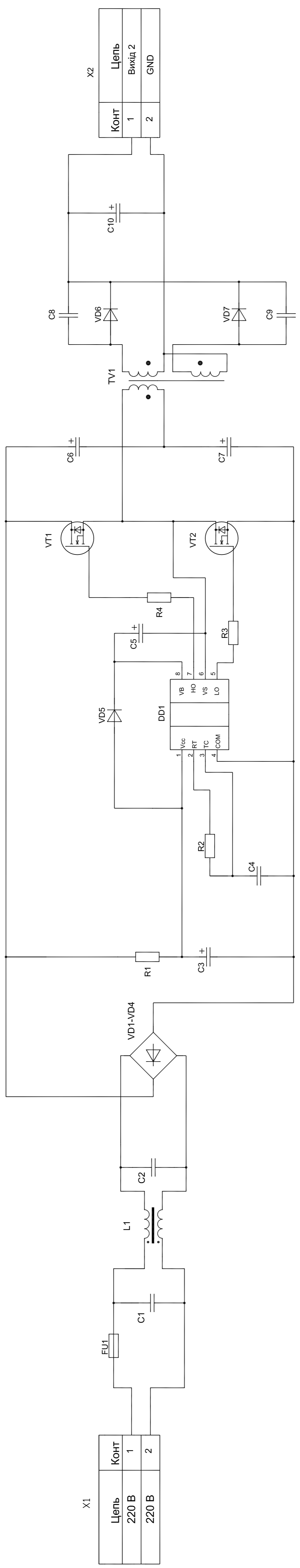
Високо-
вольтний
драйвер

Гальванічна
розв'язка

Вихідний
випрямляч

Вихідний
фільтр

МКР.ЕС.162338.01.000 Е1										
Вид. Акт.	№ документа.	Період.	Дата.	Літера	Маса	Маштаб				
Розробив	Машини А.І.			У			Інвертор напруги мобільних пристроїв			4:1
Керівник	Степанюк О.О.						Схема електрична структурна			
Т.Контр.										
Н.Контр.	Степанюк О.О.									УЖНУ
Затвердив	Заваль Т.М.									ІТФ група ЕС 2 курс магістр



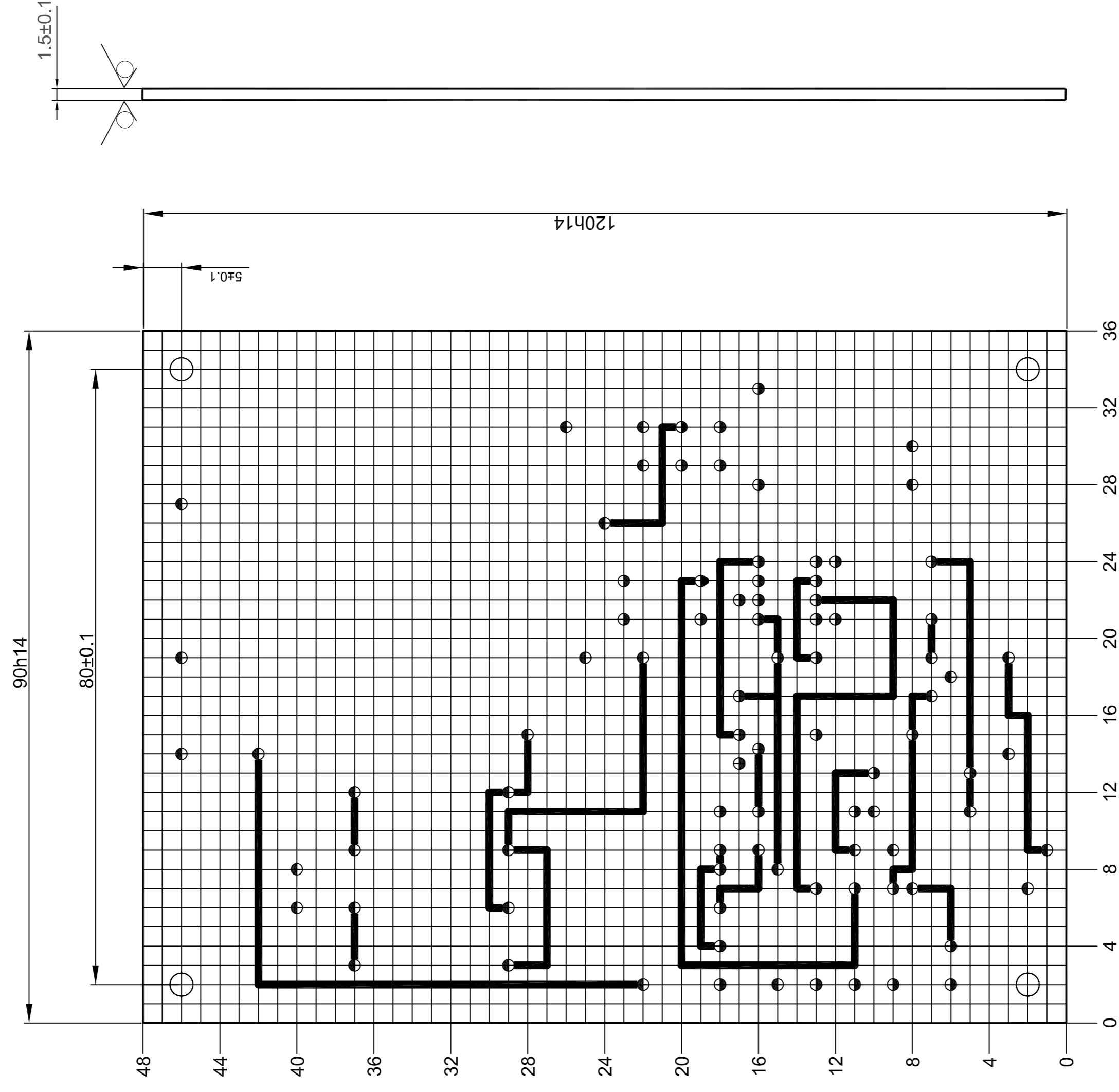
Цепь	Конт
220 В	1
220 В	2

Цепь	Конт
Выход 2	1
GND	2

МКР.ЕС.162338.01.000.Е3	
Вид	Лист
Акт	Масштаб
№ документа	Дата
Разработчик	У
Машинист А.И.	1:1
Корректор	
Специалист С.О.	
Т.Котр.	
И.Котр.	
Специалист С.О.	
Затвердил	
Савель Т.М.	

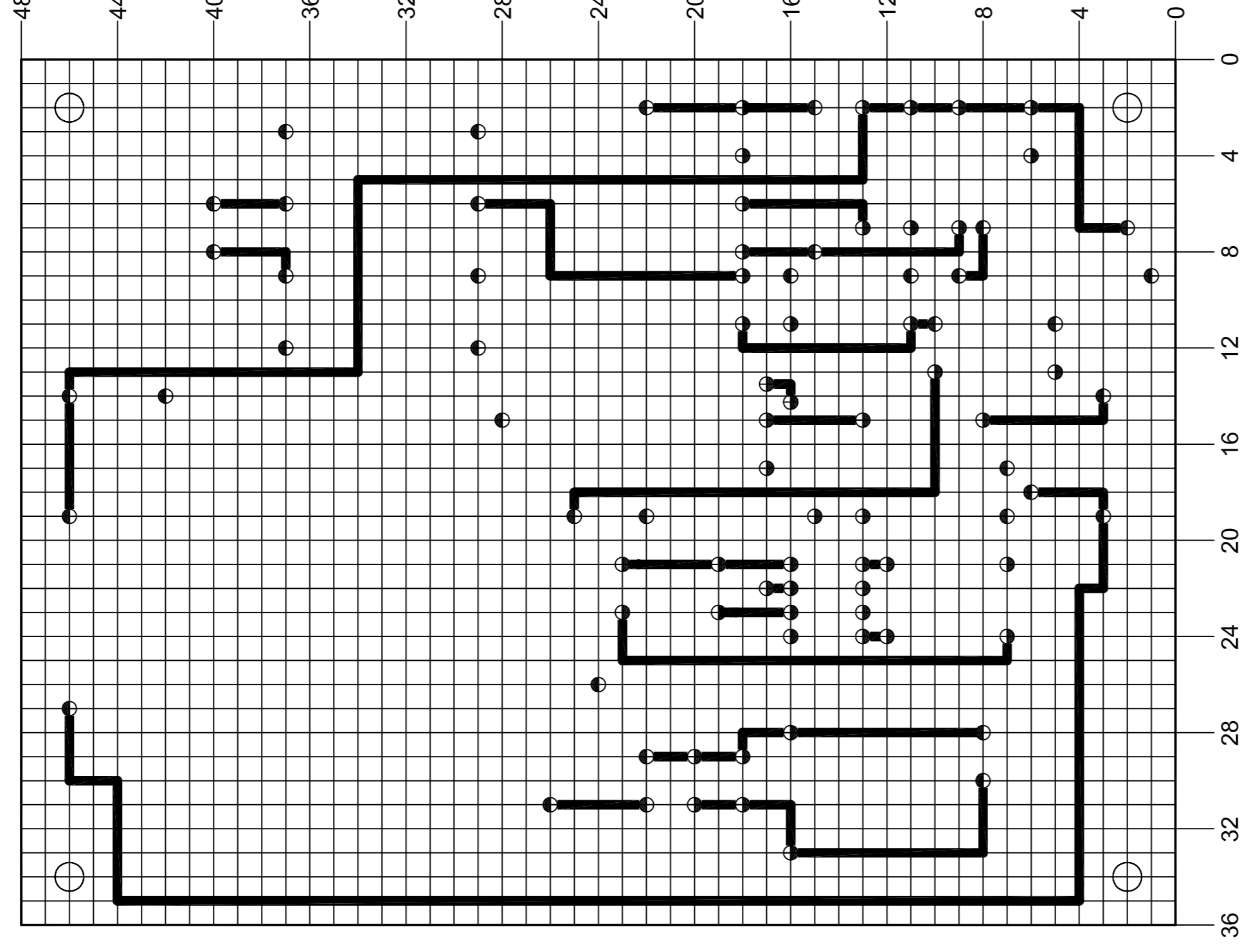
Инертор напруги мобільних пристроїв
 Схема електрична принципова
 УЖНУ
 ІТФ група ЕС
 2 курс магістр

Сторона встановлення елементів



Зворотня сторона плати

Rz $\sqrt{\quad}$ ($\sqrt{\quad}$)



Умовне позначення отворів	Діаметр отворів мм	Наявність металізації в отворах	Діаметр контактної площадки, мм	Кількість отворів
⊕	0.6 ^{+0.1}	метал	1.8	49
⊙	1 ^{+0.1}	метал	2.5	43
○	3.0 ^{+0.1}	не метал	—	4

- 1.Плату виконувати комбінованим методом
- 2.Крок координатної сітки 2.5 мм.
- 3.Конфігурацію провідників витримувати по координатній сітці.
- 4.Провідники що умовно позначені суцільними лініями виконувати шириною не менше 0.25±0.1 і 1.5 мм ±0.1 відповідно
- 5.Провідники покрити сплавом "Розе".
- 6.Плата повинна відповідати ГОСТ23752-79, загальні технічні вимоги згідно OST 4ГО.070.015.

МКР.ЕС.162338.01.001		Літера	Маса	Маштаб
Зм. Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Невергор непряги мобільних пристроїв
Розробив	Майлен А.І.			Друкуюча плата
Керівник	Сисаєв О.О.			Аркуш 1
Т.Контр.				Аркуш 1
Н.Контр.	Сисаєв О.О.			УЖНУ
Затвер.	Васько Т.М.			ІТФ Група ЕС
				2 майстер

Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
	<u>Конденсатори ОЖО.460.172ТУ</u>		
C1, C2	K73-17-630B-0,1 мкФ	2	
C3	K50-35-25B-220 мкФ	1	
C4	K10 – 17 – 330 нФ	1	
C5	K50-35-25B-10 мкФ	1	
C6, C7	K50-35-300B-20 мкФ	2	
C8, C9	K10 – 17 – 470 нФ	2	
C10	K50-35-25B-470 мкФ	1	
	<u>Мікросхеми</u>		
DD1	IR2153	1	
	<u>Запобіжник</u>		
FU1	МЕТ 3.15 А, 250В	1	
	<u>Резистори МЛТ-0,125 ОЖО.467.180ТУ</u>		
R1	МЛТ-2 – 60 кОм±10%	1	
R2	МЛТ-0.125 – 15кОм±10%	1	
R3, R4	МЛТ-0.125 – 20 Ом±10%	2	
	<u>Трансформатор</u>		
TV1	ТПП-242-127/220-50 АФО.470.098 ТУ	1	
	<u>Діоди</u>		
VD1-VD5	КД226Г	5	
VD6, VD7	КД2997	2	
	<u>Транзистори</u>		
VT1, VT2	14NK50Z	2	
	<u>Роз'єми</u>		
X1-X2	SLK-2, 2 pin	2	

МКР.ЕС.162338.001.ПЕЗ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Мацканич А.		12.12.20
Перевірів		Спесивих О.О.		12.12.20
Т/Контр.				
Н/Контр.		Спесивих О.О.		12.12.20
Затвердив		Ваяць Т.М.		12.12.20

Інвертор напруги мобільних пристроїв
Перелік елементів

Літера	Аркуш	Аркушів
У	1	1

УжНУ, ІТФ, група ЕС