

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики і електротехніки

(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій

(повна назва кафедри)

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри



В. М. Рябенський

д.т.н., професор

« 15 » грудня 2025 р.

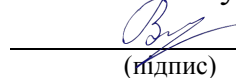
Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Розробка електронної системи керування розрядно-імпульсним пресом для штампування деталей великої поверхні

Виконав: студент 6321М групи



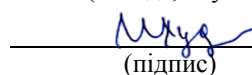
(підпис)

М. О. Варганов

Керівник роботи:

к.п.н., доцент каф. ПЕЕТ

(посада, науковий ступінь, вчене звання)



(підпис)

І. М. Худякова

м. Миколаїв – 2025 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

Кафедра	програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій
Спеціальність	171 «Електроніка»
Освітня програма	Електронні системи

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

В. М. Рябенський

(підпис)

« 09 » жовтня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ на здобуття ступеня вищої освіти «магістр» (освітньо-кваліфікаційний рівень)

Студенту Варганову Миколі Олексійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка електронної системи керування розрядно-імпульсним пресом для штампування деталей великої поверхні
керівник роботи Худякова Ірина Марківна, к.п.н., доцент каф. ПЕЕТ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора №1217 від «14» жовтня 2025 року.

2. Термін подання роботи: 09 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані по роботі:

Сучасні силові імпульсні транзистори IRF та AGBT

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів)

Аналіз сучасного стану розробки систем керування розрядно-імпульсним устаткуванням

Розробка структурної схеми електронної системи

Розробка вузлів електронної системи

Охорона праці

5. Перелік презентаційних матеріалів Мета, актуальність, основні завдання роботи.

Технології розрядно-імпульсної обробки матеріалів, що потребують регульованих режимів введення енергії. Обґрунтування доцільності регульованих режимів енерговведення.

Схема навантаження заготовки під дією підводного електричного розряду. Електрогідроімпульсна технологія деформування матеріалів. Структурна схема системи управління.

Розробка високовольтного зарядного пристрою – ємнісного накопичувача енергії.

Пристрій автоматичного управління комутаторами розрядних кіл електроімпульсної установки.

Розробка мікропроцесорної системи формувача-роздільника імпульсів запалювання розряду.

Висновки.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Тубальцев А.М., доц. каф. екології та природоохоронних технологій		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

(прізвище та ініціали)

Анотація

У кваліфікаційній роботі вирішувалось завдання створення пристрою з підвищеною стабільністю напруги комутації генератора імпульсних струмів. Технічним результатом є підвищення стабільності спрацьовування за рахунок відсутності в керованому контурі наведеного струму.

Виконано аналіз сучасного стану розробки систем керування розрядно-імпульсним устаткуванням. Досвід експлуатації розрядно-імпульсного устаткування свідчить про те, що для підвищення ефективності технологічних процесів необхідно регулювати режими введення енергії в розрядні камери для зміни залежності від часу тиску, який впливає на заготівки.

Розроблена та обґрунтована структурна схема системи управління, що реалізує задані характеристики перехідних процесів в електророзрядних установках, яка має два основних рівня: рівень високовольтової платформи та рівень оператора

Були розроблені вузли електронної системи, а саме:

- високовольтний зарядний пристрій, ємнісного накопичувача енергії;
- електронна підсистема комутації;
- мікропроцесорна система формувача-розподільника імпульсів запалювання розряду.

На основі розроблених ємнісного накопичувача енергії і пристрою автоматичного управління комутаторами розроблено мікропроцесорну систему формувача-розподільника імпульсів запалювання розряду.

Ключові слова: розрядно-імпульсні технології, ємкісний накопичувач, мікропроцесорна система, технологічні процеси, розрядні камери, розрядно-імпульсне устаткування.

Abstract

In the qualification work, the problem of creating a device with increased stability of the switching voltage of a pulsed current generator was solved. The technical result is an increase in the stability of operation due to the absence of induced current in the controlled circuit.

The analysis of the current state of development of control systems for bit-pulse equipment is performed. The experience of operation of discharge-pulse equipment indicates that in order to increase the efficiency of technological processes, it is necessary to adjust the modes of energy input into the discharge chambers to change the dependence on the pressure time that affects the workpieces.

A block diagram of the control system that implements the specified characteristics of transients in electrical discharge installations is developed and Justified, which has two main levels: the level of the high-voltage platform and the operator level

Electronic system components were developed, namely:

- high-voltage charger, capacitive energy storage device;
- electronic switching subsystem;
- microprocessor system of the generator-distributor of Discharge Ignition pulses.

Based on the developed capacitive energy storage device and automatic switch control device, a microprocessor-based system of a generator-distributor of Discharge Ignition pulses has been developed.

Keywords: bit-pulse technologies, capacitive storage, microprocessor system, technological processes, bit Chambers, bit-pulse equipment.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень та термінів..	6
Вступ.....	7
Розділ 1. Аналіз сучасного стану розробки систем керування розрядно-імпульсним устаткуванням	10
1.1. Електрогідроімпульсна обробка тиском. Технологія і устаткування.....	11
1.2. Електронні напівпровідникові системи розрядно-імпульсних технологій	14
Розділ 2. Розробка структурної схеми електронної системи	23
Розділ 3. Розробка вузлів електронної системи	27
3.1. Розробка високовольтного зарядного пристрою, ємнісного накопичувача енергії	31
3.2. Розробка електронної підсистеми комутації	41
3.3. Розробка мікропроцесорної системи формувача-роздільника імпульсів запалювання розряду	47
Розділ 4. Охорона праці	53
4.1. Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, що впливають на спеціалістів при експлуатації, монтажі та випробуваннях електроімпульсного устаткування	54
4.2. Вимоги охорони праці до приміщень.....	55
4.3. Вимоги до спеціалістів.....	58
4.4. Вимоги до організації робочого місця оператора ЕГ преса.....	59
4.5. Заходи з техніки безпеки	60
Висновки	66
Список використаних джерел	67

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

ВД – вибухаючий дротик.

ДВЕЖ – джерело вторинного електроживлення.

ЗП – зарядні пристрої.

ГІС – генератор імпульсних струмів.

РІТ – розрядно-імпульсні технології.

РІТП – розрядно-імпульсний технологічний процес.

ЄНЕ – ємкісний накопичувач енергії.

					171.6321М.КР.ПЗ.Скорочення	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

ВСТУП

Розрядно-імпульсні технології (РІТ) – технології, засновані на використанні ефектів вибухоподібного перетворення електричної енергії в інші її види в момент розряду імпульсу току високої напруги.

Загальновизнана термінологія в області РІТ до теперішнього часу не сформувалася, тому, часто використовуючи «гру» слів, видають давно відоме за найновішу технологію.

Найбільш відомим прикладом використання РІТ може служити система запалювання горючої суміші у двигунах внутрішнього згоряння за допомогою іскри, що виникає між електродами свічки запалювання. Різниця потенціалів на електродах свічки для запалювання іскри досягає 10–30кВ, а минаючий, в момент пробою, струм становить кілька міліампер.

У розрядно-імпульсних технологіях, де переважно використовується механічна енергія, для підвищення ефективності її отримання електроди розміщують в рідкому (конденсованому) середовищі, в якому відбувається розряд імпульсу струму.

Електрогідроімпульсна технологія листового штампування й калібрування

Технологія забезпечує:

- штампування складних по конфігурації деталей з плоских листових і трубчастих заготовок;
- пробивку отворів будь-якої форми в тонколистових деталях на плоских і криволінійних поверхнях, вирубку деталей по контуру. Комбіноване навантаження заготовки високим гідростатичним і імпульсним тиском;
- поєднання декількох штампувальних операцій;
- відновлення розмірів зношених поверхонь трубчастих деталей шляхом роздачі (обтиску) без наступної механічної обробки;

					171.6321М.КР.ПЗ.Вступ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

- калібрування трубчастих деталей, у тому числі зварних оболонок будь-якого діаметру з внутрішнім оребрением;
- локальне деформування великогабаритних деталей.

Переваги технології:

- знижуються витрати на виготовлення штампового оснащення, тому що роль пуансона виконує вода;
- скорочуються технологічні переходи при витяжці деталей конічної, параболічної і сферичної форми;
- забезпечується більш рівномірне стоншення деталі по товщині;
- досягається висока якість поверхні штампування деталей і їх розмірна точність, яка після калібрування відповідає квалітетам від JS 13 до JS 5;
- стабілізуються внутрішні напруження деталі після деформування, зменшується викривлення плоских деталей.

Ефективність технології:

- зменшення капітальних витрат при організації виробництва в 2-5 разів;
- зниження собівартості деталей, які штампуються малими серіями в експериментальному і дослідному виробництві, в 5-10 разів.

Тому метою випускної роботи є розробка електронної системи розрядно-імпульсного пресу для штампування деталей великої поверхні.

					171.6321М.КР.ПЗ.Вступ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

					171.6321М.КР.ПЗ.Р1			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробник		Варганов М. О.			Аналіз сучасного стану розробки систем керування розрядно- імпульсним устаткуванням	Літ.	Арк.	Аркуші
Консультант							9	13
Н. контр.		Добрінова Л. П.				НУК імені адмірала Макарова		
Керівник		Худякова І. М.						
Зав. каф.		Рябенський В. М.						

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РОЗРОБКИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ РОЗРЯДНО-ІМПУЛЬСНИМ УСТАТКУВАННЯМ

Сучасний розрядно-імпульсний технологічний процес (РІТП) характеризується безліччю параметрів, що визначають його основні показники: продуктивність праці, якість кінцевого продукту, витрати енергії, масу і габарити встановленого обладнання, вартість готового продукту і багато інших. Ці параметри залежать не тільки від обраного виду електротехнології, а й значною мірою від параметрів і режимів роботи окремих елементів і блоків технологічного устаткування.

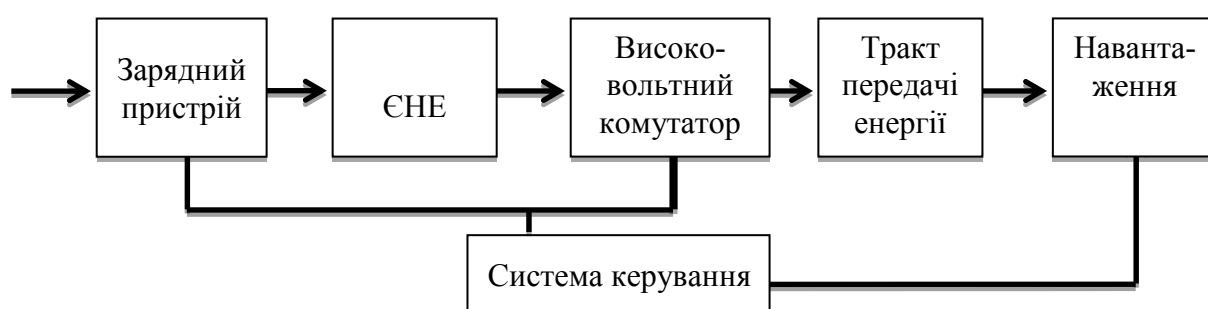


Рисунок 1.1 – Загальна структура ГІС

Найважливішим вузлом, що визначає специфіку РІТП, є електродна система, в якій здійснюється потужний електричний розряд. Залежно від виду технологічного процесу первинна електрична енергія перетворюється в кінцевому вигляді в енергію хімічних зв'язків, механічну, магнітну, теплову, світлову чи іншу.

У сучасних електротехнологічних системах енергія, що отримується від промислової мережі змінного струму, повинна бути перетворена до виду, зручного для споживання (енергія постійного струму з заданими параметрами, імпульсна енергія, енергія змінного струму підвищеної частоти і т.д.). При цьому перетворювач передає чи управляє всією або основною частиною споживаної технологічним процесом електроенергії.

Для розрядного навантаження найчастіше необхідно прикладати напругу, відмінну від напруги мережі. Наприклад, для озонатора необхідна

напруга, що перевищує 10 кВ, для газових лазерів напруга на газорозрядному проміжку може змінюватися від 0,5 до 2 кВ для атомарних лазерів, від одиниць до десятків кіловольт – для молекулярних лазерів і від десятків до сотень вольт – для оптичного накачування твердотільних лазерів і т.д. У зв'язку з цим напругу мережі необхідно перетворювати за величиною. Найбільш простим перетворювачем змінної напруги є трансформатор. Іншими такими пристроями є феромагнітні формувачі імпульсів.

1.1. Електрогідроімпульсна обробка тиском. Технологія і устаткування

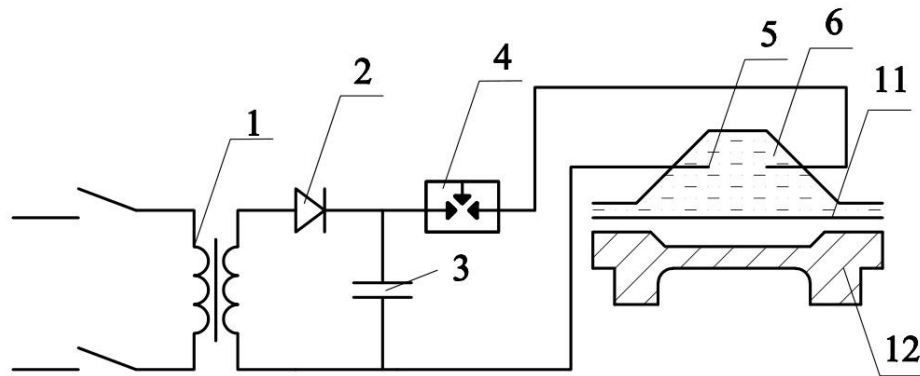
Електрогідроімпульсні процеси засновані на використанні електрогідравлічного ефекту – комплексу явищ, пов'язаних з високовольтним розрядом в рідині. Суть його полягає в наступному. Через підвищуючий трансформатор 1 (рис. 1.2, а) і високовольтний випрямляч 2 в конденсаторній батареї 3 накопичується електрична енергія до заданої величини напруги. Спеціальним комутуючих пристроєм – розрядником 4 – замикається розрядний контур і напруга подається на електроди 5. За дією високої напруги (5-70 кВ), в результаті іонізації неоднорідної рідини 6 виникає канал провідності, по якому протікає імпульсний струм (10-250 кА), розширюючи іонізований канал. Таким чином, енергія в каналі між електродами виділяється за короткий проміжок часу (від десятків до сотень мікросекунд). Температура в каналі розряду досягає декількох десятків тисяч градусів $(1,4-4,0) \times 10^4 \text{K}$.

Стрімке розширення плазмового каналу викликавши в рідині ударні хвилі з тиском на фронті, що досягає біля поверхні каналу величини декількох десятків тисяч атмосфер (10-20) кб, супроводжується світловим випромінюванням, виникненням магнітного поля, пульсацією і переміщенням мас рідини. По суті і характеру прояви – це електричний

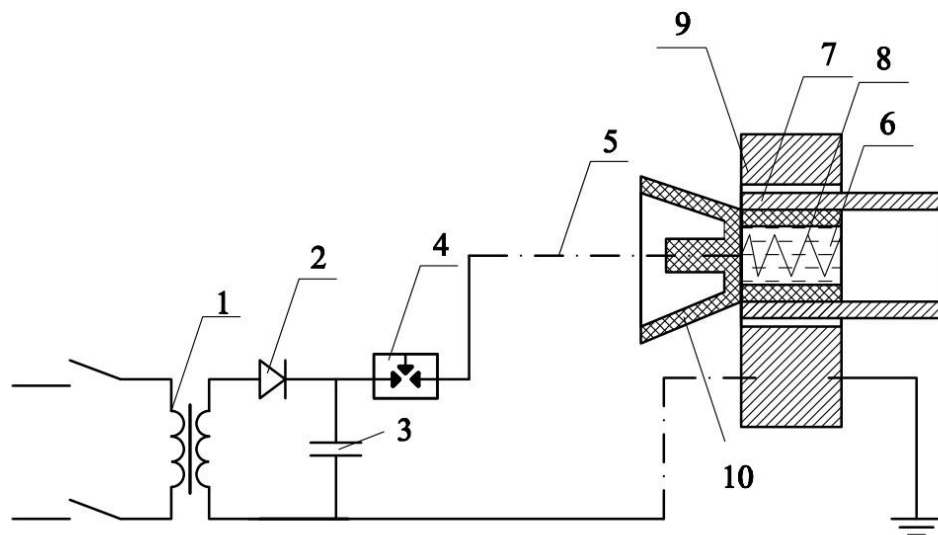
					171.6321М.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

вибух, здатний деформувати різні матеріали заготовок 11, надаючи їм форму матриці 12.

Механічну дію високовольтного розряду в рідині вперше було виявлено в 1767-1769 рр. Г. Лейном та Дж. Прістлі. Неодноразово робилися спроби практичного використання цього фізичного явища, проте до успіху вони не привели.



а)



б)

Рисунок 1.2 – Типова схема ГІС

					171.6321М.КР.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		12

Пропозиції І.В. Федорова в 1932 р. і Л.А. Юткіна в 50-і роки поклали початок інтенсивним дослідженням високовольтного розряду в рідині і гідродинамічних явищах, його супроводжуючих. Чималий внесок у вивчення вибухових процесів внесли Г.І. Покровський, М.А. Лаврентьєв, К.П. Станюкович, Є.І. Ісаченков, В.Н. Чачіна, К.М. Богоявленський, А.А. Дерibas, В.М. Кудина, Г.А. Гулий, І.С. Стекольников, В.С. Комельков, Ф. Боудан, Р. Коул, Д. Райнхард, Д. Пірсон. Було встановлено взаємозв'язок енергетичних параметрів накопичувача енергії (конденсаторної батареї) і характеристик розрядного ланцюга з параметрами гідродинамічних явищ. Досліджувалися питання оптимізації енергетичних параметрів і характеристик розрядного ланцюга стосовно різних технологічних процесів та операцій.

Конструктивні елементи обладнання, між якими відбувається високовольтний розряд в рідині, отримали назву електродів. Відмінності в розташуванні електродів і методах ініціювання пробою між електродного проміжку породили ряд різних способів і пристроїв для ЕГ обробки металів тиском. Найбільш простий варіант конструкції електродної системи призначений для роботи в умовах пробою розрядного проміжку.

Але такий варіант не забезпечує оптимальних умов і стабільності енерговиділення, втрати ж при цьому можуть бути досить значними і досягати 20 і навіть 60%. Для штучного утворення каналу та підвищення ефективності розряду останнім часом широко застосовуються ініціатори - тонкі провідники різної форми, поміщені між електродами. Ініціювання розряду вибухаючим дротиком (ВД) дозволяє звести до мінімуму втрати енергії в період формування пробою і підвищити його ефективність в 1,5-2,0 рази.

Електричний вибух провідника - це сукупність явищ, що виникають при подачі від розряду конденсатора 3 на провідник 8 імпульсу струму досить великої потужності (рис. 1.2, б). При розряді конденсатора на ВД 8 відбувається досить швидке його нагрівання, плавлення, вибухоподібне

					171.6321М.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

випаровування, газокінетичне розширення продуктів вибуху і утворення щільної плазми. Все це породжує в навколишній рідині 6 електровибухового патрона 10 гідродинамічні збурення – джерело імпульсних тисків, діючий на трубу 7 і трубні грати 9.

Рух розбіжного потоку рідини при вибуху дротика у вільному обсязі відбувається до тих пір, поки його кінетична енергія не перейде в потенційну, а тиск в утвореному пазирі не стане значно менше гідростатичного. Під дією цього гідростатичного тиску відбувається зворотний рух рідини, і потенційна енергія знову переходить у кінетичну енергію потоку, що сходиться. При схлопуванні порожнини тиск у ній різко зростає, і далі, залежно від умов електровибуху, механізм процесу може повторюватися у вигляді декількох послідовно затухаючих пульсацій. Практичне значення поряд з ударною хвилею головним чином має лише перша пульсація, основна енергія якої випромінюється у вигляді вторинного імпульсу стиснення. З енергетичної точки зору ударна хвиля несе до 20-25%, а гідропотік до 30-40 % енергії, що виділилася в каналі розряду при ВП.

Оптимальні умови енерговиділення в кожному конкретному випадку забезпечуються вибором відповідних матеріалу, діаметра, довжини ВП і енергетичних параметрів розрядного контуру. Ефективність енерговиділення при цьому обумовлена багатьма факторами: параметрами розрядного контуру (напруга зарядки і ємність конденсаторної батареї С, індуктивність розрядного контуру L); параметрами вибухової проволочки (діаметр, довжина, матеріал, форма); параметрами передавального середовища (щільність, швидкість поширення звуку, хімічний склад).

1.2. Електронні напівпровідникові системи розрядно-імпульсних технологій

Дослідження і розробка високочастотних високовольтних трансформаторів для потужних генераторів імпульсних струмів.

					171.6321М.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

Створення потужних високовольтних високочастотних силових ключів, їх низька вартість, доступність поставки стали найважливішою умовою удосконалення зарядних пристроїв (ЗУ) генераторів імпульсних струмів (ГІС). Зменшення розмірів реактивних елементів і трансформаторів, що визначають обсяг усього перетворювача, досягається збільшенням робочої частоти силових напівпровідникових приладів.

Зарядні пристрої ГІС відрізняються від аналогічних за потужністю джерел вторинного електроживлення (ДВЕЖ), наявністю високовольтного трансформатора у вихідному каскаді. Використання стандартних сердечників на необхідну потужність ЗУ з високою вихідною напругою в ряді випадків являє собою складну задачу через значні ізоляційних відстані і обмеження розмірів вікна магнітопроводу. У цих випадках переходять до блокової структури побудови пристроїв на базі стандартних магнітопроводів. Найбільш перспективним є використання резонансних перетворювачів. Для блокової структури варіанти виконання можуть бути досить різноманітними: однофазними і трифазними, однотактним і двотактними, з послідовним і паралельним резонансним контуром, з використанням паразитних (власних) індуктивностей і ємностей, з фіксованою і регульованою резонансною частотою. Доцільність використання тієї чи іншої структури залежить від технологічних вимог і схеми підключення навантаження.

Перехід на підвищені частоти перетворення в високовольтних ДВЕЖ має свої особливості. Обсяг активних матеріалів скорочується, однак обсяг і маса ізоляції залишаються попередніми або навіть зростають, що часто не дозволяє зменшити розміри і масу трансформатора. Таким чином, підвищення частоти перетворення при великих коефіцієнтах трансформації високовольтного трансформатора не приводить до бажаного зменшення його габаритів. Крім того, ускладнюється облік впливу власної ємності вихідної обмотки високовольтного трансформатора, яка може досягати тисячі пФ.

					171.6321М.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Виходячи з вищесказаного при створенні ЗУ високовольтних ГІС з проміжним перетворенням частоти доцільно використовувати наступний алгоритм:

1. В якості базового варіанту розглядати регульоване ЗУ ГІС з робочою частотою інвертора 20 кГц. Такий підхід дозволяє регулювати частоту перетворення в бік збільшення, що в ряді випадків важливо для забезпечення електромагнітної сумісності ланок високочастотного перетворювача:

- Розробити високовольтні високочастотні випрямлячі – трансформатори на стандартних магнітопроводах з найбільш перспективних матеріалів;

- Розрахувати власні параметри розроблених варіантів високовольтних високочастотних трансформаторів і оцінити можливість використання власних параметрів розроблених випрямлячів – трансформаторів в якості елементів резонансного ланцюга інвертора;

- Розрахувати елементи резонансного ланцюга інвертора з урахуванням власних параметрів трансформатора;

- Оцінити масогабаритні показники різних конструкцій трансформаторів і визначити ефективність блочного і монолітного виконання ЗУ ГІС, оптимальну (за технологічними вимогами і габаритними показниками) структуру ЗУ ГІС, ефективні способи і засоби управління і захисту.

2. Розглянути можливість і перспективність створення регульованого ЗУ з робочою частотою інвертора 40-100 кГц по такому ж алгоритму.

Розроблена методика розрахунку випрямляча - трансформатора, що працює на ємнісне навантаження і складається з високовольтного трансформатора, що підвищує двостержневого, броньового або тороїдального типу і високовольтного випрямляча. Вона дозволяє провести електричний, магнітний, тепловий розрахунок, розрахунок власних параметрів сухих силових трансформаторів, розрахунок випрямних пристроїв.

					171.6321М.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахунок високовольтного високочастотного трансформатора для перетворювальних пристроїв є багатоваріантним завданням, оскільки пристрій повинен задовольняти суперечливим вимогам:

1. Мати мінімальні масу і габарити, які обмежуються знизу мінімально допустимими ізоляційними відстанями між обмотками високовольтного трансформатора і стрижнем магнітопроводу h_0 і між високовольтної та низьковольтної обмотками h_{12} , а також мінімально допустимих товщин сумарною між шаровою і зовнішньої ізоляцій обмоток h_v

$$c_0 > h_y + h_c + h_0$$

$$d_0 > h_0$$

де c_0 d_0 – ширина і висота вікна магнітопроводу відповідно. Як показує досвід, коефіцієнт заповнення вікна магнітопроводу міддю у високовольтних високочастотних трансформаторах не перевищує 0,1.

2. Не перевищувати заданий перегрів (40°C для сухих трансформаторів, що містять елементи ізоляції класу А);

3. Для високочастотних трансформаторів існує обмеження по діаметру обмотувальних проводів, обумовлене наявністю поверхневого ефекту

$$d_p \leq 2\Delta$$

де Δ – глибина проникнення.

3. При варіації режимів роботи перетворювача не виходити за межі лінійної ділянки кривої намагнічування

$$W_1 \leq \frac{1}{I_1} \left(H_{mlc} + \frac{B_m}{\mu_0} \delta_z \right).$$

де величина повітряного зазору δ задається, виходячи з практичного досвіду, не більше 1 мм, що відповідає прийнятним втратам енергії; I_c – довжина середньої лінії магнітопроводу; H_m B_m – максимальні напруженість і індукція.

4. Мати параметри, що дозволяють реалізувати технічні характеристики розроблюваної технологічної установки.

При цьому індуктивність розсіювання трансформатора

					171.6321M.KP.ПЗ.P1	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$L_S = k\mu_0 W_1^2 k_p l_{ssr} \left(\frac{a_{i2} + a_k k_{x1} + \frac{a_1 + a_2}{3 \cdot k}}{h - a_{i1}} \right).$$

де k_p – коефіцієнт Роговського; $k = 2$ для стрижневої конструкції і $k = 1$ для броньованої конструкції;

a_1, a_2 – товщини первинної (ПО) і вторинної (ВО) обмоток; k_x, a_k – кількість і ширина охолоджуючих каналів; a_i – ізоляційні відстані; h – висота обмотки.

Для тороїдальної конструкції приймаємо індуктивність розсіювання рівною нулю, при цьому ємність між магнітопроводом і першим шаром первинної обмотки (ПО): при намотуванні круглим дротом

$$C_1 = \frac{g\epsilon\epsilon_0 d_{pp1} (d_c (0.5kn_c + 1) + 4(a_{i1} + a_k k_x + 0.5d_{pl})) W_{s1}}{4(a_{i1} + a_k k_x + 0.5d_{p1}) - 0.5\pi d_{pp1}},$$

при намотуванні стрічкою

$$C_1 = \frac{\epsilon\epsilon_0 b_1 (d_c (0.5kn_c + 1) + 4(a_{i1} + a_k k_x + 0.5d_{p1}))}{4(a_{i1} + a_k k_x + 0.5d_{p1})}$$

де $\epsilon\epsilon_0$ – еквівалентна діелектрична проникність проміжку між сердечником і ПО; d_{p1}, d_{pp1} – діаметр голого дроту і діаметр проводу з урахуванням ізоляції; d_c, n_c – діаметр стержня магнітопроводу і кількість стрижнів, W_{s1} – число витків в шарі ПО; b_1 – ширина стрічки.

Для тороїдальної конструкції при намотуванні круглим проводом

$$C_1 = \frac{g\epsilon\epsilon_0 d_{pp1} (a_t + b_t + 4(a_{i1} + a_k k_x + 0.5d_{pl})) W_{s1}}{4(a_{i1} + a_k k_x + 0.5d_{p1}) - 0.5\pi d_{pp1}}$$

при намотуванні стрічкою

$$C_1 = \frac{4\epsilon\epsilon_0 d_{pp1} (a_t + b_t + 4(a_{i1} + a_k k_x + 0.5d_{pl})) W_{s1}}{4(a_{i1} + a_k k_x + 0.5d_{p1}) - 0.5\pi d_{pp1}}$$

де a_t, b_t – розміри тора.

При намотуванні круглим дротом для усіх варіантів конструкцій ємність ПО

$$C_{21} = \frac{2\varepsilon\varepsilon_0 d_{pp1} W_{s1} l_{sr1}}{\left(\frac{4(a_1 + a_k n_{k1})}{N_{s1} - 1} - 0.5\pi d_{p1} \right) (N_{s1} - 1)}$$

При намотуванні стрічкою

$$C_{21} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 b_1 l_{sr1}}{a_1 + a_k n_{k1}}$$

Ємність вторинної обмотки (ВО), наведена до висновків обмотки, обчислюється аналогічно. Ємність між ПЗ і ВО (для всіх варіантів конструкцій)

$$C_3 = \frac{4\varepsilon\varepsilon_0 r_{sr} W_{ssr} l_{ssr}}{4(a_{i2} + a_k k_{x1}) - \pi r_{sr}}$$

де r_{sr} – середній радіус голого дроту суміжних обмоток; W_{ssr} – середнє число витків в шарах ПО і ВО; l_{ssr} – середня лінія витка суміжних обмоток; k_{x1} – коефіцієнт, що враховує наявність охолоджуючого каналу між ПЗ і ВО.

Еквівалентна ємність трансформатора

$$C_0 = \frac{\frac{C_1 + C_{21} + C_{22} W_2^2}{W_1^2 + C_3 (W_2 - W_1)^2}}{W_1^2}$$

Резонансна частота трансформатора, Гц

$$f_{rez} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_s C_0}}$$

Резонансні частоти трансформаторів тороїдальних конструкцій лежать в мегагерцовому діапазоні. Якщо робоча частота трансформатора близька до цього діапазону, то індуктивність розсіювання тороїдальної конструкції (і резонансну частоту) слід розраховувати за методом середніх геометричних відстаней.

II. Методика розрахунку реактивних елементів резонансного контуру інвертора призначена для визначення параметрів і конструкційного розрахунку додаткових реактивних елементів, які слід вводити в резонансний контур інвертора для забезпечення рівності робочої частоти інвертора і частоти резонансного контуру, з урахуванням власних параметрів трансформатора.

					171.6321М.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Вихідними даними при цьому є: потужність випрямляча, випрямлена напруга, напруга живильної мережі, робоча частота інвертора, схема високовольного випрямляча, допустиме перевищення температури, параметри магнітопроводу (магнітні і геометричні).

За створеним методикам були розраховані варіанти виконання ЗУ ГІС у вигляді блоків на 2,5 кВт, 5 кВ та монолітні ЗУ 5 кВт, 5 кВ. В якості магнітопроводів трансформатора і дроселя інвертора були обрані ферити 3000 НМС типу ПК і тороїдальні магнітопроводи з магнітного матеріалу нового покоління VITROPERM. Для останнього випадку були проведені розрахунки ЗУ ГІС з проміжним перетворенням частоти 20 і 100 кГц. На магнітопроводі типу ПК розраховувалися трансформатори двох стержневій і броньової конструкції при частоті перетворення 20 кГц.

Аналіз отриманих результатів показує :

– Маса активних матеріалів ЗУ блокового виконання при двох стержневій конструкції високовольного високочастотного трансформатора на 22 %, при броньової конструкції на 21 % більше в порівнянні з ЗУ монолітного виконання при тому ж типі трансформатора, а втрати в активних матеріалах більше на 5 %;

– Маса активних матеріалів ЗУ при тороїдальній конструкції високовольного високочастотного трансформатора на 56 % менше, а втрати в активних матеріалах на 76 % менше в порівнянні з ЗУ монолітного виконання при броньовий конструкції трансформатора.

Таким чином, очевидна перевага ЗУ ГІС на базі тороїдальних трансформаторів, магнітопровід яких виконаний з матеріалу VITROPERM за габаритними показниками і ККД. Однак, вартість таких магнітопроводів значно більше вартості феритових магнітопроводів. Виходячи з того, що маса активних матеріалів ЗУ в 7 разів менше маси одного накопичувального конденсатора, то економічно недоцільно застосування трансформатора такого типу при частоті перетворення 20 кГц в даному ГІС. Найбільш

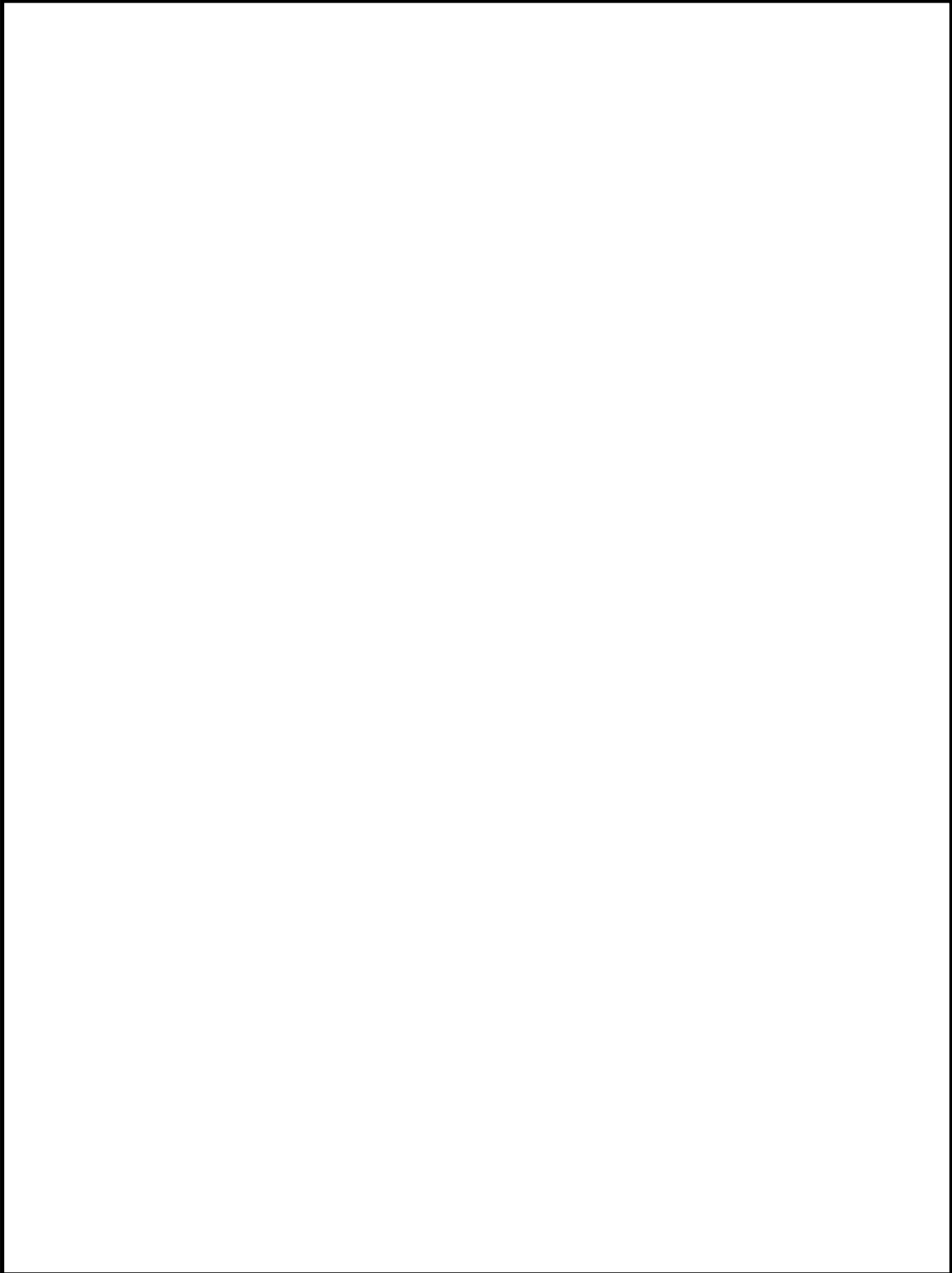
					171.6321М.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

доцільною представляється блокова конструкція ЗУ з трансформаторами броньового типу.

Висновок

В ході першого розділу був проаналізований сучасний стан розробки систем керування розрядно-імпульсним устаткуванням. Досвід експлуатації розрядно-імпульсного устаткування свідчить про те, що для підвищення ефективності технологічних процесів необхідно регулювати режими введення енергії в розрядні камери для зміни залежності від часу тиску, який впливає на заготівки.

					171.6321М.КР.ПЗ.Р1	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



					171.6321М.КР.ПЗ.Р2			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробник		Варганов М. О.			Розробка структурної схеми електронної системи	Літ.	Арк.	Аркуші
Консультант							22	4
Н. контр.		Добрінова Л. П.				НУК імені адмірала Макарова		
Керівник		Худякова І. М.						
Зав. каф.		Рябенський В. М.						

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ

Особливістю імпульсних джерел енергії РІУ є наявність в їх складі високовольтних ланцюгів. Практика показала, що в цьому випадку надійністю, гнучкістю і функціональною простотою володіють дворівневі системи управління. Згідно з таким підходом на пульті управління установкою розташовується центральна ЕОМ. Останнє (периферійне) обладнання знаходиться на високовольтній платформі, здійснюючи управління і контроль вихідних параметрів різних функціональних пристроїв ПЕ. Інформація між центральним і периферійними пристроями передається по гальванічно розв'язаним цифровим лініям, в тому числі і волоконно-оптичних лініях зв'язку, які мають електричну міцність до $100 \text{ кВ} \cdot \text{м}^{-1}$.

Розробка ефективних систем управління технологічними РІУ стала можливою, завдяки створенню мікроконтролерів та інтегрованих мікропроцесорів з високою швидкодією, великою оперативною пам'яттю, розгалуженої периферією. Разом з тим, велике різноманіття схемотехнічних принципів створення ПЕ і широкий діапазон параметрів їх роботи стримують швидке підвищення технічного рівня систем управління на базі мікропроцесорної техніки, оскільки її розробка окупається при серійному виготовленні продукції. Аналіз показує, що для вирішення цієї проблеми необхідно широке використання методів автоматизованого проектування розрядно-імпульсних систем з використанням принципу декомпозиції. Його суть полягає у виявленні функціональних пристроїв одного призначення (класу) в розрядно-імпульсних установках різного застосування і подальшої розробки уніфікованих систем управління цими пристроями. При такому підході уніфіковані системи управління однотипними функціональними пристроями інтегруються в дворівневі мікропроцесорні системи управління РВП на рівні підсистем з урахуванням взаємозв'язків між ними.

Високовольтне обладнання для розрядно-імпульсних технологій має широкий спектр технічних характеристик. Воно реалізується із

					171.6321М.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

застосуванням імпульсних джерел, які засновані на різних принципах дії і мають різні параметри. Разом з тим, у складі обладнання розрядно-імпульсних установок використовуються однотипні функціональні вузли, до яких, наприклад, можна віднести:

- Генератори імпульсів заданої форми і тривалості;
- Блоки вимірювання значень фізичних величин, цифрової обробки сигналів і прийняття рішень;
- Блоки синхронізації багатоканальних установок;
- Формувачі-розподільники імпульсів;
- Високовольтні блоки зарядки ємнісних накопичувачів енергії.

В даний час з огляду широкого діапазону характеристик серійних РВП їхні типові блоки проектується у вигляді уніфікованих рядів. Відповідно цьому важливе значення набуває і уніфікація систем цифрового управління РВП. Причому, найбільш ефективною слід вважати реалізацію єдиної системи управління для кожного параметричного ряду типового вузла обладнання. Для цього, як правило, система управління повинна бути гнучкою та замовною. Ці якості можуть бути забезпечені створенням комп'ютеризованих дворівневих систем (рис. 2.1).

Так, на першому рівні (рівень високовольтної платформи) управління типовим блоком здійснюється на основі мікроконтролерів (однокристальних ЕОМ). Основними завданнями систем керування першого рівня для кожного типового пристрою є: формування імпульсів напруги по каналах керування із заданою частотою проходження, вимір і аналіз характеристик пристроїв визначають їх нормальну роботу, стабілізацію значень характеристик пристроїв на заданому рівні, прийом керуючих сигналів від підсистеми більш високого рівня.

На другому, системному рівні управління (рівень низької напруги або рівень оператора) реалізується взаємодія між блоками установок в рамках єдиного технологічного процесу з використанням персонального комп'ютера в інтерактивному режимі діалогу «людина – ЕОМ».

					171.6321М.КР.ПЗ.Р2	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

Нижче представлені уніфіковані функціональні вузли систем керування першого рівня на базі PIC-мікроконтролерів компанії Microchip для типових пристроїв розрядно-імпульсних установок.

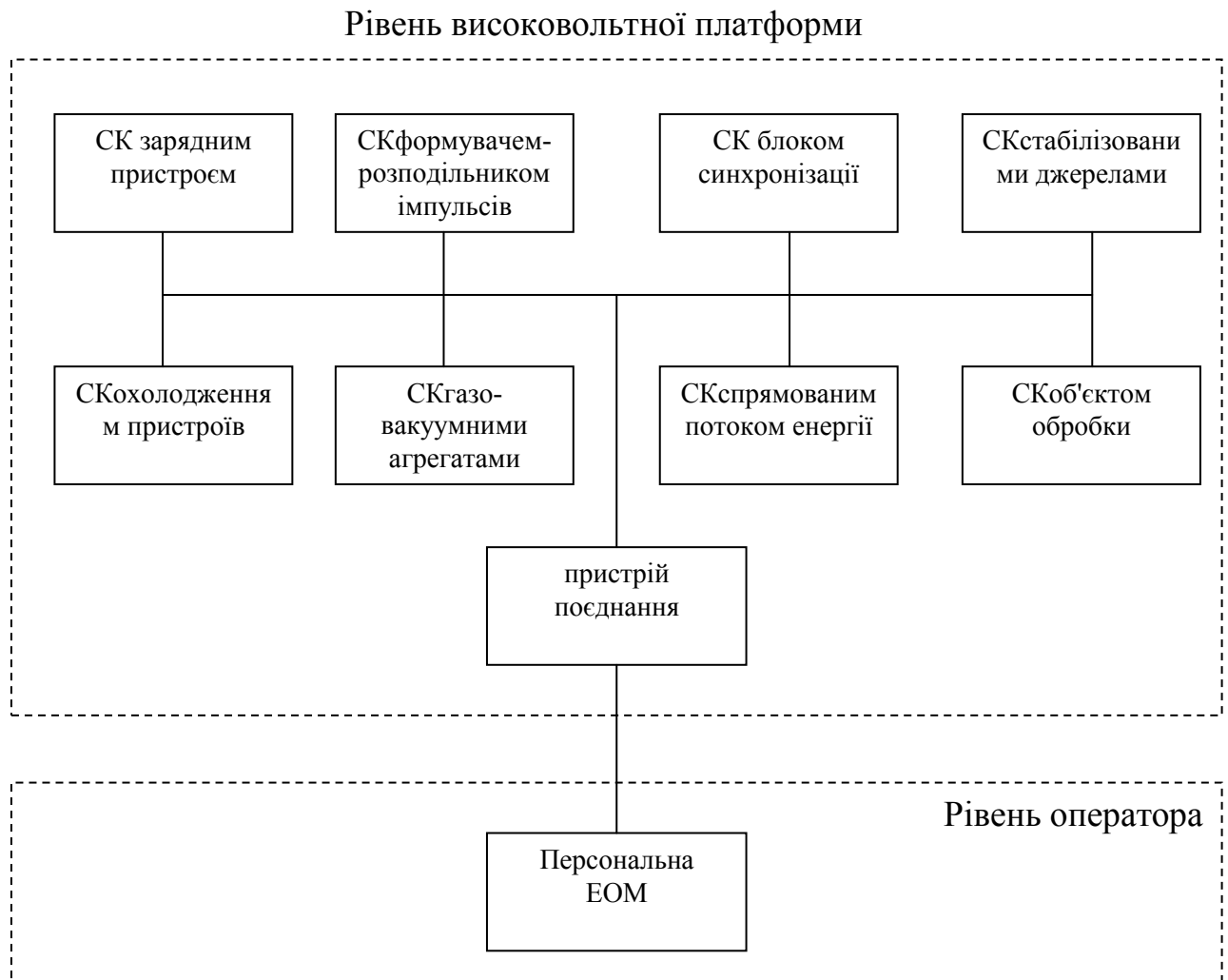
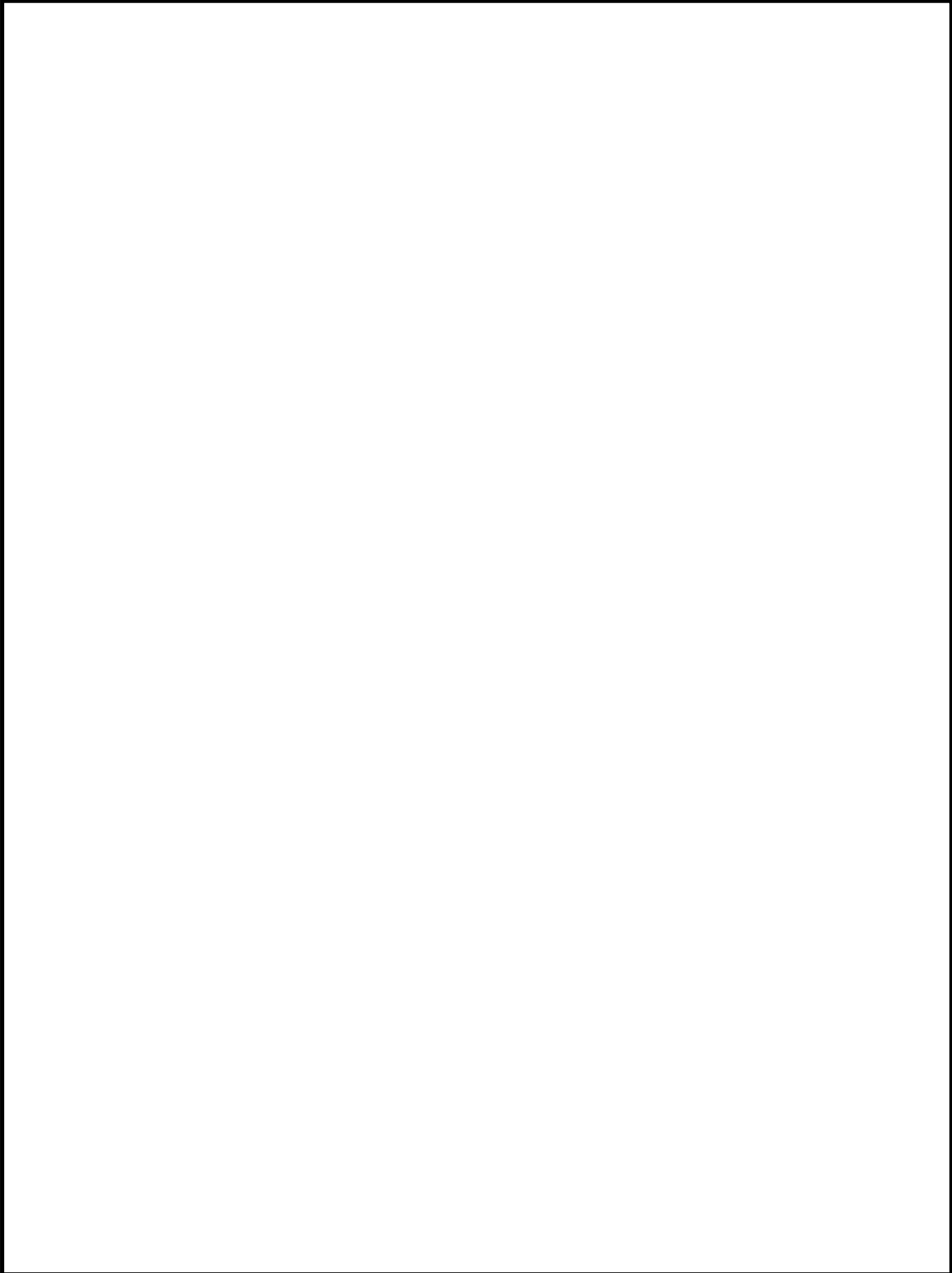


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи управління, що реалізує задані характеристики перехідних процесів в електророзрядних установках

Висновок

Розроблена та обґрунтована структурна схема системи управління, що реалізує задані характеристики перехідних процесів в електророзрядних установках, яка має два основних рівня: рівень високовольтної платформи та рівень оператора.



					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробник		Варганов М. О.			Розробка вузлів електронної системи	Літ.	Арк.	Аркуші
Консультант							26	26
Н. контр.		Добрінова Л. П.				НУК імені адмірала Макарова		
Керівник		Худякова І. М.						
Зав. каф.		Рябенський В. М.						

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ВУЗЛІВ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ

Відомий генератор імпульсних струмів, який являє собою батарею паралельно заряджених конденсаторів. Число, напруга і ємність конденсатора визначають енергію генератора. Енергія в батареї накопичується за рахунок заряду конденсаторів у відносно тривалий інтервал часу від спеціального джерела напруги (зарядного пристрою) і виділяється у відносно короткий проміжок часу в навантаженні. Спеціальний комутуючий пристрій – керований трьохелектродний розрядник (трігатрон) – залежно від навантаження батареї в процесі її заряду з'єднує батареї і навантаження в потрібний момент часу. Генератор імпульсних струмів включає в себе також систему провідників, що з'єднують окремі конденсатори в батарею з комутуючих пристроєм, а комутуючі пристрій з навантаженням.

Недоліком такого пристрою є нестабільність роботи комутуючого пристрою – трігатронів. Особливо це проявляється при багаторазовій комутації. Великі імпульсні струми, що протікають через трігатрон, викликають ерозію електродів, яка супроводжується зміною їх форми і стану поверхні, а також забрудненням газового середовища і, відповідно, поверхні ізоляції. Це, в свою чергу, зумовлює зміну електричних властивостей трігатрон: зменшуються статична розрядна напруга і електрична міцність ізоляційної конструкції, особливо ізоляції між ініціюючим і основним електродами. У підсумку погіршуються вольт-секундні характеристики трігатрону. Навіть можливо мимовільне спрацювання комутуючого пристрою (самохід).

Найбільш близьким за технічною сутністю до заявленого пристрою є, вибраний як прототип, генератор імпульсних струмів [2], що містить батарею конденсаторів, комутуючий пристрій – двохелектродний розрядник і імпульсний трансформатор, первинна обмотка якого підключена до додаткового конденсатору через керований комутатор (трігатрон або тиратрон), а вторинна обмотка включена в розрядний контур, куди включені

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

також батарея конденсаторів, двохелектродний розрядник і навантаження. Батарея конденсаторів і додатковий конденсатор підключені через резистори до зарядного пристрою.

При подачі на первинну обмотку трансформатора високовольтного імпульсу на другий обмотці з'являється високовольтний імпульс, що забезпечує спрацьовування прямим перенапруженням основного комутуючого пристрою – двохелектродного розрядника. Основною перевагою такого пристрою є те, що індукований імпульс співмірний зі статичною розрядною напругою двохелектродного розрядника і забезпечує в широкому діапазоні вимір основної напруги без регулювання відстані між електродами. Така перевага забезпечує стабільність роботи основного комутуючого пристрою – двохелектродного розрядника, не велика його залежність від ступеня ерозії його електродів і забруднення поверхні ізоляції. Тим більше, в двоелектродному розряднику вплив ізоляції через конструктивну простоту значно менше, ніж в трігatronах.

Однак у відомому пристрої на стабільність його роботи впливає керований комутатор контуру первинної обмотки трансформатора. Дійсно, цей ланцюг має значно меншу енергоємність, ніж основний розрядний контур генератора імпульсних струмів, тобто знос електродів керованого розрядника і забруднення його ізоляції повинні бути мінімальними. Відповідно, очікуваний вплив керованого комутатора на стабільність спрацьовування генератора імпульсних струмів передбачувався незначним. Але, через трансформаторний зв'язок, частина енергії основного розрядного контуру генератора імпульсних струмів, при його спрацьовуванні передається в коло первинної обмотки трансформатора, так як керований комутатор цього кола не встигає відновити електричну міцність. Природно, величина наведеного струму і його тривалість значно вище власного керуючого струму. У підсумку знос і забруднення керованого комутатора

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

різко зростають, що приводить надалі до нестабільної роботи генератора імпульсних струмів.

В дипломній роботі вирішувалось завдання створення пристрою з підвищеною стабільністю напруги комутації генератора імпульсних струмів. Технічним результатом є підвищення стабільності спрацьовування за рахунок відсутності в керованому контурі наведеного струму.

Зазначений технічний результат досягається тим, що генератор імпульсних струмів, що містить зарядний пристрій, підключений до розрядного контуру, що складається з батареї конденсаторів, навантаження, двох розрядного розрядника, містить спіральний генератор з двох обклашок, з'єднаних між собою керованим комутатором, причому одна обкладка спірального генератора включена в розрядний контур, а інша підключена до зарядного пристрою.

Запуск генератора імпульсних струмів здійснюється за допомогою керованого комутатора (трігатрон або тиратрон), включеного між обкладинками спірального генератора. Тут струм в керованому комутаторі визначається тільки енергоємністю спірального генератора, яка незначна. У заявленому пристрої також є трансформаторний зв'язок між обкладинками спірального генератора. Однак, на розподіл струмів він абсолютно не впливає, тому що керований комутатор включений між обкладинками. І обкладки, де наводиться трансформаторна ерс, не утворюють замкнутого ланцюга з керованим комутатором. Таким чином, протягом тривалої експлуатації зберігаються стабільними характеристики керованого комутатора і відповідно висока стабільність спрацьовування генератора імпульсних струмів.

На рис. 3.1 представлена електрична схема пропонованого пристрою, яка містить зарядний пристрій 1, батарею конденсаторів 2, комутуючий двохелектродний розрядник 3, навантаження 4, що містить обкладки 7, 8 спіральний генератор 6 з керованим комутатором 9. Батарея конденсаторів 2 і

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

спіральний генератор 6 через зарядні резистори 5 і 10 відповідно підключені до зарядного пристрою 1. При цьому спіральний генератор 6 приєднаний до зарядного пристрою 1 обкладкою 8 (на рис. 3.1 обкладка 8 представлена пунктирною лінією). Обкладка 7 (на рис. 3.1 обкладка 7 представлена суцільною лінією) спірального генератора 6 включена в розрядний контур генератора імпульсних струмів, що складається з батареї конденсаторів 2, двохелектродного розрядника 3, навантаження 4, шляхом підключення одного її кінця до запобіжника 3, а іншого кінця до навантаження 4. Керований комутатор 9 (трігатрон або тиратрон) включений між обкладками 7 і 8 спірального генератора 6 для його комутації.

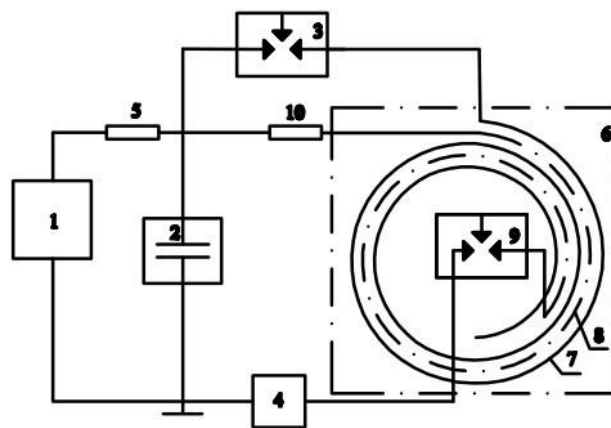


Рисунок 3.1 – Електрична схема генератора імпульсних струмів

Генератор імпульсних струмів працює таким чином: при включенні зарядного пристрою 1 батарея конденсаторів 2 через зарядний резистор 5, спіральний генератор 6, через зарядний резистор 10 заряджається до необхідного рівня напруги. Потім при подачі ініціюючого імпульсу в момент часу, коли рівень напруги досягне необхідного рівня, на керуючий електрод комутатора 9 (на рис. 3.1 керуючий електрод комутатора 9 показаний стрілкою), комутатор спрацьовує і спіральний генератор 6 генерує високовольтний імпульс. Цей імпульс за допомогою обкладки 7 спірального генератора 6 вводиться в розрядний контур генератора імпульсних струмів і

через навантаження 4, ємність батареї конденсаторів 2 подається на електроди двохелектродного розрядника 3. В результаті за рахунок прямої перенапруги двохелектродний розрядник 3 спрацьовує. Далі через двохелектродний розрядник 3 і обкладку 7 спірального генератора 6 батарея конденсаторів 2 розряджається на навантаження 4, виконуючи необхідну технологічну операцію. Підвищена стабільність спрацьовування заявленого пристрою забезпечується стабільною роботою обох комутаторів : двохелектродного розрядника 3 і керованого комутатора 9.

Для сталого спрацьовування двохелектродного розрядника 3 необхідно, як і в прототипі, щоб індукований імпульс від спірального генератора 6 був співмірний з розрядною напругою двох розрядного розрядника 9. А тривала стабільність спрацьовування керованого комутатора 9 (на відміну від прототипу) забезпечується відсутністю у керованого ланцюга наведеного струму. Тут власний струм незначний, тому що він визначається тільки енергоємністю спірального генератора.

3.1. Розробка високовольтного зарядного пристрою, ємнісного накопичувача енергії

Мережевий імпульсний блок живлення

Перш ніж приступити до опису самого імпульсного блоку живлення, варто нагадати трохи теорії.

Перш за все, згадаємо, що таке польовий транзистор виконаний за технологією MOSFET.

Транзистор має СТОК, ІСТОК та ЗАТВОР. Оскільки транзистор з ізольованим затвором, то активним опором між затвором і витоком можна знехтувати, а на ємність затвора варто звернути особливу увагу.

Оскільки частота перетворення досить висока, а потужні MOSFET транзистори мають досить велику ємність затвора, то й на зарядку-розрядку

					171.6321M.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

цієї ємності потрібно досить великий струм. Для більшої наочності розглянемо рис. 3.2.

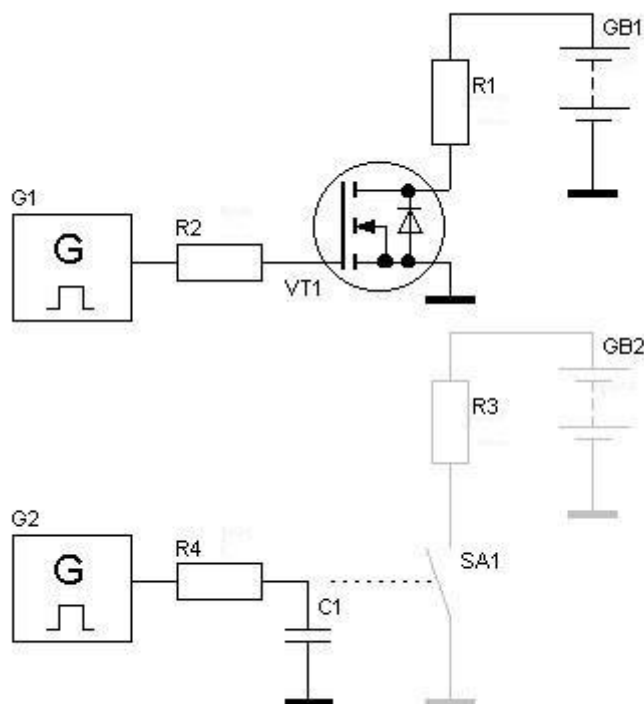


Рисунок 3.2 – Схема формування імпульсів ГІС

Генератор G1 генерує прямокутні імпульси з амплітудою від нуля до 15 В і однаковою тривалістю імпульсу і паузи. Частота порядку 70 кГц. В якості транзистора VT1 візьмемо транзистор IRF740 (максимальний комутований струм 10А), ємність затвора якого дорівнює 1600 пФ. За спрощеною схемою у нас виходить генератор навантажений на конденсатор ємністю 1600 пФ через резистор 10 Ом.

При встановленні щупів осцилографа на виводи резистора R4 ми побачимо осцилограму, наведену на рис 3.3.

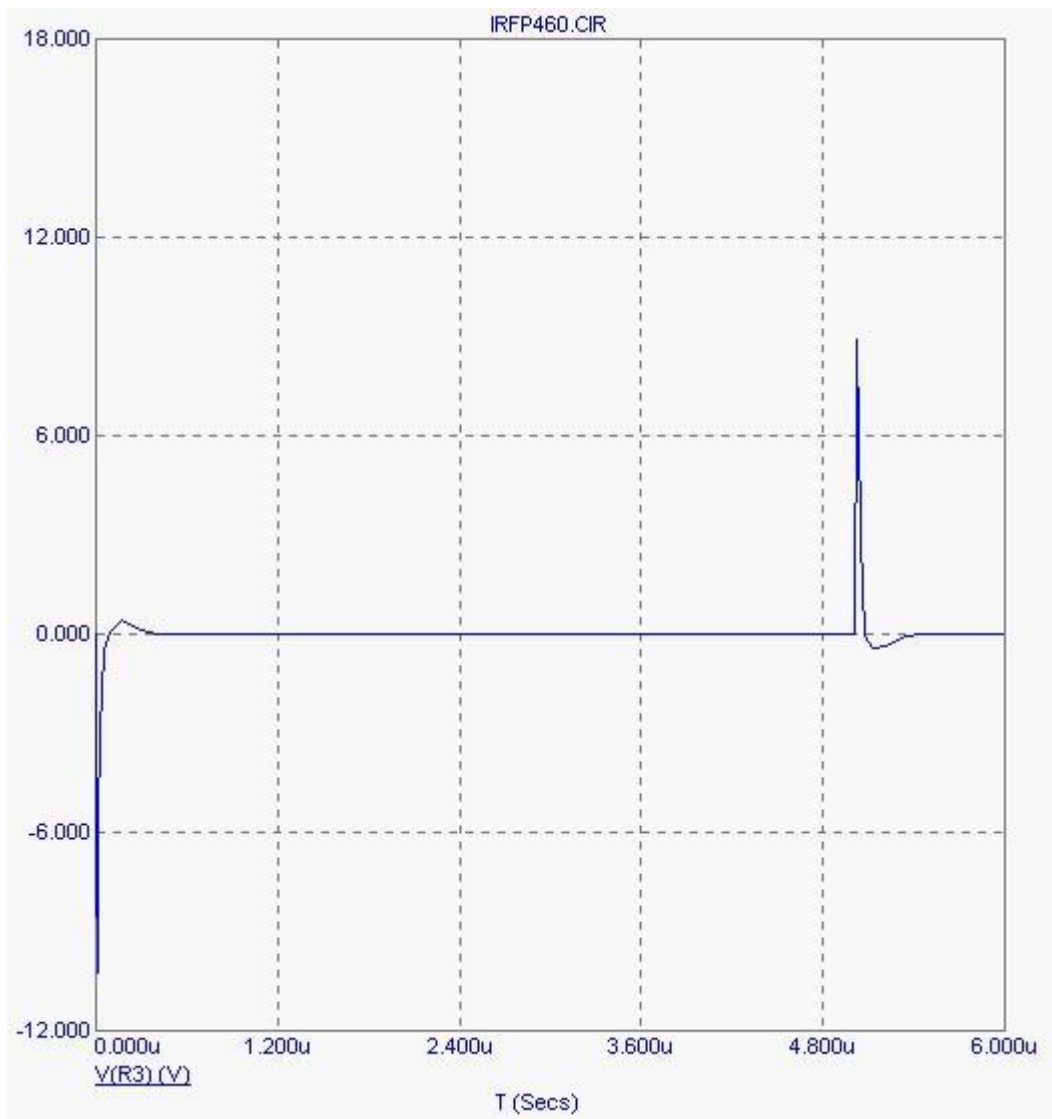


Рисунок 3.3 – Імпульси генератора імпульсних струмів

Виходячи з побаченого падіння напруги на резисторі опором 10 Ом можна легко розрахувати струм, що протікає через нього $I = U / R = 10,3 \text{ В} / 10 = 1,03 \text{ А}$. Однак тривалість миттєвого значення струму триває всього 50 нс. Тепер використовуємо більш потужний транзистор IRFP460 (максимальний комутований струм 20А) з ємністю затвора 4200 пкФ. Амплітуда падаючої напруги збільшилася до 12 В (струм 1,2 А), а тривалість зросла до 140 нс (рис. 3.4).

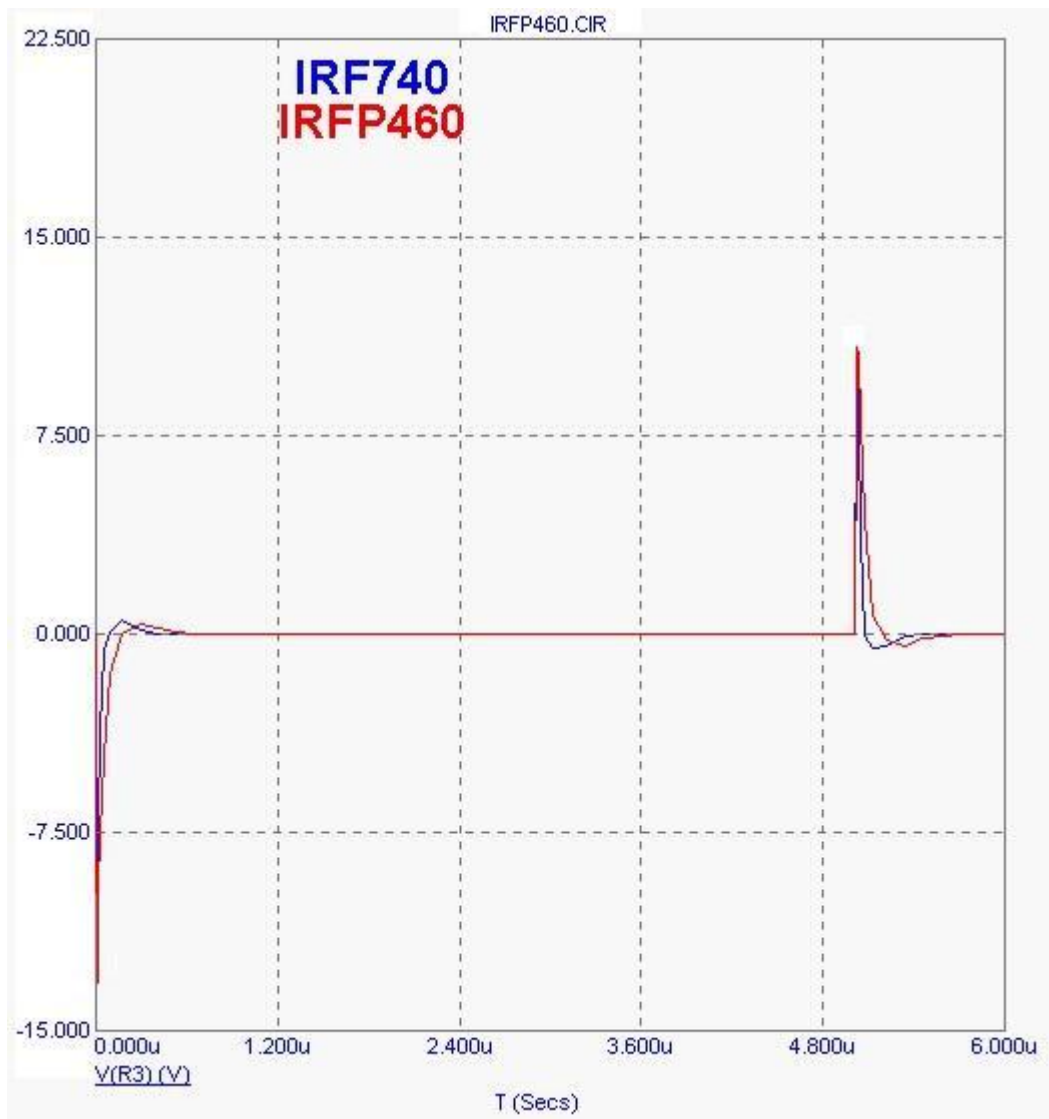


Рисунок 3.4 – Імпульси ГІС

Транзистор IRFPS43N50K (максимальний комутований струм 47 А) з ємністю затвора 8300 пФ. Амплітуда миттєвого струму через резистор вже не змінилася, оскільки обмежена резистором, а тривалість збільшилася на 270 нс (рис. 3.5).

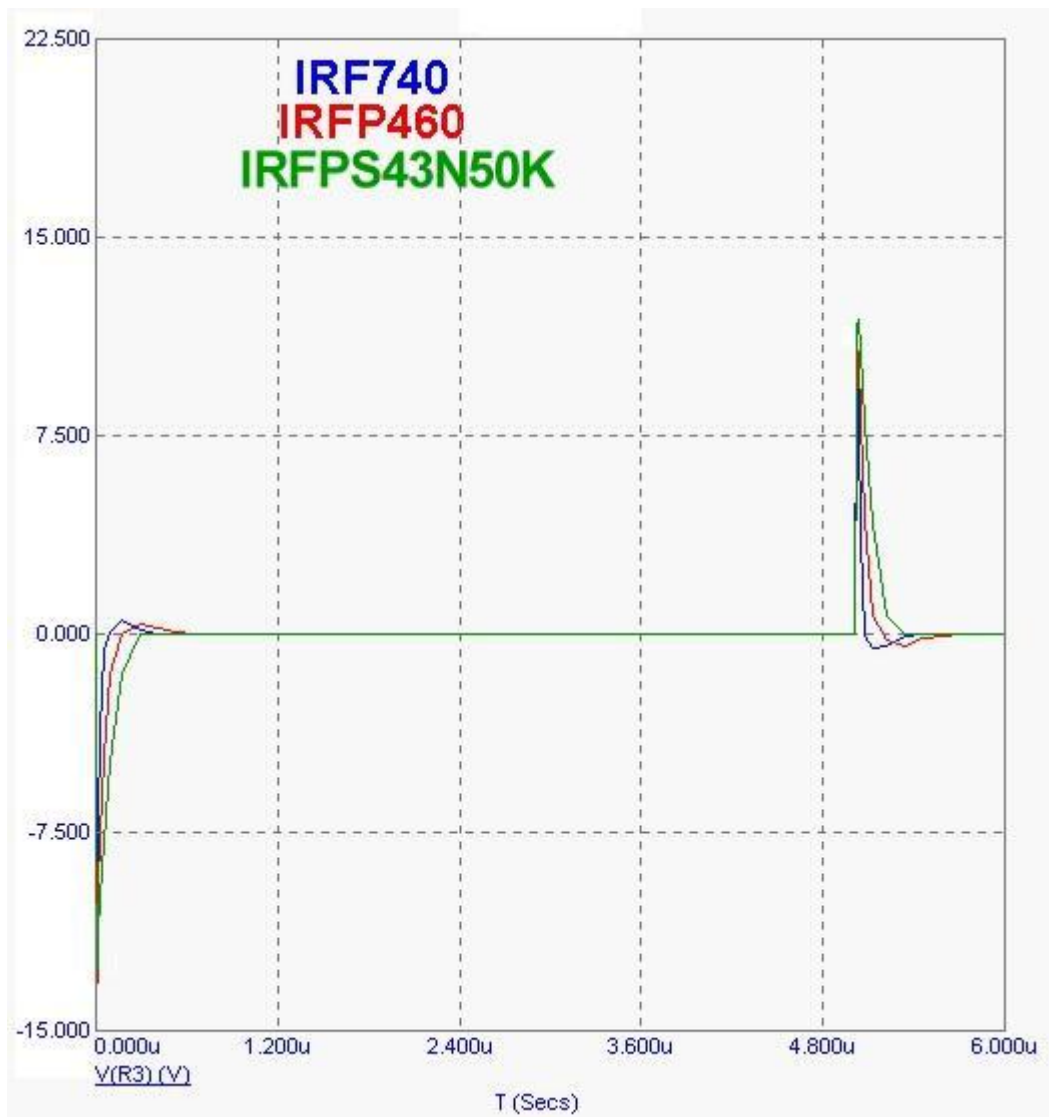


Рисунок 3.5 – Імпульси ГІС для транзистора IRFP

Відкриваємо даташит на мікросхему драйвера IR2110 і бачимо, що вихідний каскад цієї мікросхеми здатний комутувати струм до 2 А. Проте, якщо подивитися на графік залежності вихідного струму від температури кристала, то при температурі кристала у 100 град, максимальний комутований струм рівний 1,5 А.

Для надійної роботи пристрою необхідно щоб номінальний струм драйвера був обраний з урахуванням того, що із збільшенням температури його величина зменшується.

Отже, необхідно обмежити вихідний струм кінцевих каскадів драйвера на рівні 1 А.

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Найпростішим способом є збільшення опору резистора у контурі затвора.

Наприклад, збільшимо його в два рази, точніше використаємо стандартний номінал в 22 Ом. Тепер струм, який протікає через резистор, для транзистора IRF740 буде дорівнювати 0,55 А, для IRFP460 миттєве значення струму через затвор складе 0,6 А, для IRFPS43N50K так само буде потрібно 0,6 А. Однак тривалість викликаного струму для IRFP460 збільшилася до 290, а для IRFPS43N50K до 700 нс, а це природно веде до збільшення часу знаходження силового транзистора в лінійному режимі, що спричиняє збільшення температури кристала, а отже збільшує необхідну площу радіаторів. Для короткої довідки візьмемо пів-мостовий перетворювач. При протіканні через силовий транзистор струм у 10 А та миттєві значення потужності, яка розсіюється кристалом та знаходиться в лінійному режимі, можна розрахувати наступним чином : 310 В живлення, схема пів-мостова, отже через транзистор протікає лише половина напруги живлення, 155 В. З урахуванням падінь напруги в самий останній момент, перед повним закриттям, та у початковий момент під час відкриття миттєве значення потужності, що розсіюється буде дорівнює $150 \text{ В} * 10 \text{ А} = 1500 \text{ Вт}$.

Оскільки транзистори навантажені на індуктивність, а зміна струму через неї протікає досить стрибкоподібно, то будуть позначатися і струми самоіндукції, які будуть шунтуватися встановленими в транзисторах діодами, що веде до збільшення температури кристала.

Тому силові транзистори ШІМ стабілізованих перетворювачів напруги гріються набагато сильніше, ніж у перетворювачах з фіксованою тривалістю імпульсу, наприклад на IR2153.

У компромісному варіанті можна використати узгоджувальний трансформатор, який буде управлятися потужними транзисторами, але в роботі силової частини пів-мостових схем, крім силових транзисторів беруть участь ще й конденсатори, що формують середню точку і дозволяють через

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

первинну обмотку протікати саме змінному струму. Тому потрібно використовувати тільки плівкові конденсатори.

Другим варіантом збільшення вихідної потужності імпульсного блоку живлення для підсилювачів потужності є використання мостового включення силових транзисторів. У цьому випадку ситуація виглядає таким чином:

- тепло розподіляється не на два кристали силових транзисторів пів-мостового перетворювача, а на чотири, що сприяє зменшенню теплового опору;

- можна використовувати більш слабкоструміві транзистори, оскільки при живленні від мережі в первинну обмотку трансформатора можна подати 150 В змінної напруги, а при мостовому - 300 В. Не важко підрахувати, що при струмі через первинну обмотку в 10 А у пів-мостових варіантах виходить 1500 Вт, а в мостовому – 3000 Вт ;

- чотири транзистора IRFP460 коштують майже в два рази дешевше, ніж два транзистора IRFPS43N50K, а саме така кількість буде потрібна для створення імпульсного блоку живлення потужністю до 4000 Вт. Вартість додаткового драйвера IR2110 компенсується вартістю силових прохідних конденсаторів. При тому для пів-мостового перетворювача драйвер IR2110 вже не підійде і потрібно буде використовувати дискретні транзистори на 3.. 5 А і узгоджувальний трансформатор.

Тому, виходячи із вищезазначеного був розроблений імпульсний блок живлення, принципова схема якого наведена на рис. 3.6.

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

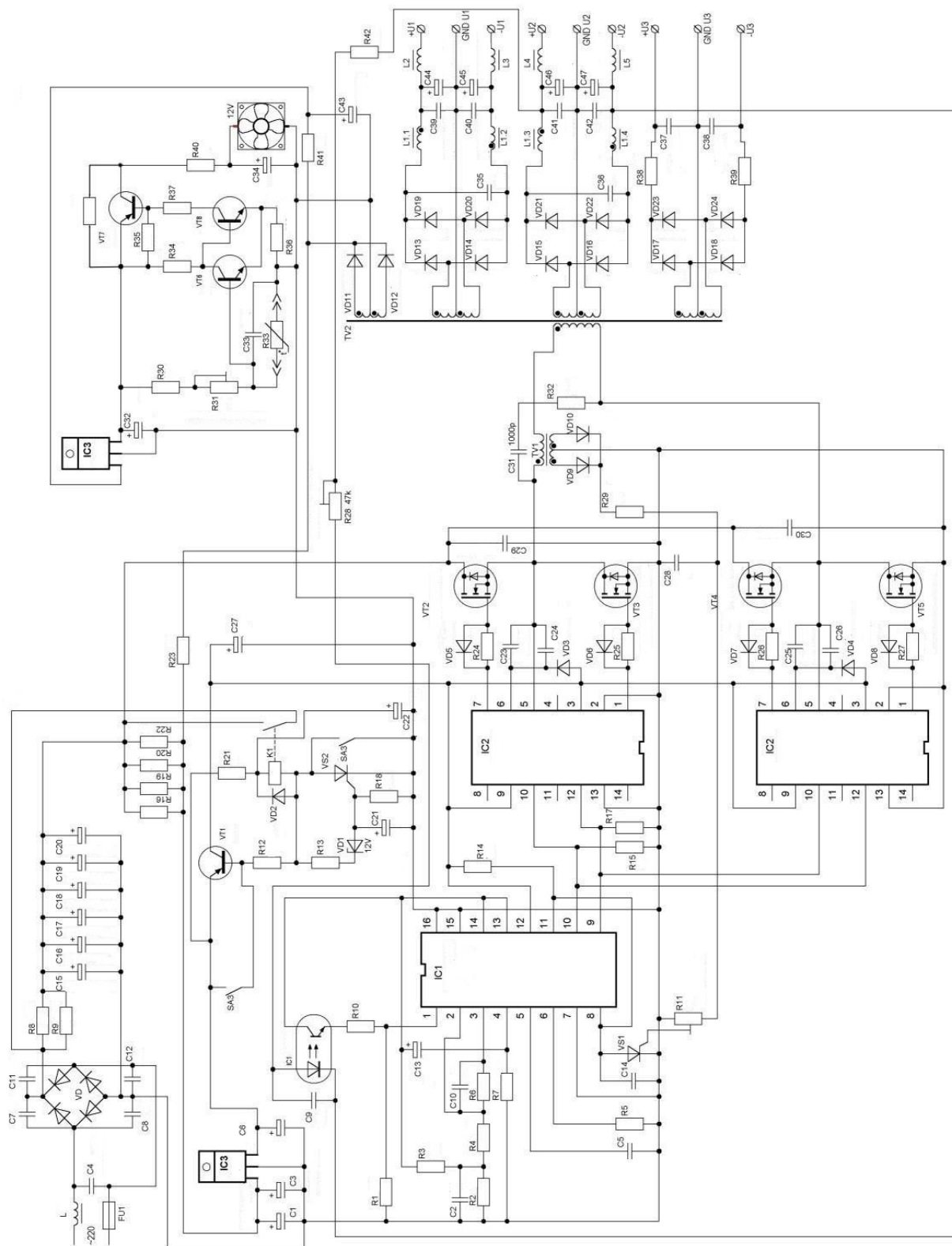


Рисунок 3.6 – Принципова схема імпульсного блоку живлення сумарною потужністю до 4000 Вт

На рисунку 3.7 показано розташування деталей на друкованій платі блоку живлення.

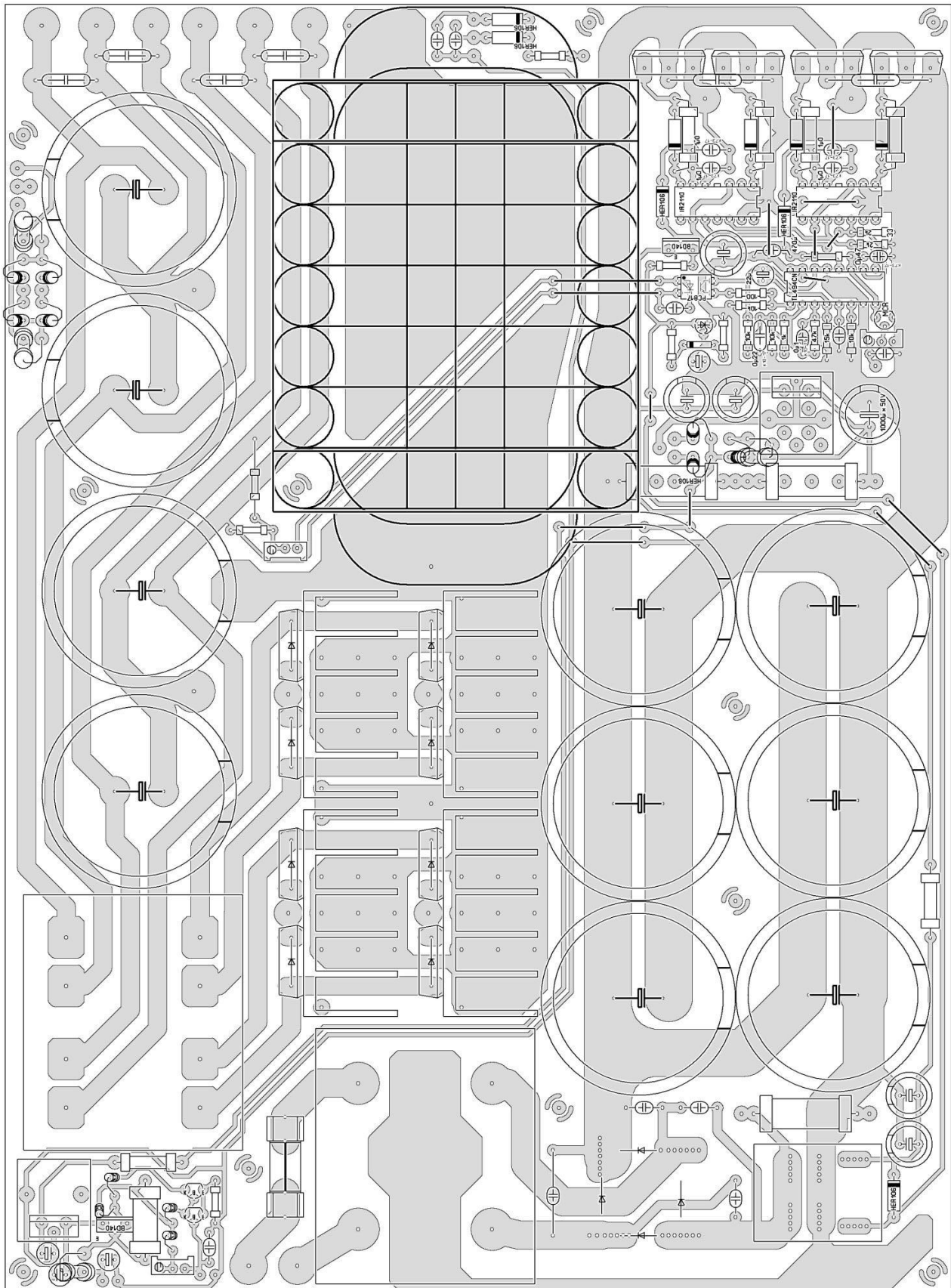


Рисунок 3.7 – Друкована плата системи керування ГІС

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		39

На друкованій платі передбачено 6 посадочних місць під конденсатори первинного живлення ємністю 680 мкФ. Управління вентилятором: обороти вентилятора залежать від температури тепловідводів. Якщо температура низька, живлення на вентилятор подається через струмообмежуючий резистор. Як тільки температура тепловідведення досягає встановленої величини (регулюється резистором R33) спрацьовує тригер Шміда, зібраний на транзисторах VT6-VT8 і відкривається транзистор VT7, який шунтує струмообмежуючий резистор і обороти вентилятора збільшуються до максимальних.

Кілька слів про деталі:

В якості сердечника для силового трансформатора використовуємо 12 сердечників від рядкових трансформаторів телевізорів складених в Ш-подібний пакет. Як видно з креслення друкованої плати на неї можна поставити і пакет з 14 сердечників. Як дросель групової стабілізації в цьому блоці живлення використовується сердечник від телевізійного ТПІ. Обмотки виконані з складених разом обмотувальних проводів діаметром 0,5... 0,9 мм з розрахунку 4-5 А на 1 мм кв. Обмотки мотаються до заповнення вікна. На такому ж сердечнику і таким же дротом мотається дросель фільтра мережевого живлення.

Дроселя додаткових L фільтрів L2-L5 виконані на сердечниках телевізійних мережевих фільтрів і містять 3 витки монтажного дроту перетином 2,5 мм кв., яким проводиться підключення плат підсилювача потужності. Слід звернути увагу, що на принциповій схемі блоку живлення (рис. 3.8) показано розташування цих дроселів для двох двополярних джерел. Для побудови джерела з дворівневим живленням ці дроселі краще розташувати як показано на рисунку 3.8.

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

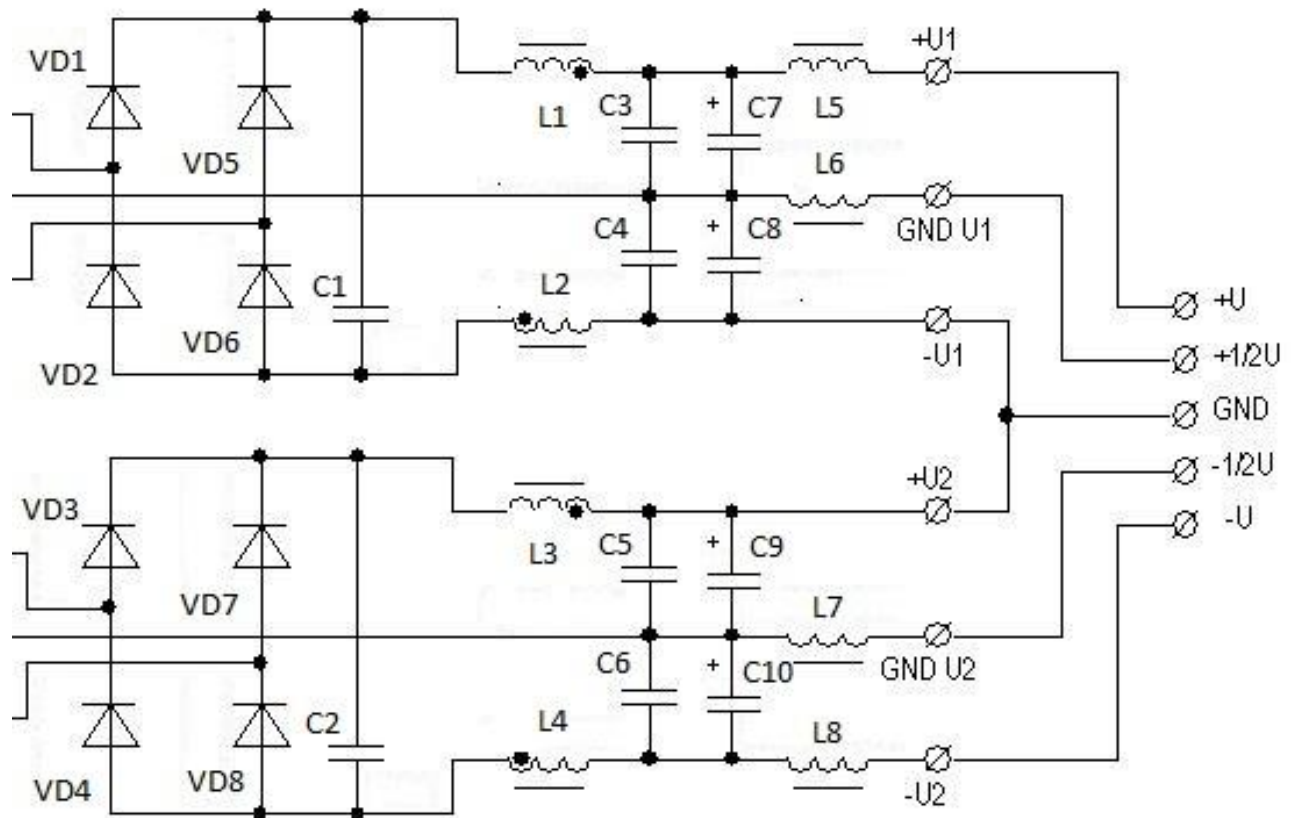


Рис. 3.8 – Підключення додаткових дроселів вторинного живлення при створенні блоку живлення для підсилювача з дворівневим живленням

3.2. Розробка електронної підсистеми комутації

Пристрій для управління розрядником електроімпульсної установки, що містить датчик напруги, компаратор напруги, формувач імпульсу, підсилювач потужності і блок АБО, позитивний вивід високого потенціалу якого сполучений з виводом пристрою для підключення входу керуючого розрядника, вивід пристрою для підключення входу живлення розрядника підключений до входу датчика напруги, вихід якого сполучений з входом компаратора напруги, вихід якого підключений до входу формувача імпульсу, вихід підсилювача потужності якого підключений до входу блоку керування, ініціювання розрядника, що відрізняється тим, що, з метою підвищення надійності формування розряду, в пристрій введений елемент АБО, блок повторного запуску і задавання потенціалу, перший і другий виводи живлення якого підключені відповідно до виводів пристрою для підключення входу живлення і виходу розрядника, опорний вихід задавання

потенціалу сполучений з негативним виведенням високого потенціалу блоку ініціювання розрядника, вхід і вихід блоку повторного запуску підключені відповідно до виходу компаратора напруги і до першого входу елементу АБО, вихід і другий вхід якого сполучені відповідно з входом підсилювача потужності і виходом формувача імпульсу.

Пристрій автоматичного управління комутаторами розрядних кіл електроімпульсної установки. Пристрій містить джерело постійної напруги 1, батарею конденсаторів 2, навантаження 3, розрядний контур 4, розрядник 5, датчик напруги 6, компаратор напруги 7, ділянки напруги 8, джерело постійної напруги 9, формувач імпульсу 10, блок повторного запуску 11, підсилювач потужностей 13, блок ініціювання 14, задавач потенціалу 15, елемент АБО 16 і елемент І 17.

При заряді ємності накопичувача C_1 , потенціал негативного виводу високовольтної обмотки блоку ініціювання 14 підвищується за рахунок заряду ємностей задавача потенціалу 15, що дозволяє формувати вищий потенціал, що подається на вхід розрядника керування 5, і підвищити надійність його комутації. При відсутності комутації розрядника 5 від сигналу, що знімається з формувача імпульсу 10, блок 11 повторного запуску виробляє додаткові сигнали на включення розрядника 5.

Установка містить джерело постійної напруги 1, підключене до мережі, батарею конденсаторів 2, сполучену з навантаженням 3 розрядним контуром 4 через розрядник 5, управління яким забезпечується пристроєм, що містить послідовно сполучені датчик напруги 6, включеної паралельно батареї конденсаторів 2, і компаратор напруги 7, до другого входу якого підключений вихід ділянки напруги 8, включеного паралельно джерелу постійної напруги 9.

Вихід компаратора напруги 7 підключений до входу формувача імпульсу 10 і блок повторного запуску 11, вихід якого через розв'язуючі діоди D_1 , D_2 підключені до входу підсилювачів 12, потужностей 13, вихід

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

якого підключений до входу блоку ініціювання 14 розрядника, підключеного виходом "+" до входу керуючого розрядника 5, а виходом "-" – до опорного виходу задавача 15 потенціалу включеного паралельно розряднику 5.

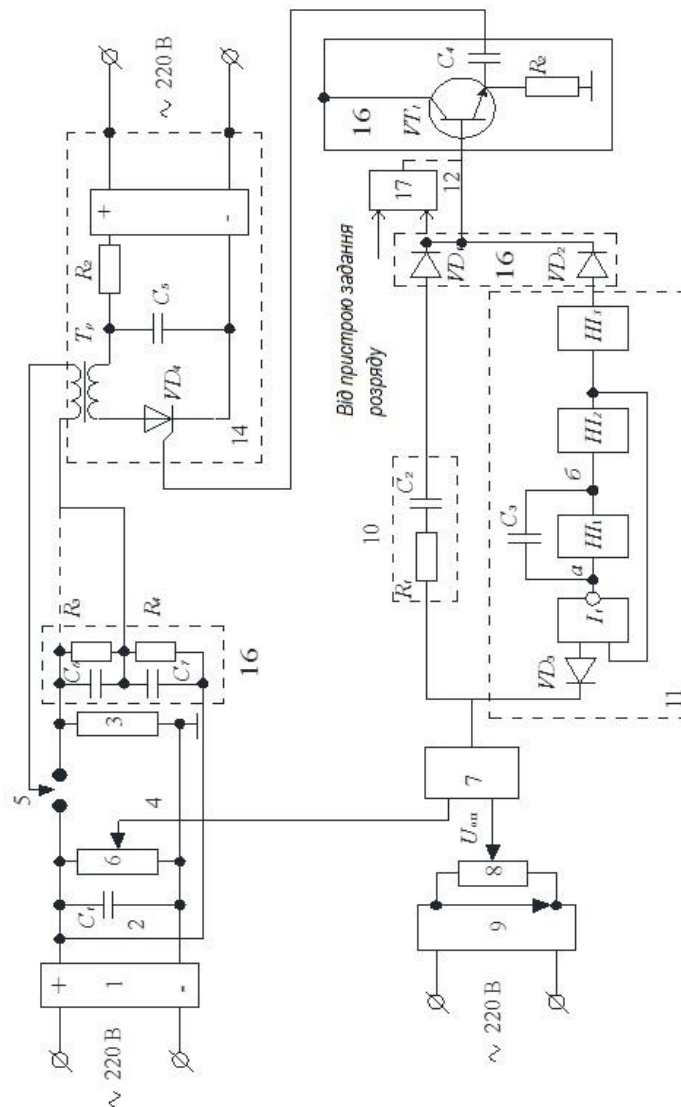


Рис. 3.9 – Схема ініціювання розряду

Формувач імпульсу 10 може складатися з послідовно сполучених струмообмежувального опору R_1 і диференціюючої ємності C_2 . Розв'язуючий діод D_1 зрізає негативні імпульси формувача 10. Блок повторного запуску 11 може складатися з діода D_3 , анод якого є входом блоку двовхідної схеми $I-HI$, підключених до її виходу послідовно сполучених елементів HI_1 , HI_2 , HI_3 і

ємності C_3 , включеній паралельно елементу HI_1 , при цьому вихід елементу HI_3 , є виходом блоку, а входи схеми $I-HI$ підключені до катода діода D_3 і виходу елементу HI_2 . Підсилювач 11 потужностей може бути виконаний на транзисторі VT_1 за схемою повторювача, при цьому ємність C_4 використовується для виключення постійної складової сигналу. Блок ініціювання 14 може складатися з послідовно сполучених ємностей C_5 , що заряджається через опір R_3 від джерела постійної напруги, наприклад випрямляча, підключеного до мережі, ключа D_4 , керованого тиристора, вхід якого, є входом блоку, і підвищувального трансформатора Tr , вторинна обмотка якого є виходом блоку. Як розрядник 5 можуть використовуватися ігнітрони, тригатрони і керовані іскрові розрядники. Навантаженням може виступати електро-вибуховий патрон, водний проміжок і т. д.

Задатчик 15 потенціалу складається з діляника резистора напруги, зібраної на резисторах R_3, R_4 , що шунтуються ємністю відповідно C_4 і C_5 . При цьому середня точка діляника є виходом блоку, а крайні – входами. Задатчик потенціалу призначений для формуванню потенціалу U'' мінусового виведення блоку ініціювання. Потенціал U'' визначається за виразом;

$$U'' = \frac{U_c}{R_3 + R_4} - R_3,$$

де U_c – напруга місткості C_1 .

Таким чином, при заряді накопичувача C_1 потенціал U'' росте, що полегшує включення комутатора 5 і підвищує надійність роботи пристрою. Щоб виключити втрату через ланцюг R_3, R_4 , їх номінал складає декілька МОм. Ємність C_3, C_4 призначена для передачі імпульсу від блоку ініціювання до виведення керованого розрядника, 5 (комутатора). Номінальне значення ємностей (декілька сотень пікофард) вибирається так, щоб опір $\frac{1}{\omega C}$ складав велику величину для напруги ємності C_1 , що повільно міняється, і малу для імпульсної напруги від блоку ініціювання.

					171.6321M.KP.ПЗ.РЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

Діоди D_1 і D_2 утворюють елемент АБО 16. При використанні пристрою в установках для електроімпульсного загартування металу, виходи формувача 10 через діод і блок 11 повторного запуску підключаються до входу підсилювача 13 через елемент і 17 (показано пунктиром), другий вхід якого підключений до виходу пристрою контролю виконання дії.

Система працює таким чином. У початковий момент на виході компаратора 7 напруга дорівнює "0". На катоді діода D_3 напруга дорівнює "0", тому елемент $I-HI$ не спрацьовує і на її виході напруга дорівнює напрузі логічній "1", на виході елементу HI_1 , – логічному "0", на виході елементу HI_2 і на другому вході елементу $I-HI$ – логічній "1", на виході елементу HI_3 логічному "0", ємність C_3 заряджена так, що потенціал точки a рівний логічній "1", а точки b — логічному "0", ємність C_3 заряджена. Після включення установки в мережу батарея 2 конденсаторів починає заряджатися, при цьому виникає напруга на ємності C_1 , а відповідно і напруга U_4 на виході датчика 6 напруги (дільника) і на виході компаратора 7 напруги.

В мить, коли напруга U_4 перевищить напругу заданої $U_{оп}$, що задається за допомогою дільника 8, підключеного до джерела 9 опорної напруги, компаратор 7 напруги спрацює і на його виході з'явиться напруга, рівна напрузі логічній "1", по передньому фронту якого формувач 10 імпульсів через діод D_1 видає імпульс позитивної полярності на вхід підсилювача 13 потужностей, який посилить сигнал до параметрів, необхідних для відкриття тиристора D_4 і блоку 14 ініціювання, тиристор відкриється і ємність C_5 розрядиться на первинну обмотку трансформатора Tr , що підвищує, при цьому високовольтний імпульс з виведення "+" його вторинної обмотки подається на вхід керованого розрядника 5, який включиться і замкне розрядний контур 4 електроімпульсної установки і в навантаженні 3 пройде імпульс струму, який, виконає роботу.

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Напруга на ємності C_4 . в процесі розряду знизиться компаратор 7 напруги повернеться в початковий стан, коли напруга на його виході дорівнює напрузі логічного "0". Надалі ємність C_1 , заряджається, напруга на ній росте і цикл повторюється.

Якщо в якомусь з циклів розрядник 5 після подачі на його вхід імпульсу керування, не включиться в ланцюг і не замкнеться, ємність C_1 , залишиться зарядженою, а компаратор 7 напруги – включеним, оскільки при цьому напруга на катоді діода D_3 дорівнює "1", а напруга на виході елементу HI_2 , також рівна "1", і елемент $I-HI$ включений і на його виході напруга дорівнює напрузі логічного "0". Ємність C_3 при цьому перезаряджається так, що напруга на її виводах a і b (відповідно спочатку "1" і "0") змінюється на "0" і "1". Коли ємність перезарядиться і на її виводі b з'явиться "1" елемент HI_2 перемкнеться, на його виході з'явиться "0", на виході елементу HI_3 з'явиться "1", яка через діод D_2 поступить на вхід підсилювача 13 потужностей, що посилює її, і подасть повторний імпульс на відкриття тиристора D_4 , після чого подається повторний імпульс на включення розрядника 5. Після перемикавання елементу HI_2 на другому вході елементу $I-HI$ з'явиться логічний "0", на виході елементу $I-HI$ – логічна "1" і ємність знову перезаряджається так, що на її виводі b з'явиться "0" тобто цикл повториться і блок 11 формує імпульси до тих пір, поки не зникне "1" на виході компаратора 7.

Для правильного функціонування системи необхідно, щоб ємність C_5 до моменту приходу повторного імпульсу встигала заряджатися до необхідної напруги.

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

3.3. Розробка мікропроцесорної системи формувача-роздільника імпульсів запалювання розряду

У імпульсній техніці високих потужностей актуальною залишається завдання формування потужних імпульсів пристроями, принцип дії яких заснований на комутації швидкодіючих керованих напівпровідникових приладів (IGBT-і польових транзисторів, лавинних тиристорів та ін), з високою стабільністю параметрів в частотному режимі роботи. На тимчасові характеристики включення напівпровідникових приладів великий вплив мають параметри імпульсів управління. Вимоги до створення таких пристроїв зростають при необхідності реалізації спільної синхронної роботи напівпровідникових приладів. Для надійної та ефективної роботи таких пристроїв необхідні стабільні імпульси управління з крутим фронтом, завдяки чому забезпечуються малі тривалості часів включення приладів і поліпшуються умови їх синхронізації. У частотних режимах комутації потужних напівпровідникових приладів доцільне застосування формувачів імпульсів з високочастотним заповненням, до складу яких входять імпульсні трансформатори і двотактні транзисторні підсилювачі. Однак основною причиною, яка знижує стабільність комутаційних процесів в них, є невизначеність стану осердя імпульсного трансформатора формувача в момент початку проходження імпульсу. Якщо до початку чергового імпульсу управління сердечник трансформатора виявляється не розмагніченим, то крутизна його фронту істотно знижується. Для запобігання цьому в силову частину електричної схеми зазвичай вводять додаткові елементи. Однак при цьому ускладнюється схема пристрою, зростають габарити і маса формувача і знижується його завадостійкість, оскільки трансформатор з не розмагніченим сердечником працює в нелінійному режимі, близькому до насиченого. У роботі ця проблема вирішувалася також шляхом обробки інформації, що надходить по ланцюгах управління з використанням досить громіздких мікросхем малої ступеня інтеграції.

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

На рис. 3.10 представлена принципова схема формувача з управляючим мікроконтролером PIC16F73 (мікросхема DD1). Також до складу формувача входить двотактний підсилювач У1 на транзисторах VT1, VT2 з імпульсним трансформатором TP1 і випрямними діодами VD1, VD2. Роз'єми X1 і X2 формувача призначені для підключення буквено-цифрового індикатора і кнопкової клавіатури з метою налаштування і візуального контролю вимірюваних характеристик в автономному режимі. Для роботи формувача у складі СУ РВП зв'язок мікроконтролера через роз'єм X3 послідовного порту комп'ютера здійснюється з використанням вбудованого в мікроконтролер модуля універсального асинхронного приймально-передавача, мікросхеми DD2 перетворювача рівня напруги DS275 і транзисторних оптопар VH1, VH2 типу PC817.

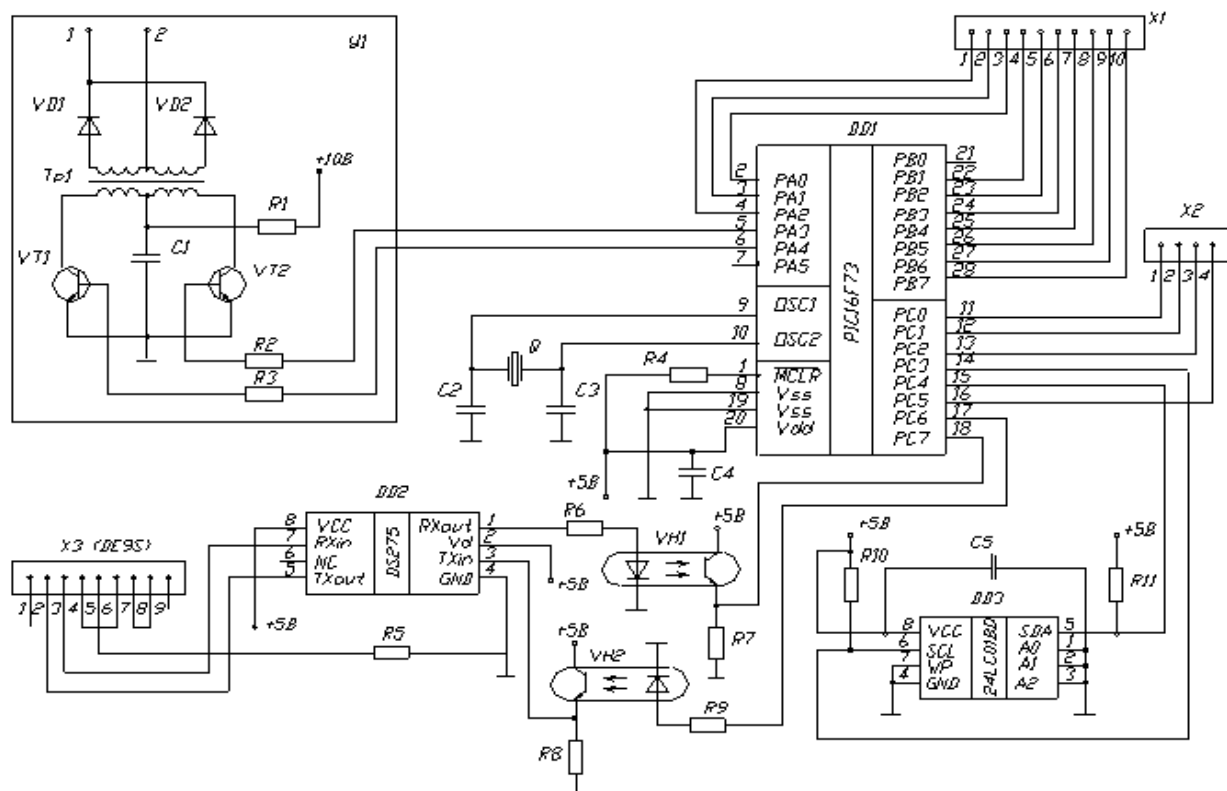
Принцип дії формувача імпульсів полягає в наступному. Після вибору режиму роботи і пуску першим завжди генерується імпульс на виводі 5 (РА3) мікроконтролера, відкривається транзистор VT2 і відбувається намагнічування осердя імпульсного трансформатора. Наступний імпульс з'являється на виводі 6 (РА4) після закінчення імпульсу на виводі РА3 і замикає транзистор VT2. Імпульсом на виведення 6 (РА4) відкривається транзистор VT1. При цьому струм у другій пів обмотці імпульсного трансформатора протікає в протилежному напрямку і розмагнічує сердечник. Таким чином, згідно залежностям $U_1(t)$ і $U_2(t)$ на тимчасовій діаграмі (рис. 3.10, б) імпульси на висновках мікроконтролера РА3 і РА4 виникають по черзі із заданою програмою тривалістю та обраної частотою генерації. Ці імпульси є заповнюючи ми для загального вихідного комутуючого імпульсу $U_3(t)$, що подається згідно зі схемою (рис. 3.10, а) на електрод управління потужного напівпровідникового приладу. Таким чином, $U_3(t)$ – напруга на виході двотактного транзисторного підсилювача. Як видно з діаграми, останнім у серії заповнюють імпульсів завжди генерується імпульс на виводі РА4 мікроконтролера, керуючий транзистором VT1. Цим імпульсом до

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

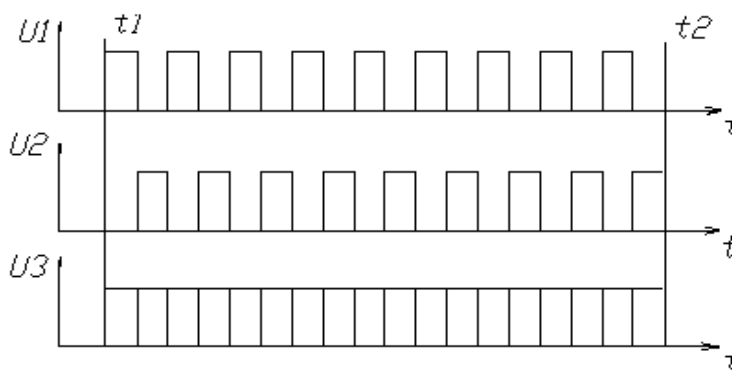
моменту t_2 розмагнічується сердечник трансформатора ТР1, тим самим готуючи його роботу до наступного комутуючого імпульсу. Завдяки цьому, на виході формувача крутизна фронту комутуючого імпульсу буде стабільною і максимальною для схеми із заданими параметрами.

Налаштування роботи та перевірка функціонування алгоритму та коду програми починається по черговій обробкою натискання кнопок управління з візуалізацією вибору режиму буквено-цифровим індикатором. Тривалість комутуючого імпульсу і імпульсів заповнення визначається значенням констант в циклах виконання програми. У розглянутому випадку тривалість комутуючого імпульсу становить $8 \cdot 10^{-3}$ с, а частота генерації заповнюючих імпульсів дорівнює $2 \cdot 10^4$ Гц. Амплітуда вихідного імпульсу $U_{\text{вих}}$ при заданих параметрах схеми складає 10 В на навантаженні 10 Ом, що, наприклад, достатньо для включення швидкодіючих тиристорів ST180C20.

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



а)



б)

Рис. 3.10 – Принципова схема формувача імпульсів для комутації потужних напівпровідникових приладів (а) і часові діаграми його роботи (б)

Висновок

У ході виконання третього розділу були розроблені вузли електронної системи, а саме:

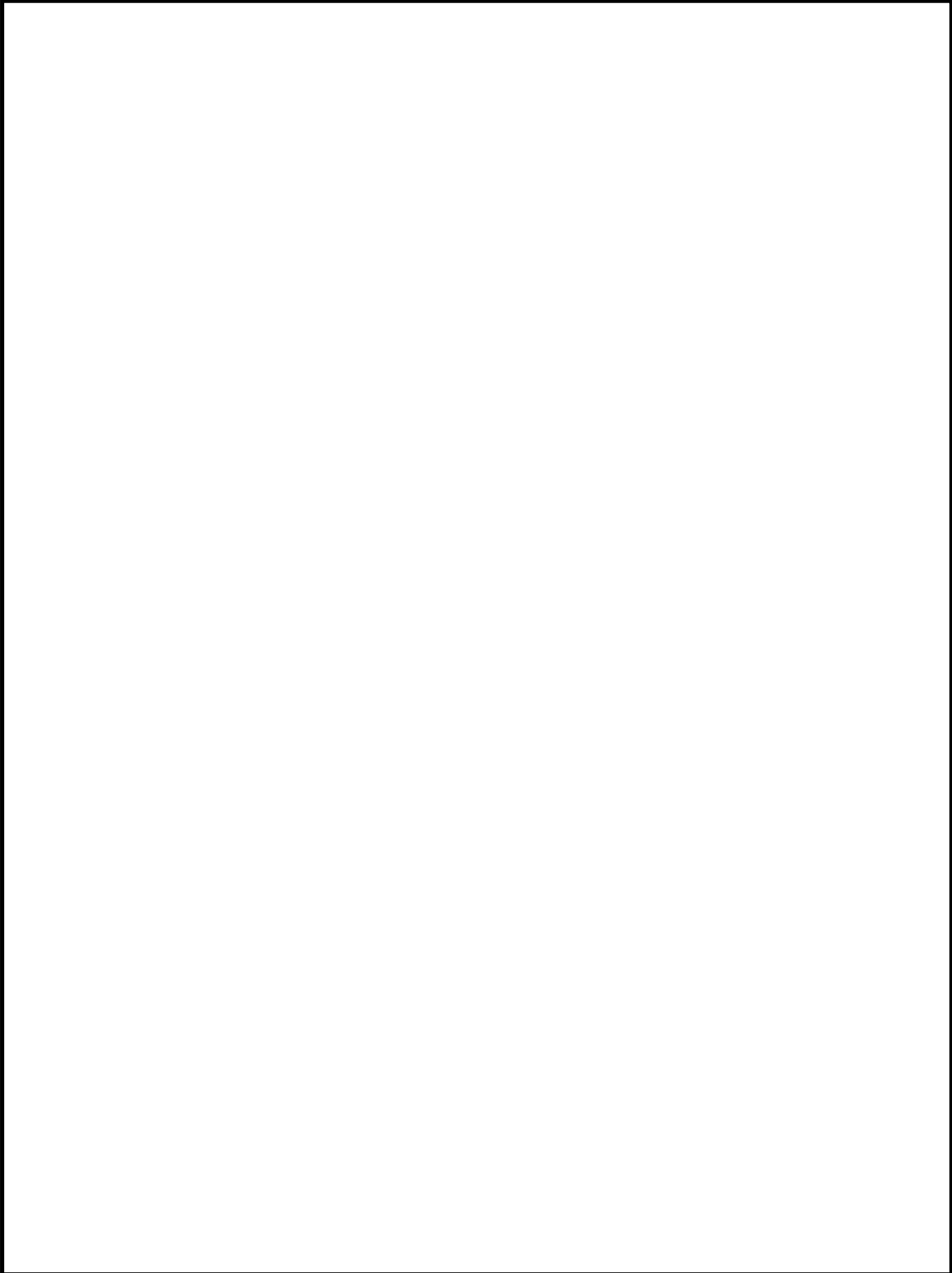
– високовольтний зарядний пристрій, ємнісного накопичувача енергії;

- електронна підсистема комутації;
- мікропроцесорна система формувача-розподільника імпульсів запалювання розряду.

У кваліфікаційній роботі вирішувалось завдання створення пристрою з підвищеною стабільністю напруги комутації генератора імпульсних струмів. Технічним результатом є підвищення стабільності спрацьовування за рахунок відсутності в керованому контурі наведеного струму.

На основі розроблених ємнісного накопичувача енергії і пристрою автоматичного управління комутаторами розроблено мікропроцесорну систему формувача-розподільника імпульсів запалювання розряду.

					171.6321М.КР.ПЗ.РЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		



					171.6321М.КР.ПЗ.Р4			
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата				
Розробник		Варганов М. О.			Охорона праці	Літ.	Арк.	Аркуші
Консультант		Губальцев А. М.					52	14
Н. контр.		Добрінова Л. П.				НУК імені адмірала Макарова		
Керівник		Худякова І. М.						
Зав. каф.		Рябенський В. М.						

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це:

– 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;

– діюча на підставі відповідних законодавчих та інших нормативних актів система соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, що забезпечують збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

– дозвіл на початок робіт підвищеної небезпеки, який необхідний організації чи підприємству, хто працює в будівництві.

Законодавство про працю містить норми і вимоги з техніки безпеки і виробничої санітарії, норми, що регулюють робочий час і час відпочинку, звільнення та переведення на іншу роботу, норми праці щодо жінок, молоді, гігієнічні норми і правила тощо.

Загальний нагляд за додержанням норм охорони праці покладено на прокуратуру, спеціальний – на професійні спілки. Контроль за безпекою праці здійснюють також державні й відомчі спеціалізовані інспекції (Держгіртехнагляд, Енергонагляд тощо).

Охорона праці – це система правил і заходів, які забезпечують безпечну роботу на даному виробництві. Основними заходами, які зменшують або попереджають травматизм при роботі на дільниці є автоматизація або механізація технологічного процесу.

Для орієнтовної оцінки шуму приймають показник, який називається «рівнем шуму» і вимірюється за шкалою «А» шумоміра. Допустимий рівень шуму в приміщеннях, в тому числі і цехах холодної обробки по СН 245-79 становить 71-90 Дб.

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

Основними заходами, які захищають працюючих від шкідливих дій шуму і вібрацій є установка верстата на віброопори.

Правильне визначення площі дільниці визначає правильну організацію робочого місця згідно з науковою організацією праці. Завдяки цьому зменшується втомленість працюючих і зменшується можливість травматизму.

Кожне робоче місце обладнане інструментальною тумбочкою і дерев'яним під ставником, а для видалення стружки з верстата застосовують спеціальні вмонтовані в верстат шнекові і магнітні транспортери, а на свердлильних верстатах – спеціальні гачки і щітки.

В цеху застосовується комбіноване освітлення. Освітленість на підлозі при загальному освітленні повинна бути не менше 150 лк для ламп розжарювання не менше 150 лк для люмінесцентних ламп незалежно від місцевого освітлення.

В якості-лікувально-профілактичних заходів передбачаємо попередній та періодичний (не рідше одного разу на рік) медогляди працівників цеху, заборону допуску до вібраційних робіт осіб, молодших 18 років та таких, що мають відповідні проти покази в стані здоров'я, лікувальну гімнастику та масаж рук.

4.1. Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, що впливають на спеціалістів при експлуатації, монтажі та випробуваннях електроімпульсного устаткування

В даному проекті розглядається відділ електрогідроімпульсних технологій, де міститься обладнання, що представляє потенційну небезпеку для здоров'я людини.

Розглянемо які небезпечні та шкідливі виробничі фактори (згідно з ГОСТ 12.0.003-74) впливають на оператора ЕГ пресу при експлуатації, монтажі та випробуваннях електроімпульсного устаткування.

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

1. Рухоме обладнання, рухомі частини.
2. Підвищена або понижена температура поверхонь обладнання та матеріалів.
3. Підвищений рівень шуму на робочому місці.
4. Підвищений рівень вібрацій.
5. Підвищений рівень ультразвукових коливань.
6. Підвищена або знижена вологість повітря.
7. Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини.
8. Підвищений рівень електромагнітних випромінювань.
9. Підвищена напруженість електричного поля.
10. Прямий та відбитий блискіт.
11. Пожежонебезпека та ін.

Отже, праця оператора ЕГ пресу відноситься до III класу за гігієнічних умов, його тяжкість характеризується наявністю шкідливих виробничих факторів, що перевищують гігієнічні нормативи і здатні чинити несприятливий вплив на організм працюючого або його потомство.

4.2. Вимоги охорони праці до приміщень

Розташування ЕГ пресів в цеху залежить від їх призначення, технічних характеристик і характеру виробництва. Електрогідроімпульсні обладнання поділяються на преси, що вимагають окремих приміщень, і установки, які можуть встановлюватися в загальному приміщенні. Це розділення викликано різним рівнем створюваного при їх роботі шуму, який визначається величиною енергії в імпульсі. Преси з енергією в імпульсі до 20 кДж можуть бути встановлені в загальному приміщенні, де рівень шуму, створюється іншим обладнанням, або допускається рівень звуку за характером виконуваних робіт не нижче рівня шуму, створюваного цими пресами. Вони не вимагають спеціального фундаменту і встановлюються на підлозі цеху без

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

закріплення. Однак тильна сторона пресів повинна мати обмежений доступ, необхідний тільки для його обслуговування, тому преси доцільно встановлювати біля стін цеху або перегородок. Якщо такої можливості немає, то необхідно встановлювати з тильного боку постійні огороження, що відокремлюють зону обслуговування преса від переходів і проїздів. Електрогідроімпульсні преси, які не потребують спеціальних приміщень, при використанні в серійному виробництві можна розміщувати в загальній технологічній лінії з урахуванням технологічних потоків. Розташування обладнання у цехах повинне забезпечувати зручність обслуговування і безпеку робіт при мінімально-займаній площі.

Розміри виробничої площі, необхідної для розміщення пресів і установок, пропорційні величині їх головного параметра і знаходяться в межах від 10 до 220 м²:

Відстань від стін і перегородок визначається необхідними розмірами зони обслуговування кожного агрегату з урахуванням розмірів дверей на кожухах агрегатів і приймається не менше 0,6 м.

Нижче наведені рекомендовані відстані від технологічного вузла ЕГ обладнання до елементів будівлі і межі проходу або проїзду, а також відстаней між ЕГ обладнанням:

Таблиця 4.1 – Технологічні відстані

Енергія в імпульсі, кДж	10	20	40	80	160
Відстань від колон, м	1,0	1,2	1,5-2,0	2,2-3,0	3,2-3,5
Відстань від стіни, м	1,2	1,4	1,5-2,0	2,2-2,8	3,0-3,5
Відстань від межі проїзду або проходу, м	0,6	0,6	0,6	0,8	1,2
Відстань між ЕГ обладнанням, м	1,2	1,5	1,5	3,0	-

Установки з енергією в імпульсі, рівний 80 і 160 кДж, розміщуються в окремих приміщеннях, в яких передбачений фундамент для технологічного вузла. Несучі, огорожувальні конструкції та перекриття рекомендується виконувати з максимальним використанням збірних залізобетонних

елементів промислового виготовлення, які повинні відповідати I і II ступенями вогнестійкості згідно з вимогами «Правил улаштування електроустановок». Стіни приміщення повинні мати необхідну звукоізоляцію згідно вимогам "Санітарних норм і правил по обмеженню шуму на виробництві». Товщина стін повинна забезпечити зниження рівня шуму до допустимої величини в ковально-пресових цехах. Двері та ворота приміщення обладнуються електричними блокуваннями, при цьому відкриватися вони повинні назовні і мати самозамикаючі замки, що відкриваються без ключа з внутрішньої сторони приміщення. Робоче приміщення обладнується притоко-витяжною вентиляцією. Обробка виробничих приміщень ЕГ установок проводиться відповідно до ГОСТ 15548-70 «Сигнальні кольори і знаки безпеки для промислових підприємств».

Приміщення обладнується витяжною вентиляцією з п'ятикратним обміном повітря і освітленням лампами розжарювання з мінімальною освітленістю 50 лк. Підлога може бути виконана з бетону або покрита асфальтом.

Приміщення операторської має бути заввишки 3 м, мати звукоізолюючу огорожу конструкції згідно вимогам "Санітарних норм» для приміщень, що вимагають розбірливого мовного та телефонного зв'язку. Освітлення операторської має забезпечити мінімальну освітленість при люмінесцентних лампах 150 лк і при лампах розжарювання 50 лк на висоті 0,8 м.

Установкам для штампування великогабаритних деталей необхідні окремі фундаменти, що задовольняють вимогам «Будівельних норм і правил» на фундаменти машин з динамічними навантаженнями, умовами міцності, стійкості та економічності. Коливання фундаментів не повинні мати шкідливого впливу на обслуговуючий персонал, технологічні процеси, обладнання та прилади, що знаходяться на самому фундаменті або поза ним, і бути небезпечними для міцності і стійкості конструкцій будівель і споруд або окремих їх елементів.

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4.3. Вимоги до спеціалістів

До роботи на ЕГ пресах і установках допускаються спеціально підготовлені особи за спеціальністю «штампувальник електроімпульсним методом» та мають кваліфікаційну групу з техніки безпеки, обумовлену керівництвом з експлуатації установки.

Для забезпечення безпечної роботи штампувальник повинен керуватися такими основними правилами:

1. Приступаючи до роботи після монтажу або ремонту перший пуск установки здійснювати після проходження вступного інструктажу в присутності особи, відповідальної за безпечну експлуатацію даного обладнання.

2. Перед першим пуском зовнішнім оглядом справність установки і оснащення перевіряти особам, відповідальним за справний стан і безпечну експлуатацію і мають право на допуск до роботи. Огляд установки проводиться відповідно до інструкції з експлуатації.

3. У процесі штампування здійснювати лише ті операції, які передбачені технологічною картою. Штампувальник може самостійно змінювати режими обробки з пульта керування пресом, якщо потрібно їх коригування для отримання деталі відповідно до креслення.

4. Штампувальник повинен дотримуватися термінів проведення профілактичних робіт з підтримки установки в справному стані або контролювати своєчасність їх проведення, якщо він не допущений до одноосібного виконання цих робіт або їхнє проведення доручено іншому оперативному або ремонтному персоналу. Обсяг і дата проведення профілактичних і ремонтних робіт повинні фіксуватися в експлуатаційно-оперативному журналі установки, який повинен знаходитися на робочому місці.

5. Одноосібні або у складі бригади роботи на струмоведучих частинах, а також огляд високовольтного обладнання допускається проводити тільки з

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

повним зняттям напруги і з записом в оперативному журналі в порядку поточної експлуатації за розпорядженням або нарядом. Допуск на одноосібний огляд та оперативне обслуговування електроустаткування ЕГ установки повинен бути зафіксований документально розпорядженням головного енергетика підприємства, організації. і

Перелік робіт, що проводяться в порядку поточної експлуатації, повинен бути затверджений головним енергетиком підприємства і узгоджений з технічною інспекцією профспілки.

6. Штампувальник, допущений до оперативного обслуговування установки, повинен стежити за правильним зберіганням, станом і періодичністю перевірки захисних засобів, необхідних для оперативного обслуговування електрообладнання.

7. При передачі зміни штампувальник зобов'язаний повідомити змінника про стан установки.

Зазначені правила не є вичерпними, вони дають лише загальне уявлення про експлуатацію ЕГ пресів. У кожному конкретному випадку експлуатація установок і безпечне їх обслуговування проводяться відповідно до вимог керівництва з експлуатації даної установки або ЕГ преса.

4.4. Вимоги до організації робочого місця оператора ЕГ преса

Робоче місце оператора-штампувальника має в першу чергу відповідати вимогам безпечної роботи. Електрогідроімпульсні преси та установки для штампування поєднують в собі особливості високовольтних електроустановок і звичайного ковальсько-пресового устаткування з притаманними як тим, так і іншим вимогам техніки безпеки.

Особливість більшості ЕГ пресів і установок - наявність окремого пульта управління, у зв'язку з чим оператору необхідно переміщатися від пульта управління до технологічного вузла і назад при штампуванні кожній деталі. Пульти управління пресів з енергією 80-160 кДж розташовуються

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

нерухомо в пультовій, а пульти пресів менших енергій - в загальному приміщенні в зоні обслуговування преса. Як у тому, так і в іншому випадку необхідно вжити заходів, що виключають в процесі роботи захаращення проходів заготовками і готовими деталями. Пульти керування пресами, що розміщуються у загальному приміщенні, можуть переставлятися в зоні обслуговування залежно від розмірів штампуємих деталей.

4.5. Заходи з техніки безпеки

Захист від ураження електричним струмом

Електрогідроімпульсні преси та установки належать до електроустановок з великими струмами замикання на землю. Опір заземлюючих пристроїв в будь-який час року має бути не більше 0,5 м. Для забезпечення такого максимального опору заземлюючого контуру іноді доводиться робити додаткові заземлювачі або індивідуальний контур. Крім забезпечення безпеки людей заземлення має ще й інше призначення - обмеження напруги в електричних ланцюгах і забезпечення функціонування релейного захисту. Як матеріал для заземлення зазвичай використовують стрижні з сталевих кутників або труби діаметром 25-50, довжиною 2,5-5 м. Щоб зменшити коливання величини опору від температури, їх розташовують нижче рівня землі не менше ніж на 0,5-0,8 м. Відстань між вертикальними стержнями, з'єднаними горизонтальними сталевими смугами, має бути не менше їх довжини, що зменшує їх взаємний вплив, який збільшує опір контуру. Число заземлювачів, їх розміри і взаємне розташування визначаються з урахуванням питомого опору ґрунту.

Основний спосіб захисту від статичної електрики – заземлення устаткування, судин і комунікацій, в яких накопичується статичний струм, використання спеціального взуття з електропровідною підошвою і інші засоби захисту.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є:

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- забезпечення недоступності струмоведучих частин;
- електричний розподіл мережі;
- використання подвійної ізоляції, вирівнювання потенціалу, використання захисного заземлення, захисного відключення;
- застосування спеціальних електрозахисних засобів - портативних приладів і пристосувань (ЕС);
- організація безпечної експлуатації електроустановок.

Електрозахисті засоби поділяють на:

1. Ізолюючі:

основні: гумові рукавички діелектричні, інструмент з ізолюючими рукоятками з показником напруги до 1000 В;

додаткові: калоші діелектричні, килими і ізолюючі підставки.

2. Огороджувальні: щити, огороження- клітки, ізолюючі накладки і ковпаки, попереджувальні плакати, пристрої тимчасового заземлення.

3. Запобіжні: респіратори, окуляри, рукавиці тощо.

Справність засобів захисту повинна перевірятися оглядом перед кожним їх застосуванням, а також періодично через 6...12 місяців.

Захист від шуму і вібрації

Основні джерела шуму і вібрацій в металорізальних верстатах - динамічні навантаження в зубчастих передачах, що виникають внаслідок певних похибок їх виготовлення, змінність навантаження, сприйманої кульками або роликами в підшипниках кочення, динамічні удари кульок або роликів по нерівностям поверхні бігових доріжок зовнішнього і внутрішнього кілець підшипників і т.п. Отже, основними шляхами зниження вібрації і шуму металорізальних верстатів є:

- застосування високоякісних підшипників;
- малошумних зубчастих передач і електродвигунів;

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- дотримання технологічної дисципліни при виготовленні і складання вузлів верстата;
- застосування раціональних конструкцій ріжучого інструменту і пристосувань, жорсткість їх кріплення і т. д.

Методи боротьби з шумом прийнято поділяти на:

- методи зниження шуму в джерелі його виникнення;
- методи зниження шуму на шляху його розповсюдження, ЗІЗ від шуму.

Зниження шуму в джерелі його освіти досягається шляхом:

- конструктивного зміни джерела;
- підвищенням якості балансування;
- підвищення точності виготовлення деталей;
- поліпшенням мастила;
- поліпшенням класу чистоти третьових поверхонь і т.д.

Методи зниження шуму на шляху його поширення включають:

- акустичну обробку приміщень (застосування звукопоглинаючих пристроїв);
- ізоляція джерел шуму або приміщень (звукоізолюючі огороження, кожухи, кабіни, екрани, кошти віброізоляції);
- застосування глушника шуму.

До засобів індивідуального захисту від шуму відносять: протишумові вкладиші, навушники і шоломи.

Під час роботи металорізальних верстатів, які використовуються для основних операцій технологічного процесу механічної обробки деталі, виникають вібрації, які негативно впливають не тільки на здоров'я працівників цеху, але і на точність і довговічність обладнання. В якості колективних заходів та засобів захисту від вібрації вибираємо методи зменшення їх параметрів на шляху поширення вібрацій від джерел їх виникнення, а саме вібропоглинання, віброгасіння та віброізоляцію. Використання вібропоглинання дозволяє нам

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

забезпечити перетворення енергії механічних коливань вібрацій у теплову енергію і досягнути істотного ефекту при боротьбі з вібраціями. Збільшення витрат енергії в системі забезпечуємо за рахунок використання в якості конструктивних матеріалів з великим внутрішнім тертям: пластмас, метало гуми, сплавів марганцю, міді та інших, а також нанесенням на поверхні, що вібрують шару пружно-вязких матеріалів, які збільшують внутрішнє тертя в коливній системі. Використовуючи віброгасіння, досягаємо зменшення реактивного опору коливної системи. Забезпечуємо його застосування ударних та динамічних віброгасників маятникового, пружинного та плаваючих типів. Вони забезпечують перехід кінетичної енергії відносного руху елементів, що контактують, в енергію деформації з поширенням напружень із зони контакту по елементах, що взаємодіють. Одночасно відбувається розсіювання енергії внаслідок дії сил внутрішнього та зовнішнього тертя. Крім того, динамічні віброгасники, являючи собою додаткову коливну систему, яка встановлюється на вібруючому верстаті, збуджують коливання, які знаходяться в протифазі з коливаннями металорізального верстата і забезпечують зведення виниклих коливань до мінімуму. Вібрацію використовуваних металорізальних верстатів забезпечуємо шляхом введення в коливну систему додаткового пружного зв'язку, який перешкоджає передачі вібрації від вібруючого верстата до підлоги виробничого приміщення, суміжних верстатів, працівників цеху. Крім того, для захисту від вібрацій передбачаємо організаційно-технічні заходи, які полягають в експлуатації обладнання відповідно до встановлених норм та режимів, своєчасному його ремонті та якісному обслуговуванні. Шум, який виникає при роботі металорізальних верстатів, знаходиться у різних октавних смугах. Тому спектральний аналіз його на рівні дипломного проектування виконати неможливо. Згідно з нормативними вимогами, шум вважається допустимим, якщо вимірювальні рівні звукового тиску у всіх октавних смугах частот нормативного діапазону (63-8000 Гц) будуть нижчі, ніж значення, котрі визначаються граничним спектром.

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Захист від пилу, газів, пари

Заходи щодо боротьби з пилом на цьому виробництві та її шкідливим впливом на організм людини проводяться за наступними напрямками:

1. Раціоналізація технологічного процесу, що усуває утворення пилу;
2. Автоматизація процесів, при яких утворюється пил;
3. Застосування МОР, як змочування обробленої поверхні;
4. Застосування пило витягаючої вентиляції, вентиляції загального та місцевого призначення;
5. Негайне прибирання приміщень;
6. Забезпечення робочих проти пиловим спецодягом, респіраторами, окулярами та іншими засобами захисту;
7. Створення на підприємстві умов для забезпечення заходів особистої гігієни.

При впровадженні розробленого технологічного процесу механічної обробки деталі у виробництво існуватиме пилове забруднення повітря, що негативно впливає на здоров'я працівників та довговічність обладнання. Однак, використання місцевої та загально-обмінної (природної та механічної) систем вентиляції, які забезпечують високий ступінь очистки відпрацьованого повітря від шкідливих домішок за рахунок його багатоступеневого очищення у відповідних апаратах дозволяє досягнути істотного покращення складу повітряного середовища виробничого приміщення.

Вміст шкідливих речовин у повітрі регламентується ГОСТ12.1.005 - 88 ССБТ "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны".

Протипожежна профілактика

Протипожежна профілактика розробляє заходи, направлені на попередження пожеж, перекриття шляхів розповсюдження вогню, забезпечення швидкої та безпечної евакуації людей і майна з приміщення.

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

Безпека в надзвичайних ситуаціях

При експлуатації металообробного обладнання потрібно обов'язково дотримуватися всіх правил протипожежної безпеки, обумовлених Законом України «Про пожежну безпеку», прийнятим 17 грудня 1993 року. В розрізі дотримання цих вимог передбачаємо розробку комплексних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки; розробку і затвердження нормативних актів і інструкцій в межах підприємства, де впроваджуватиметься розроблений техпроцес, здійснення постійного контролю за їх дотриманням; забезпечення додержання протипожежних вимог, стандартів, норм, правил, а також виконання вимог приписів і постанов органів державного пожежного нагляду; утримання в справному стані засобів протипожежного захисту і зв'язку, пожежної техніки, обладнання та інвентаря, недопускання використання їх не за призначенням; здійснення заходів щодо впровадження автоматичних засобів виявлення та гасіння пожеж; своєчасне інформування пожежної охорони про несправність пожежної техніки, системи протипожежного захисту, водопостачання тощо.

На дільницях механічного цеху передбачаємо установку протипожежних щитів, укомплектованих вуглекислотними вогнегасниками, баграми, ломами, відрами, сокирами. Коло щитів передбачаємо установку ящиків з піском, сухість якого регулярно перевіряється. Для гасіння можливих пожеж передбачаємо також використання азбестових покривал.

Для автоматичного виявлення пожеж передбачаємо оснащення виробничого приміщення, в якому встановлене металообробне обладнання, датчиків з різними принципами дії, які своєчасно сповіщають про виниклу пожежу і дають команду на вмикання автоматичної системи гасіння пожежі. Використання спринклерних та дренчерних установок забезпечує високу ефективність гасіння пожежі.

					171.6321М.КР.ПЗ.Р4	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи, присвяченої розробці електронної системи розрядно-імпульсного пресу для штампу деталей великої поверхні, отримано наступні результати:

- виконано аналіз електронних систем сучасного розрядно-імпульсного технологічного устаткування;
- обґрунтовано структурну схему системи управління, що реалізує задані характеристики перехідних процесів в електророзрядних установках, яка має два основних рівня: рівень високовольтної платформи та рівень оператора;
- розроблено високовольтний зарядний пристрій - ємнісний накопичувач енергії;
- розроблено пристрій автоматичного управління комутаторами розрядних кіл електроімпульсної установки;
- на основі розроблених ємнісного накопичувача енергії і пристрою автоматичного управління комутаторами розроблено мікропроцесорну систему формувача-розподільника імпульсів запалювання розряду;
- вирішено питання охорони праці.

					171.6321М.КР.ПЗ.Висновки	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шерба А.А. Высоковольтні електроразрядні системи / А.А. Щерба, К.В. Дубовенко. – К.: Наукова думка, 2008. – 324 с.
2. Чиженко І.М., Бердинских Г.С. Зарядні пристрої ємкісних накопичувачів енергії. – Київ: Наукова думка., 1980. – 152 с.
3. Крино Н. И. Роздача трубчатих заготовок енергією гідравличного удару. – В кн.: Імпульсні методи обробки матеріалів. – Мінськ : Наука и техніка, 1979. – с. 97–103.
4. Гулый Г. А., Малюшевский П. П. Високовольтний електричний розряд в силових імпульсних системах. – Київ : Наукова думка, 1977. – 177 с.
5. Електрогідравлічний ефект в штамповці / Мазуровский Б. Я., Сізев А. Н. – Київ : Наукова думка, 1983. – 192 с.
6. Черушев В.В., Литвиненко Я.М. Електрогідроімпульсний прес «Удар-16К». – Технологія і організація виробництва, 1978. – № 1. – с. 33.
7. Аношин О.А., Білоглавский А.А., Верещагін И.П. Високовольтні електротехнології / Під ред. И.П. Верещагіна. – М.: Вид-во МЕІ, 2000. – 204 с.
8. Малюшевський П.П. Основи розрядно-імпульсної технології. – Київ: Наукова, 1983. – 272 с.

					171.6321М.КР.ПЗ.Джерела	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ документу	Підпис	Дата		