

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій

(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки

(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

Розробка модулю електронних ключів для управління дискретними виконавчими механізмами

(тема)

Виконав: студент 2 курсу, гр. КІТПВм-19-1

Філіппов І.Ю.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

освітньої програми Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництво

(код і повна назва напрямку)

Тип програми освітньо-професійна

(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Косенко В.В.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту
зав. кафедри

(підпис)

2020 р.

Невлюдов І.Ш.

(прізвище, ініціали)

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет	Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Кафедра	Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Спеціальність	151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Тип програми	освітньо-професійний
Освітня програма	Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва

(код і повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« _____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУстуденці _____ Філіппову Іллі Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)1. Тема роботи Розробка модулю електронних ключів для управління дискретних виконавчих механізмівзатверджена наказом по університету від 02.11.2020 р. № 15092. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ .12.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

3.1 Максимальна напруга живлення - 100В _____

3.2 Струм не повинен перевищувати - 23А _____

3.3 Захист схеми від сталого струму _____

3.4 Захист схеми від шумів _____

3.5 Індикація вхідних сигналів _____

3.6 Кількість вихідних каналів – 7 _____

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

4.1 Вступ. _____

4.2 Аналіз використання виконавчих механізмів _____

4.3 Розробка архітектури модуля електронних ключів _____

4.4 Розробка модуля управління дискретними виконавчими механізмами _____

4.5 Висновки. _____

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Демонстраційний матеріал представлений у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) – __с. формату А4

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування Розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	Дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання	02.11.20	виконано
2	Аналіз завдання	05.11.20	виконано
3	Огляд літературі за темою роботи	11.11.20	виконано
4	Розробка архітектури модуля	22.11.20	виконано
5	Проведення досліджень	25.11.20	виконано
6	Проведення моделювання	28.11.20	виконано
7	Оформлення атестаційної роботи	30.11.20	виконано
8	Подання на підпис керівнику дипломного	02.12.20	виконано
9	Подання роботи на підпис зав.кафедри	04.12.20	виконано
10	Подання роботи на рецензію	08.12.20	виконано
11	Подання роботи в ЕК	10.12.20	виконано

Дата видачі завдання _____ 20__ р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____ проф. Косенко В.В.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: с., 44 рис., 1 дод., 17 джерел.

ЕЛЕКТРОННИЙ КЛЮЧ, БІПОЛЯРНИЙ ТРАНЗИСТОР,
ГАЛЬВАНІЧНА РОЗВ'ЯЗКА, МОДЕЛЮВАННЯ, ТЕСТУВАННЯ,
ГІДРАВЛІЧНИЙ КЛАПАН, ПНЕВМОРОЗПОДІЛЬНИК.

Об'єкт дослідження – пристої управління дискретними виконавчими механізмами.

Предмет дослідження – підвищення ефективності модулю електронних ключів.

Мета магістерської атестаційної роботи – на базі існуючих методів управління дискретних виконавчих механізмів розробити модуль електронних ключів, який буде враховувати недоліки аналогічних рішень та підвищить характеристики надійності і буде універсальним. Розробити архітектуру модулю, провести моделювання та тестування зробити висновки.

Методи дослідження – моделювання роботи схеми за допомогою програмної середовища Multisim.

В роботі приведено аналіз виконавчих механізмів, побудови електронних ключів на базі різних типів транзисторів, засобів схемо технічного проектування та моделювання, існуючих методів управління. Розроблено архітектуру модулю електронних ключів. Проведено моделювання модулю електронних ключів для управління дискретними виконавчими механізмами та тестування змодельованої схеми програмними засобами Multisim.

Результати магістерської атестаційної роботи висвітлені в збірнику студентських наукових статей ADED-2020 [6].

ABSTRACT

Explanatory note: p., 44 figures, 1 app., 17 sources.

ELECTRONIC WRENCH, BIPOLAR TRANSISTOR, GALVANIC SOLUTION, SIMULATION, TESTING, HYDRAULIC VALVE, PNEUMATIC DISTRIBUTOR.

The object of research - the device of control of discrete actuators.

The subject of research is to increase the efficiency of the electronic keys module.

The purpose of the master's certification work is to develop a module of electronic keys on the basis of existing methods of control of discrete executive mechanisms, which will take into account the shortcomings of similar solutions and increase the reliability characteristics and will be universal. Develop module architecture, conduct modeling and test conclusions.

Research methods - simulation of the circuit using the software environment Multisim.

The analysis of executive mechanisms, construction of electronic keys on the basis of different types of transistors, means of the scheme of technical design and modeling, existing control methods is given in the work. The architecture of the electronic keys module has been developed. Modeling of the electronic key module for control of discrete actuators and testing of the simulated circuit by Multisim software is carried out.

The results of the master's attestation work were tested in the collection of student scientific articles ADED-2020 [6].

ЗМІСТ

Перелік скорочень	8
Вступ	9
1 Аналіз використання промислових контролерів для управління дискретними виконавчими механізмами.....	11
1.1 Аналіз засобів керування дискретними виконавчими механізмами	11
1.2 Аналіз побудови електронних ключів на базі різних типів транзисторів	16
1.3 Аналіз засобів схемотехнічного проектування та моделювання	25
1.4 Постановка задач досліджень	35
2 Дослідження модулю електронних ключів.....	37
2.1 Дослідження управління електродвигуном.....	37
2.2 Дослідження управління електромагнітних виконавчих механізмів	39
2.3 Дослідження схеми управління на польових транзисторах	42
2.4 Обґрунтування актуальності розробки модулю електронних ключів....	44
2.5 Вибір комутуючого елемента для модулю електронних ключів.....	44
2.6 Застосування гальванічної розв'язки для захисту схеми.....	49
2.7 Висновки до другого розділу	55
3 Розробка модуля управління дискретними виконавчими механізмами	56
3.1 Розробка архітектури модуля електронних ключів.....	56
3.2 Проектування модуля управління засобами Multisim.....	62
3.3 Тестування розробленого модуля засобами Multisim	66
3.4 Виробнича санітарія в лабораторії	71
3.5 Висновки до третього розділу.....	73
Висновки.....	74
Перелік джерел посилання.....	76
Додаток А Демонстраційний матеріал	79

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

P-CAD – Personal Computer Aided Design;

БТ – біполярний транзистор;

ДСТУ – державні стандарти України;

ОЗП – Оперативно запам'ятовуючий пристрій;

ПЛК – програмований логічний контроллер;

ПТ – польовий транзистор;

СНіП – санітарні норми і правила.

ВСТУП

Одним з основних елементів імпульсної і цифрової техніки є ключовий пристрій. Ключові пристрої, а саме ключі, служать для комутації ланцюгів навантаження під впливом зовнішніх сигналів керування. Ключі входять в якості окремих елементів до складу різноманітних складних пристроїв. Ключ може перебувати або в закритому, або в відкритому стані.

Оскільки системи управління основані на електронних ключах є важливими елементами комутаційного обладнання в промисловій діяльності, дослідження спрямовані на їх удосконалення залишаються актуальними своєчасно.

Для керування дискретними виконавчими механізмами найбільш перспективними є перемикачі на основі електронних ключів, оскільки вони задовольняють нижчеперелічених вимогам:

- дозволяють знизити розміри і вагу пристроїв;
- дозволяють знизити енергоспоживання пристроїв;
- значно зменшують час перемикання в порівнянні з релейними перемикачами;
- надійніша конструкція виконана на електронному ключі в порівнянні з релейним модулем.

Об'єкт дослідження – пристрої управління дискретними виконавчими механізмами.

Предмет дослідження – підвищення ефективності модулю електронних ключів.

Мета магістерської атестаційної роботи – на базі існуючих методів управління дискретних виконавчих механізмів розробити модуль електронних ключів, який буде враховувати недоліки аналогічних рішень та підвищить

характеристики надійності і буде універсальним. Розробити архітектуру модулю, провести моделювання та тестування зробити висновки.

Новизна даної роботи полягає у дослідженні та розробці удосконаленої системи електронних ключів для управління дискретними виконавчими механізмами.

Методи дослідження – моделювання роботи схеми за допомогою програмної середовища Multisim.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз виконавчих механізмів;
- провести дослідження побудови електронних ключів на різних типах транзисторів;
- провести дослідження існуючих методів управління та їх недоліків;
- проаналізувати оптимальні варіанти побудови електронного ключа для промислового застосування;
- розробити архітектуру модулю управління за допомогою програмного засобу Microsoft Visio;
- провести моделювання схеми за допомогою засобів multisim;
- провести тестування розробленої схеми за допомогою засобів multisim;
- оформити магістерську атестаційну роботу згідно ДСТУ 3018:2015 [1], та методичними вказівками з розробки й оформлення магістерської атестаційної роботи другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології [2].

1 АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ПРОМИСЛОВИХ КОНТРОЛЕРІВ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ДИСКРЕТНИМИ ВИКОНАВЧИМИ МЕХАНІЗМАМИ

1.1 Аналіз засобів керування дискретними виконавчими механізмами

Електричним виконавчим механізмом в системах управління зазвичай називають пристрій, призначений для переміщення робочого органу відповідно до сигналів, які надходять від керуючого пристрою.

Робочими органами можуть бути різного роду дросельні заслінки, клапани, засувки, шибери, направляючі апарати та інші регулюючі та запірні органи, здатні виробляти зміна кількості енергії або робочого речовини, що надходить в об'єкт управління. При цьому переміщення робочих органів може бути як поступальним, так і обертальним в межах одного або декількох оборотів. Отже, виконавчий механізм за допомогою робочого органу здійснює безпосередній вплив на керований об'єкт.

Виконавчі механізми – це пристрої, механічно впливають на фізичні процеси шляхом перетворення електричних сигналів в потрібне керуючий вплив. Аналогічно датчикам, виконавчі механізми повинні бути підібрані відповідним чином для кожного завдання. Виконавчі механізми можуть бути бінарними, дискретними або аналоговими. Конкретний тип для кожного завдання вибирається з урахуванням необхідної вихідної потужності і швидкодії [3].

У загальному випадку електричний виконавчий механізм складається з електроприводу, редуктора, вузла зворотного зв'язку, датчика показника положення вихідного елемента і кінцевих вимикачів.

Як електроприводу в робочих механізмах використовуються або електромагніти, або електродвигуни із знижуючим редуктором для зниження швидкості переміщення вихідного елемента до величини, що забезпечує

можливість безпосереднього з'єднання цього елемента (вала або штока) з робочим органом.

Вузли зворотного зв'язку призначені для введення в контур регулювання впливу, пропорційного величині переміщення вихідного елемента виконавчого механізму, а отже, і зчленованого з ним робочого органу. За допомогою кінцевих вимикачів проводиться відключення електроприводу виконавчого механізму при досягненні робочим органом своїх кінцевих положень з метою уникнення можливих пошкоджень механічних ланок, а також для обмеження переміщення робочого органу [4].

Розглянемо дискретні виконавчі механізми. На самому початку розвитку пропорційного управління застосовувався простий електромагнітний виконавчий механізм для одноканальної системи управління легкими літаючими моделями. Цей механізм мав тільки два робочих положення: вліво – вправо або вгору – вниз. Перемикаючи механізм з однаковою швидкістю, отримували ефект, аналогічний положенню керма нейтралі, якщо ж міняли час перемикання механізму з одного положення в інше (за допомогою широтно-імпульсної модуляції), то можна домогтися плавного відхилення керма в обидві сторони. Політ моделі з таким виконавчим механізмом при правильному підборі частоти проходження імпульсів і виборі параметрів моделі відбувався без видимого впливу коливань керма. Основним недоліком такого механізму є мимовільне відхилення керма в крайнє положення при втраті радіозв'язку, що може привести до пошкодження моделі.

У системах пропорційного управління застосовують також виконавчі механізми дискретного дії з трьома позиціями. Такі механізми приводяться в дію мікроелектродвигунів і мають електричний повернення в нейтраль. Для отримання плавних відхилень керма виконавчі механізми також живлять імпульсною напругою, що знижує стабільність їх роботи, так як вони не мають зворотного зв'язку [3].

Виконавчі механізми дискретного дії з центруючою пружиною відносяться до групи трьохпозиційних механізмів. Повернення в нейтраль у них відбувається не електричним шляхом (як у разі описаних вище механізмів), а під дією пружини або гумової стрічки, які під час відхилення керма натягнуті.

Механізми цього типу можна застосовувати в пропорційному управлінні, оскільки у них така ж лінійна характеристика, як, наприклад, у мембранного механізму. Це пов'язано з тією обставиною, що обертає момент мікроелектродвигунів постійного струму наближено прямо пропорційний прикладеній напрузі. Оскільки центруюча пружина дає зворотне зусилля, прямо пропорційне відхиленню валу двигуна (і керма), то виходить рух виконавчого механізму, пропорційне прикладеній напрузі (вал мікроелектродвигунів обертається до тих пір, поки не порівняє сили мікродвигуна і поворотній пружини). На практиці ці механізми найчастіше управляються імпульсами [4].

Перерахуємо їх основні недоліки:

- нейтральне положення механізму відповідає нульовому напрузі при відхиленні керма в різні боки, потрібно прикладати напругу різної полярності;
- мікроелектродвигунів споживає струм постійно, причому величина його зростає пропорційно відхиленню керма і значна також при положенні керма в нейтралі;
- повернення механізму в нейтраль викликається не тільки дією поворотної пружини, але також, наприклад, аеродинамічним або гідродинамічним напором на кермо;
- на роботу механізму впливає маса керма моделі;
- якщо механізм управляється імпульсами, то завжди виникають деякі вібрації керма. Їх вплив на якість польоту може бути зведене до мінімуму шляхом підбору належної частоти пульсації і інерційності моделі;

– є велика ймовірність вібрацій керма в положенні, близькому до нейтралі, оскільки центруючі сили біля цього положення невеликі.

З цими недоліками можна боротися в такий спосіб:

– при подачі на електродвигун імпульсів напруги з рівними по тривалості паузою і імпульсом із середнім значенням, рівним нулю;

– використовуючи так званий трьохпозиційний перемикач. Звичайні керуючі імпульси прямокутні. Тоді незалежно від ставлення пауза / імпульс середній струм, споживаний виконавчим механізмом, завжди дорівнює 100 %. Додавши елемент, що складається з двох кремнієвих діодів - Д1 і Д2 (це можуть бути кремнієві транзистори, включені як діоди), і електролітичний конденсатор СУ, отримаємо перетворення прямокутних імпульсів в трикутні. Це дозволяє зменшити струм, споживаний при відносно пауза / імпульс 50:50, до 50%, при 30:70 – до 60% і при 10:90 – до 80% середнього значення в системі з прямокутними імпульсами. Слід додати, що це не впливає негативно на величину керуючої сили, що розвивається виконавчим механізмом і, більш того, це прискорює реакцію механізму на рух ручок управління в передавачі [6];

– ліквідувати шляхом статичного (і динамічного) врівноваження керма.

В якості виконавчих механізмів для пропорційного управління найчастіше використовують механізми заводського виготовлення типів «Bellomatic-II» і «Duomatic» і спеціально сконструйований для апаратів «Quadruplex» механізм «Dee Vee-TT» з оригінальною системою центруючих пружин забезпечує гарне центрування в діапазоні відхилень 2 °С – 35 °С. Також багато саморобних конструкцій такого типу. Пружини або центруючі гумові смужки треба регулювати індивідуально, намагаючись отримати таку характеристику роботи механізму (при взаємодії з передавачем).

У даній роботі за основу взято гідравлічні клапана та пневморосподілювачі, зображені на рисунках 1.1 та 1.2.



Рисунок 1.1 – Пневморозподільники [5]

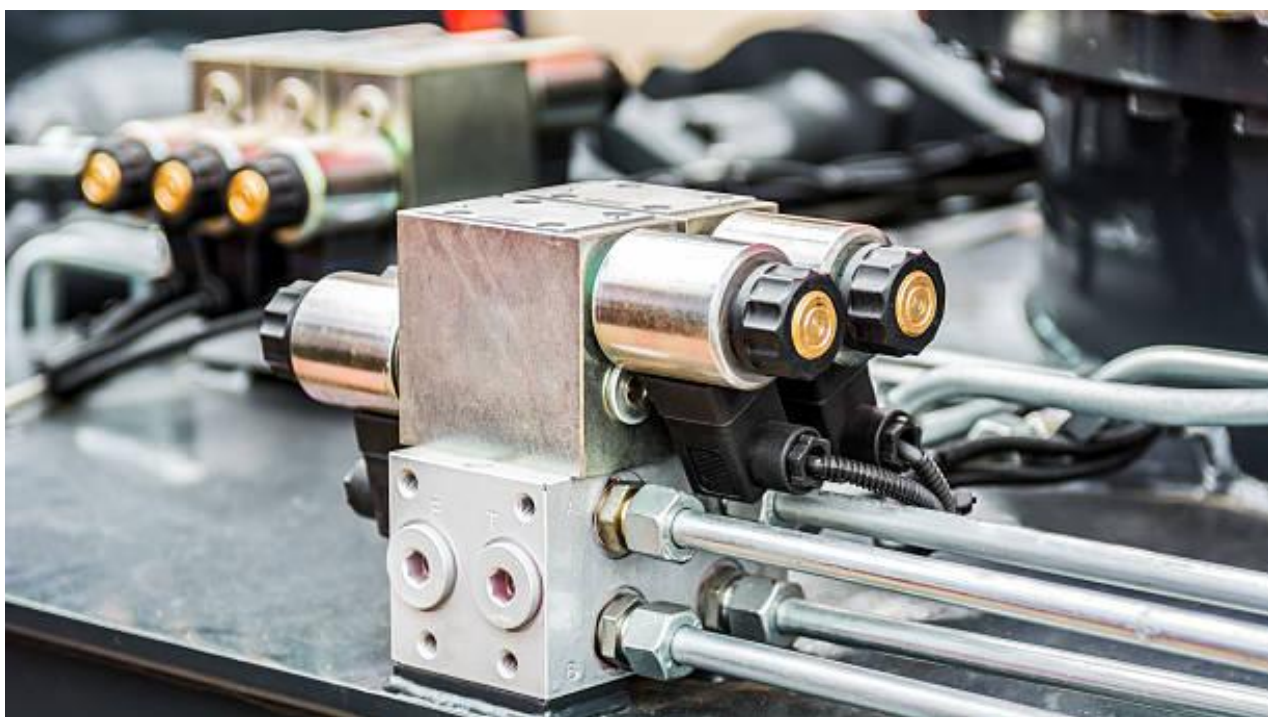


Рисунок 1.2 – Пристрій електромагнітних клапанів [6]

1.2 Аналіз побудови електронних ключів на базі різних типів транзисторів

Електронний ключ зібраний на транзисторі, називається транзисторним ключем. Він виконує тільки дві операції: увімкнено і вимкнено. Електромагнітне реле виконує ту ж саму функцію, але його швидкість перемикання дуже повільна з точки зору сучасної електроніки, та й комутуючі контакти швидко зношуються.

Умови для роботи транзисторного ключа:

– для того, щоб повністю відкрити транзистор, напруга база-емітер має бути більше 0,6 В – 0,7 В.

– сила струму, що тече через базу повинна бути такою, щоб електричний струм міг текти через колектор-емітер абсолютно безперешкодно. В ідеалі, опір через колектор-емітер має стати рівним нулю, в реалі ж воно матиме частки Ома. Такий режим називається "режимом насичення".

Найчастіше використовуються ключі, зібрані за схемою з загальним емітером, як показано на рисунку 1.3.

У ключовому режимі біполярний транзистор працює в режимі насичення (замкнутий ключ) або режимі відсічки (розімкнутий ключ). Корисно пам'ятати, що в режимі насичення обидва переходу (колектор-база і емітер-база) відкриті, а в режимі відсічки – замкнені [7]. У режимі насичення вихідний ланцюг транзистора можна уявити еквівалентним джерелом напруги, величина ЕРС якого наводиться в довідниках ($U_{КЕНАС}$ – напруга насичення). Слід враховувати також внутрішній опір цього джерела, величина якого визначається крутизною нахилу лінії граничного режиму, проте, в більшості практично важливих випадків для інженерних розрахунків можна обмежитися величиною – $U_{КЕНАС}$. Резистори R_b і R_k повинні забезпечувати надійне замикання транзистора при низькому рівні сигналу у

всьому діапазоні робочих температур і насичення при високому рівні керуючого сигналу.

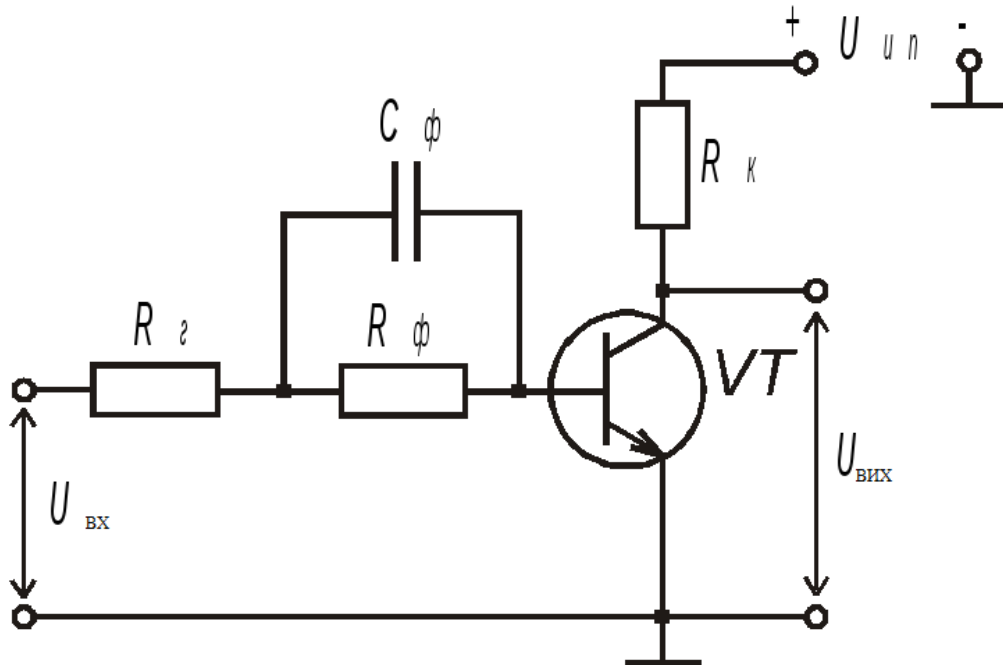


Рисунок 1.3 – Схема електронного ключа на біполярному транзисторі [8]

При розрахунку необхідно враховувати зворотний струм колектора, що протікає через резистор R_b , і створює на ньому падіння напруги.

Відкритий транзистор може знаходитися в активному режимі або режимі насичення. Для електронних ключів активний режим є не вигідним, тому що в цьому режимі на колекторі розсіюється значна потужність. Тому активний режим допустимо тільки протягом перехідних процесів (де він, власне кажучи, неминучий).

Струм насичення визначається опором резистора в ланцюзі колектора, підсилювальними властивостями транзистора і опором між колектором і емітером в насиченому стані. Відзначимо, що при порушенні умови насичення транзистор переходить в активний режим, що супроводжується зростанням напруги на колекторі і збільшенням потужності розсіювання. У

ряді випадків використовують інший критерій насичення – пряме зміщення обох переходів транзистора (база-емітер і база-колектор). В активному режимі перехід база-колектор зміщений у зворотному напрямку [7].

Використовуючи цей критерій, легко зрозуміти, що складовою транзистор (за схемою Дарлінгтона) не вдасться повністю наситити, так як база вихідного транзистора в кращому випадку може мати потенціал, рівний потенціалу колектора.

Необхідною частиною проектування електронних ключів є оцінка їх динамічних властивостей, що визначають швидкість перемикання і втрати енергії на цьому етапі (динамічні втрати).

Перехідні процеси в електронному ключі на біполярному транзисторі характеризуються тривалістю циклу перемикання, який можна розділити на кілька окремих етапів:

- затримка включення;
- включення (наростання струму до величини, що відповідає насиченню);
- затримка вимкнення (обумовлена розсіюванням заряду в базі при переході з режиму насичення в активний режим);
- вимкнення (обумовлено зменшенням струму колектора до значення, відповідного відсіченні).

Необхідно також враховувати процеси заряду ємностей монтажу і навантаження, які не мають прямого відношення до транзистора, але можуть істотно впливати на тривалість перехідного процесу в цілому (зазначені на рисунку 1.4).

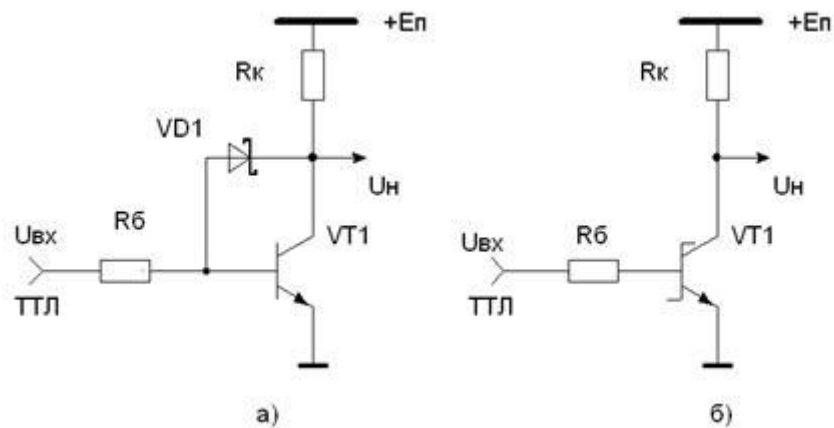


Рисунок 1.4 – Схемотехнічні прийоми підвищення швидкодії [7]

Принцип роботи форсує ланцюжка очевидний: при відмиканні транзистора струм бази визначається процесом заряду форсує ємності (швидкий перехід в режим насичення), у відкритому стані струм бази визначається резистором, величина якого вибирається таким чином, щоб забезпечити неглибоке насичення транзистора. Таким чином, зменшується час розсмоктування неосновних носіїв в базі.

При використанні нелінійного зворотного зв'язку застосовується діод, включений між базою і колектором транзистора. Замкнений діод не впливає на роботу схеми, коли ключ відкривається, діод виявляється зміщеним в прямому напрямку, а транзистор охопленим глибоким негативним зворотним зв'язком. Для зменшення часу вимикання необхідно забезпечити малий час відновлення зворотного опору діода, для чого застосовуються діоди з бар'єром Шотки. Монолітна структура діод Шотки – біполярний транзистор називається транзистором Шотки.

Ключі на біполярних транзисторах мають ряд недоліків, що обмежують їх застосування:

- обмежене швидкодію, викликане кінцевої швидкістю розсмоктування неосновних носіїв в базі;

- значна потужність, споживана ланцюгами управління в статичному режимі;
- при паралельному включенні біполярних транзисторів необхідне застосування вирівнюючих резисторів в ланцюгах емітерів, що призводить до зниження ККД схеми;
- термічна нестійкість, обумовлена зростанням струму колектора при збільшенні температури транзистора.

У транзистора Дарлінгтона ті ж виходи, що і у всьому знайомого біполярного: база (Base), емітер (Emitter) і колектор (Collector). Зображеному на рисунку 1.5.

Такий транзистор являє собою комбінацію декількох. Залежно від потужності в його складі може бути і більше двох біполярних транзисторів. Варто відзначити, що в високовольтної електроніці також застосовується транзистор, що складається з біполярного та польового. Це IGBT транзистор. Його також можна зарахувати до складових, гібридним напівпровідникових приладів.

Основним гідність складеного транзистора є великий коефіцієнт посилення по току.

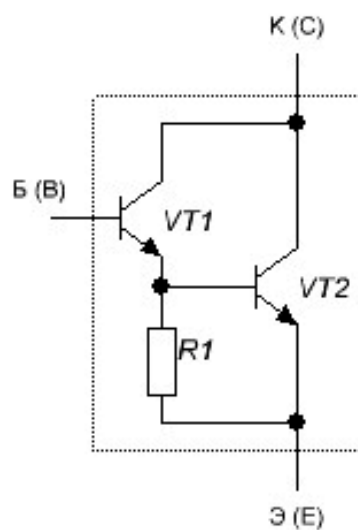


Рисунок 1.5 – Схема Дарлінгтона [7]

Слід згадати один з основних параметрів біполярного транзистора. Це коефіцієнт посилення (h_{21}). Він ще позначається буквою β («бета») грецького алфавіту. Він завжди більше або дорівнює 1. Якщо коефіцієнт посилення першого транзистора дорівнює 120, а другого 60 то коефіцієнт посилення складеного вже дорівнює добутку цих величин, тобто 7200, а це дуже навіть непогано. В результаті досить дуже невеликого струму бази, щоб транзистор відкрився.

Інженер Шіклаї (Sziklai) кілька видозмінив з'єднання Дарлінгтона і отримав транзистор, який назвали комплементарний транзистор Дарлінгтона. Згадаймо, що комплементарної парою називають два елементи з абсолютно однаковими електричними параметрами, але різної провідності. Такий парою свого часу були КТ315 і КТ361. На відміну від транзистора Дарлінгтона, складовою транзистор за схемою Шіклаї зібраний з біполярних різної провідності: р-п-р і п-р-п. Ось приклад складеного транзистора по схемі Шіклаї, який працює як транзистор з п-р-п провідністю, хоча і складається з двох різної структури. Зображеної на рисунку 1.6.

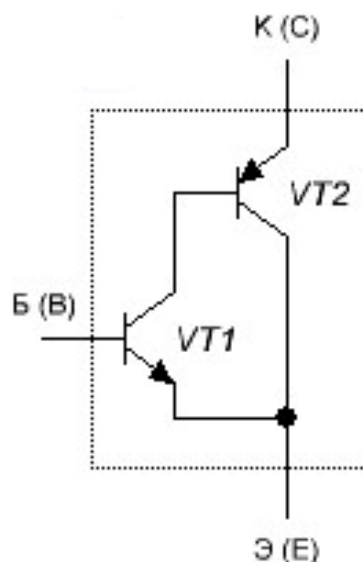


Рисунок 1.6 – Схема Шіклаї [7]

До недоліків складових транзисторів слід віднести невисоку швидкодію, тому вони знайшли широке застосування тільки в низькочастотних схемах. Такі транзистори чудово зарекомендували себе в вихідних каскадах потужних підсилювачів низької частоти, в схемах управління електродвигунами, в комутаторах електронних схем запалювання автомобілів.

Добре зарекомендував себе для роботи в електронних схемах запалювання потужний n-p-n транзистор Дарлінгтона BU931 зображений на рисунку 1.7.

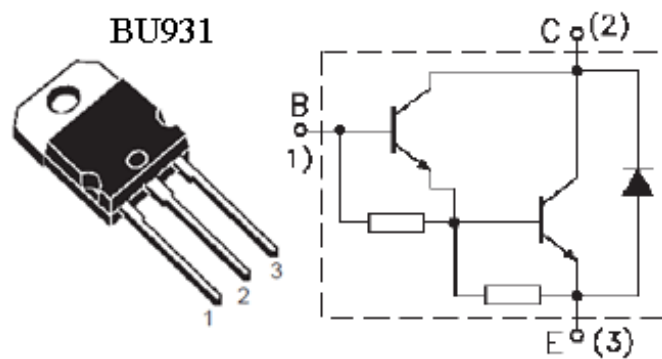


Рисунок 1.7 – Транзистор Дарлінгтона BU931 [7]

Основні електричні параметри:

- напруга колектор – емітер 500 В;
- напруга емітер – база 5 В;
- струм колектора – 15 А;
- струм колектора максимальний – 30 А;
- потужність розсіювання при 25 °С – 135 Вт;
- температура кристала (переходу) – 175 °С.

На принципових схемах немає будь-якого спеціального значка-символу для позначення складових транзисторів. У переважній більшості випадків він позначається на схемі як звичайний транзистор. Хоча бувають і винятки. Ось

одне з його можливих позначень на принциповій схемі показаної на рисунку 1.8.

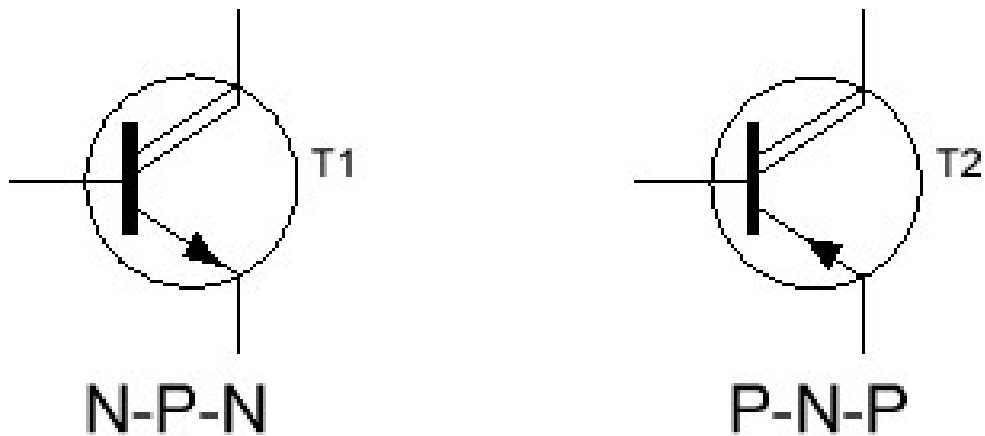


Рисунок 1.8 – зображення транзистора на принциповій схемі [7]

Польовий транзистор. Одним з головних достоїнств польового транзистора (ПТ) з р-п переходом є сталість опору відкритого ключа ($R_{ко}$) при зміні вхідного сигналу в великому діапазоні. Ключі на основі ПТ мають відмінну гальванічну розв'язку ланцюгів сигналу і управління. Спостерігається залежність опору відкритого ключа від геометричних розмірів каналу і типу провідності. У зв'язку з тим, що рухливість електронів більше рухливості дірок у n – канальних транзисторів опір менше, ніж у р – канальних. Транзистори з малим значенням опору відкритого ключа мають короткий канал з великим поперечним перерізом. Однак це тягне за собою збільшення ємності затвор – канал і збільшення струмів витоку, також збільшується напруга відсічення. Внаслідок цього потрібно великі сигнали для управління ключем. При закритому ключі, протікають струми витоку між стоком і витком, і зворотні струми р-п переходу. Ці струми дуже малі і складають значення менше 1 мА, при збільшенні навколишньої температури вони збільшуються. На швидкодію ПТ впливає паразитна ємність між затвором і ланцюгом управління. ПТ в області малих напруг стік – витік

поводиться як омичний опір, значення якого може змінюватися в десятки тисяч разів при зміні $E_{упр}$. На рисунку 1.9 представлена схема найпростішого ЕК на ПТ з р-n переходом [7].

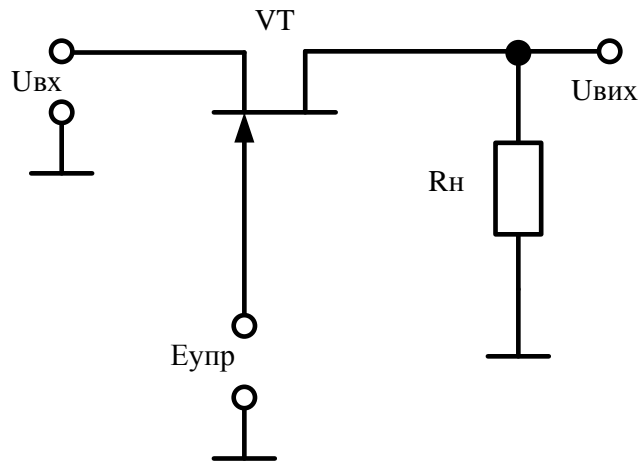


Рисунок 1.9 – Ключ на ПТ 16 [9]

Мінімальна нелінійне спотворення і сталість коефіцієнта передачі ключа досягає при $U_{зи} = 0$. Але навіть якщо $E_{упр} = 0$ в звичайному ключі на ПТ напруга затвор – витік не залишається нульовим через вплив комутаційної вхідної напруги. Цього недоліку позбавлені ключі з так званим «плаваючим затвором» в стані «включено». Малопотужні ПТ володіють великим $R_{ко}$, ніж у діода і БТ це веде до застосування високоомних навантажень, що призводить до зменшення перехідного загасання ключа $A_{п}$, а також істотно позначається на частотних властивостях. Тому частіше використовують ПТ в інтегральному виконанні спільно з БТ або МДП – транзисторами для побудови чотирьохполюсних ключів. Один з таких прикладів на рисунку 1.10 зображена схема інтегральних ПТ серії К714КН1.

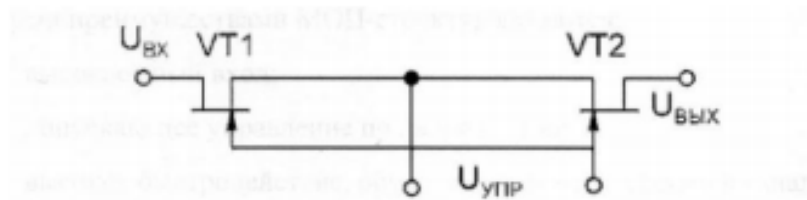


Рисунок 1.10 – Інтегральні ПТ серії K714KH1 [9]

1.3 Аналіз засобів схемотехнічного проектування та модулювання

У наш час технології розвиваються дуже швидко, раніше для перевірки працездатності схем потрібно робити все в живу на реальних платах, зараз в епоху інформаційних технологій з'явилися різні програми для моделювання та проектування схем і друкованих плат, кілька з яких розглянуто нижче.

Програма Proteus є потужну систему схемотехнічного моделювання, зробленої на основі віртуальних моделей електронних елементів. Специфічною рисою даного програмного пакета – є відмінна можливість моделювання різної роботи програмованих пристроїв: мікропроцесорів, контролерів, DSP і т.д.

У пакет Proteus закладена спеціальна система проектування і моделювання друкованих плат. Програма вмє симулювати роботу таких контролерів: ARM7, 8051, PIC, AVR, Motorola, Basic Stamp. Внутрішня бібліотека компонентів має різні довідкові дані. Вона підтримує МК: 8051, PIC, HC11, AVR, ARM7 / LPC2000 і інші широко поширені процесори. Додатково до цього в програмі містяться більше 6000 цифрових і аналогових моделей всіляких пристроїв [10].

Необхідно враховувати і розуміти, що будь-яке моделювання електронних схем не може, абсолютно точно повторює роботу реального пристрою. Але для загального налаштування, будь-якого алгоритму роботи «МК», цього цілком вистачить. Програма PROTEUS має велику бібліотеку

електронних компонентів, а відсутні моделі можна зробити самостійно. У разі, коли будь-який компонент не програмований, то на сайті виробника завантажити його SPICE модель, і додати в підходящий корпус.

Програма Proteus складається з 2 основних модулів:

– ISIS – це графічний редактор принципів електронних схем, який служить для введення проектів з подальшою імітацією і передачею на розробку різних друкованих плат в ARES. Після загальної налагодження пристрою можна розвести наявну друковану плату в ARES, яка має підтримку автоматичного розміщення і трасування за існуючою схемою [8];

– ARES – це графічний редактор друкованих плат з вбудованим Автотрасувальник ELECTRA, автоматичної розстановкою компонентів на друкованій платі і відмінним менеджером бібліотек.

Програма PROTEUS має відмінні можливості.

COMPIM – цей компонент дозволяє вашого віртуального пристрою підключитися до РЕАЛЬНОМУ COM-порту вашого ПК.

USBCONN – цей інструмент дозволяє підключитися до реального USB порту комп'ютера.

Для прикладу:

– ви можете підключити до COM-порту будь реальний пристрій, з яким ваш створюваний прилад буде спілкуватися в реальності;

– ви можете підключити через «шнурок» до вільного COM-порту стільниковий телефон і налагоджувати пристрій на МК, яке повинно керувати ним.

Програма PROTEUS VSM буде ідеальним рішенням для новачків, які вирішили почати вивчення роботи мікроконтролерів.

P-CAD – система автоматизованого проектування електроніки (EDA) Призначена для проектування багатошарових друкованих плат обчислювальних і радіоелектронних пристроїв.

До складу P-CAD входять два основних модуля – P-CAD Schematic (графічний редактор принципів електричних схем) і P-CAD PCB (графічний редактор друкованих плат), а також ряд інших допоміжних програм. P-CAD Сучасні технології розробки та створення радіоелектронних пристроїв і схем використовують спеціальні програмні засоби, що дозволяють розробляти мікросхеми, радіочастотні пристрої (хвилеводи і антени) і принципові схеми електронних пристроїв [11].

Інтегрована САПР PCAD – це найбільш популярна в світі система автоматизації проектування і підготовки виробництва друкованих плат. Система P-CAD призначена для проектування багатопшарових ПП електронних пристроїв, що включає в себе: створення (малювання, введення) принципової електричної схеми; перенесення схеми на ПП (упаковку), отримання для цієї схеми креслення друкованої плати з розміщеними на ній компонентами; ручне розміщення компонентів на ПП; ручну, інтерактивну або автоматичне трасування провідників; контроль помилок в схемі і ПП; випуск конструкторської та технологічної документації. Вона складається з чотирьох основних модулів: P-CAD Library Manager, P-CAD Schematic, P-CAD PCB, P-CAD Autorouters і ряду допоміжних програм. P-CAD Schematic – графічний редактор схем (використовується для малювання принципової електричної схеми ЕЗ). P-CAD PCB – графічний редактор друкованих плат ПП (використовується для розміщення елементів на ПП і редагування друкованих плат з розміщеними на них елементами). Дані редактори дозволяють переміщати інформацію в інші програми Windows, наприклад в Word для випуску документації. P-CAD Autorouters – виробляє автоматичне трасування (розведення) доріжок відповідно до стратегії, що задається користувачем в графічному редакторі P-CAD PCB. До складу P-CAD входять два автотрасувальника: найпростіша програма QuickRoute і запозичена з системи Protel програма Shape-Based Router. P-CAD Library Manager – Менеджер бібліотек (здійснює створення і ведення бібліотек

елементів, які використовуються при роботі). Процес проектування друкованої плати пристрою в P-CAD виглядає наступним чином [9]:

- створюють принципову електричну схему пристрою в P-CAD Schematic. Умовні позначення елементів на схемі не формують кожен раз заново, а беруть з інтегрованих бібліотек .lib, які включають в себе графічні зображення символів і корпусів компонентів, а так само необхідну текстову інформацію. Результатом роботи на цьому етапі є графічний файл .sch;

- сама принципова електрична схема не використовується для трасування друкованої плати. Система використовує лише інформацію про з'єднання всередині схеми і типах використовуваних компонентів. Тому другим етапом створення ВЕЗ є – створення файлу зв'язків з описом електричних з'єднань елементів і їх типів. По завершенні цього етапу з'являється окремий файл .net списку з'єднань;

- далі в P-CAD PCB на основі файлу .net отримують креслення ПП з розміщеними компонентами, на якому вказані лінії електричних з'єднань між їхніми висновками (креслення корпусів компонентів автоматично завантажуються з інтегрованою бібліотеки .lib). Ця операція називається упаковкою схеми на ПП, в результаті утворюється файл .pcb;

- наступний етап – завдання контуру друкованої плати і розміщення компонентів на друкованій платі. Дії виробляють вручну;

- автоматичне трасування доріжок плати проводиться з використанням автотрасувальника P-CAD Autorouters, стратегію розведення (правила) необхідно задати попередньо в P-CAD PCB;

- система P-CAD використовує інтегровані бібліотеки, що містять графічну і текстову інформацію про компоненти. У графічному вигляді представлені символи і корпусу компонентів, а в текстовому – число секцій в корпусі, номери телефонів та імена висновків. Якщо при створенні принципової схеми в бібліотеці відсутній необхідний елемент, його можна створити, використовуючи P-CAD Library Manager (Library Executive, Symbol

Editor-редактор символів компонент, Pattern Editor-редактор корпусів) – менеджер бібліотек. Графічний редактор принципів електричних схем P-CAD Schematic [9].

Розглянемо AVR Studio. Atmel Studio (раніше AVR Studio) – заснована на Visual Studio безкоштовна пропріетарна інтегроване середовище розробки (IDE) для розробки додатків для 8- і 32-бітних мікроконтролерів сімейства AVR і 32-бітних мікроконтролерів сімейства ARM від компанії Atmel, що працює в операційних системах Windows NT / 2000 / XP / Vista / 7/8/10. Atmel Studio містить компілятор GNU C / C ++ і емулятор, що дозволяє налагодити виконання програми без завантаження в мікроконтролер.

Раніше середовище розробки носила назву AVR Studio, але починаючи з версії 6.0, що вийшла в 2012 році, в неї була додана підтримка розробки для мікроконтролерів архітектури ARM, також випускаються фірмою Atmel, і середовище розробки отримала нову назву Atmel Studio. Поточна версія (Atmel Studio 7) підтримує всі випускаються на сьогоднішній день фірмою Atmel мікроконтролери архітектур AVR, AVR32 і ARM і засоби розробки.

Atmel Studio містить в собі менеджер проектів, редактор вихідного коду, інструменти віртуальної симуляції і внутрішньосхемного налагодження, дозволяє писати програми на асемблері або на C / C ++ [12].

Для програмування AVR-мікроконтролерів існує чимало засобів розробки, однак, найбільш популярним, безсумнівно, слід визнати пакет AVR Studio. Є ряд причин такої популярності – це безкоштовний пакет, розроблений фірмою ATMEL, він об'єднує в собі текстовий редактор, асемблер і симулятор. Пакет AVR Studio також використовується спільно з апаратними засобами налагодження.

В наступній частині статті буде розказано про налагодження в середовищі AVR Studio програм, написаних на мові Cі. Пакет AVR Studio має солідну історію розвитку, що відбивається в кількості існуючих версій. В кінці 2003 року випущена версія 4.08, яка має ряд корисних доповнень, а на

початку 2004 року вийшло оновлення (Service Pack 1), що додає підтримку AVR-контролерів третього покоління сімейства ATmega48. Виробництво мікросхем цього сімейства намічено на другу половину 2004 року.

Роботу пакету AVR Studio зручно розглядати на будь-якої конкретної програми. Як ілюстрації ми розглянемо створення проекту для найпростішої програми, яка буде по черзі запалювати два світлодіода. Для визначеності візьмемо мікросхему Atmega128 і підключимо два світлодіода в висновків 31 і 32 (це біти 6 і 7 порту D мікросхеми ATmega128). AVR-контролери мають потужні вихідні каскади, типовий струм кожного виведення становить 20 мА, максимальний струм виводу – 40 мА, причому це відноситься як до втікає, так і до впливає току. У нашому прикладі світлодіоди підключені анодами до висновків контролера, а катоди через резистори, що гасять з'єднані з землею. Це означає, що світлодіод запалюється подачею «1» на відповідний висновок порту. Принципова схема приведена на рисунку 1.11. На схемі також показані дві кнопки, які будуть використані в одній з програм [12].

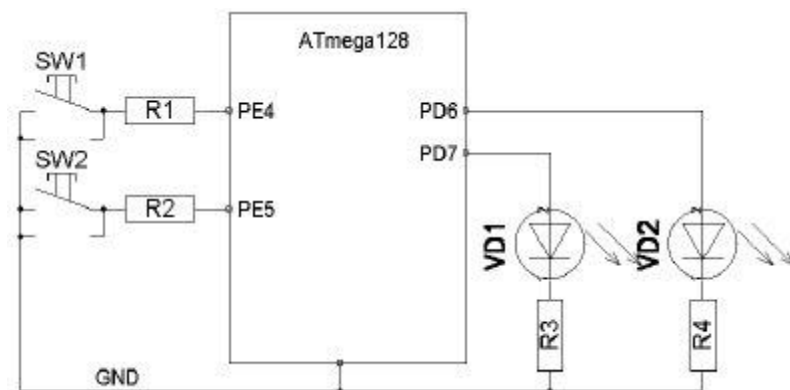


Рисунок 1.11 – Приклад принципової схеми [12].

Тут доречно зробити невеличкий відступ про вибір типу мікросхеми для найпростішого прикладу. Дійсно, з першого погляду може здатися дивним, навіщо потрібен такий потужний кристал в 64-вивідному корпусі там, де

вистачить і 8-вивідний мікросхеми ATtiny12? Однак, в такому підході є логіка. Відомо, що в основі практично будь-якого AVR-контролера лежить однакове ядро. За великим рахунком, контролери розрізняються об'ємом пам'яті, кількістю портів введення / виводу і набором периферійних модулів. Особливості кожного конкретного контролера – прив'язка логічних імен регістрів введення / виводу до фізичних адресами, адреси векторів переривань, визначення бітів портів і т.д. описані в файлах з розширенням .inc, які входять до складу пакета AVR Studio. Отже, використовуючи конкретний тип кристала, можна налагоджувати програму як власне для нього, так і для будь-якого молодшого кристала. Далі, якщо використовувати в якості отладочного найстарший кристал, на сьогодні це ATmega128, можна налагоджувати програму практично для будь-якого AVR-контролера, треба просто не використовувати апаратні ресурси, які відсутні у цільового мікроконтролера. Таким чином, наприклад, можна налагоджувати на ATmega128 програму, яка буде виконуватися на ATtiny13. При цьому вихідний код залишиться практично тим же, зміниться лише ім'я підключається файлу з 128def.inc на tn13def.inc. У такого підходу також є свої переваги. Наприклад, «зайві» порти введення / виводу можна використовувати для підключення РК-індикатора, на який можна виводити зневаження. Або, скористатися внутрисхемним емулятором, який підключається до JTAG-порту мікросхеми ATmega128 (контролер ATtiny13 такий порт не має). Таким чином, можна використовувати єдину отладочную плату, на якій встановлений «старший» AVR-контролер, для налагодження будь-яких розроблених нових систем, природно, що базуються також на AVR-мікроконтролерах. Одна з таких плат називається AS-megaM. Саме вона використовувалася для створення прикладів програм, що приводяться в статті. Це універсальний одноплатний контролер на базі мікросхеми ATmega128, який містить зовнішнє ОЗП, два порти RS-232, порт для підключення РК-індикатора, внутрисхемного програматора і емулятора AT

JTAG ICE. На платі також є місце для розпаювання мікросхеми FLASH-ПЗУ серії AT45 в корпусах TSOP32 / 40/48 і двоканального ЦАП серії AD5302 / AD5312 / AD5322 [12].

Multisim – це єдиний в світі емулятор схем, який дозволяє вам створювати кращі продукти за мінімальний час. Що включає в себе версію Multicap, що робить його універсальним засобом для програмного опису і негайного подальшого тестування схем. NI Multisim 10.0 дозволяє об'єднати процеси розробки електронних пристроїв і тестування на основі технології віртуальних приладів для навчальних і виробничих цілей. Підрозділ Electronics Workbench Group компанії National Instruments анонсувало випуск Multisim 10.0 і Ultiboard 10.0, найостанніших версій програмного забезпечення для інтерактивного SPICE-моделювання та аналізу електричних ланцюгів, використовуваних в схемотехніці, проектуванні друкованих плат і комплексному тестуванні. Ця платформа пов'язує процеси тестування і проектування, надаючи розробнику електронного обладнання гнучкі можливості технології віртуальних приладів [13]. Спільне використання програмного забезпечення для моделювання електричних ланцюгів Multisim 10.0 компанії National Instruments з середовищем розробки вимірювальних систем LabVIEW, дозволяє порівнювати теоретичні дані з реальними безпосередньо в процесі створення схем звичайних друкованих плат, що знижує кількість проектних ітерацій, число помилок в прототипах і прискорює вихід продукції на ринок. Можна використовувати Multisim 10.0 для інтерактивного створення принципових електричних схем і моделювання їх режимів роботи. Інтерфейс програми та вибір можливих схемо технічних елементів представлений на рисунку 1.12.

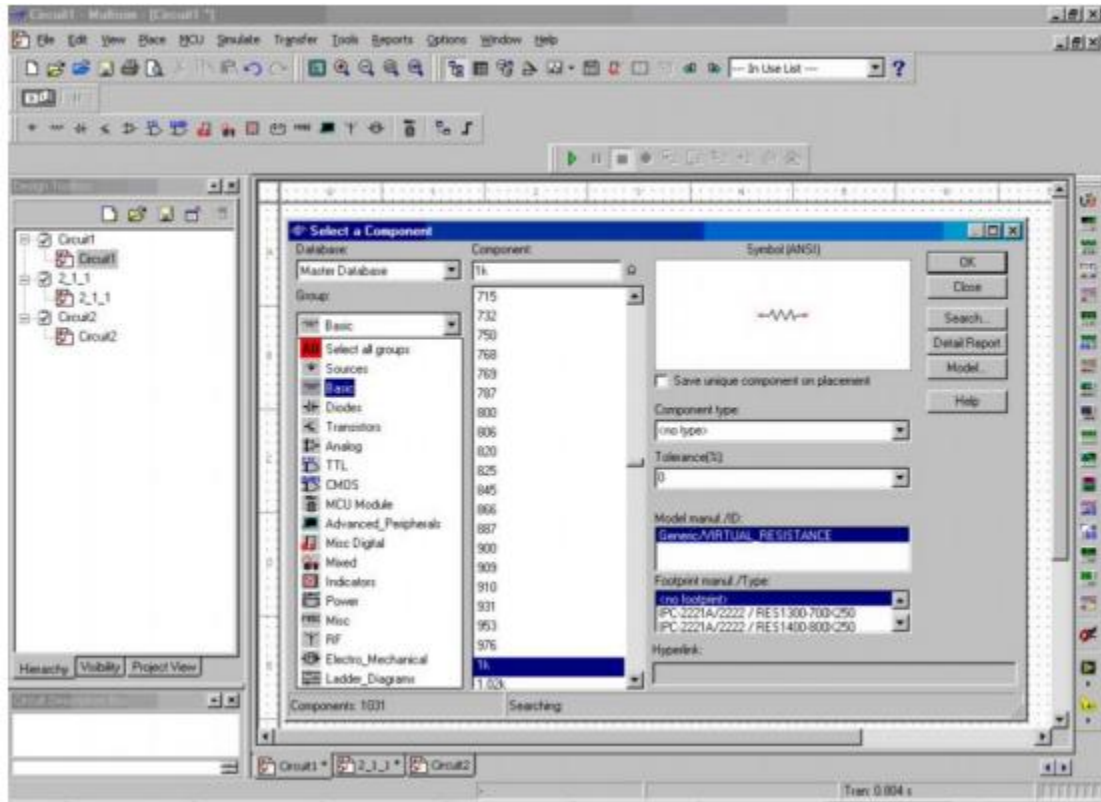


Рисунок 1.12 – Інтерфейс програми Multisim [13]

У Multisim є бази даних трьох рівнів:

- з головної бази даних (Master Database) можна тільки зчитувати інформацію, в ній знаходяться всі компоненти;
- користувальницькі база даних (User Database) відповідає поточному користувачеві комп'ютера. Вона призначена для зберігання компонентів, які небажано надавати в загальний доступ;
- корпоративна база даних (Corporate Database). Призначена для тих компонентів, які повинні бути доступні іншим користувачам по мережі.

Засоби управління базами даних дозволяють переміщати компоненти, об'єднувати дві бази в одну і редагувати їх. Всі бази даних поділяються на групи, а вони, в свою чергу, на сімейства. Коли користувач вибирає компонент і поміщає його в схему, створюється нова копія. Всі зміни з нею

ніяк не зачіпають інформацію, що зберігається в базі даних. База даних Master Database розділена на групи:

- sources. Містить всі джерела напруги і струму, заземлення. Наприклад, power sources (джерела постійного, змінного напруги, заземлення, бездротові з'єднання - VCC, VDD, VSS, VEE), signal voltage sources (джерела прямокутних імпульсів, джерело сигналу через певні проміжки часу), signal current sources (постійні, змінні джерела струму, джерела прямокутних імпульсів);

- basic. Містить основні елементи схемотехніки: резистори, індуктивні елементи, ємнісні елементи, ключі, трансформатори, реле, конектори і т.д.;

- diodes. Містить різні види діодів: фотодіоди, діоди Шоттки, світлодіоди і т.д.;

- transistors. Містить різні види транзисторів: p-n-p та n-p-n транзистори, біполярні транзистори, МОП-транзистори, КМОП-транзистори і т.д.;

- analog. Містить всі види підсилювачів: операційні, диференціальні, інвертують і т.д.;

- TTL. Містить елементи транзисторно-транзисторної логіки;

- CMOS. Містить елементи КМОП-логіки;

- MCU Module – керуючий модуль багатопунктового зв'язку (від англ. Multipoint control unit);

- advanced_peripherals. Містить підключаються зовнішні пристрої (дисплеї, термінали, клавішні поля);

- misc digital. Містить різні цифрові пристрої;

- mixed. Містить комбіновані компоненти;

- indicators. Містить вимірювальні прилади (вольтметри, амперметри), лампи і т.д.

Провівши дослідження характеристик і можливостей даних програм вирішено зупинити свій вибір на програмній середі Multisim. Засобами саме цієї програми можна змоделювати роботу схеми, проходження сигналів та

результатами управління. Дана середа розробки дозволяє проводити моделювання різних типів плат за допомогою програмного забезпечення. Ви можете забути про паяльники, зайві деталі, запасні деталі. Саме тут можна змоделювати від найпростіших до більш складних електричних схем та перевірити їх працездатність. За допомогою великої бази елементів можна не тільки перевірити схему на пропонованих елементах, але знаючи характеристики спробувати на аналогах та інших елементах якість, швидкість та безпеку роботи схеми.

1.4 Постановка задач досліджень

Отже, за проведеним аналізом роботи виконавчих механізмів, та елементів їх управління, не зважаючи на існуючі рішення, було визначено, що існує необхідність в розробці модулю управління електронних ключів, який буде універсальним для управління різними виконавчими механізмами в різних умовах виробничої діяльності, та моделюванні результатів даної розробки для підвищення надійності та швидкодії виробничих процесів в різних умовах.

Після проведеного аналізу побудови електронних ключів на базі різних типів транзисторів виявлено, що польовий транзистор має ряд переваг над іншими, що потрібно розглянути детальніше.

Управління виконавчих механізмів ґрунтується на подачі живлення на основні контакти для відкриття або закриття клапана, в залежності від стану клапана і його структури. При силовому управлінні (подачі плюса на клапан в певний момент для відкриття) знижується надійність і довговічність системи, так як контакти клапанів будуть брати на себе велику електричну навантаження і можуть з часом почати підгоряти, що в подальшому призведе до виведення з ладу самого клапана або пневморозподільника. Для того щоб розвантажити основний ланцюг живлення вирішено побудувати логічну схему, де основна ланцюг і керуюча будуть розділені, за що відповідатимуть

електронні ключі. Логічні сигнали управління надходять від ПЛК або мікроконтролера будуть подаватися в певний момент, а електронний ключ буде замикає або розмикає основну силову ланцюг, що значно підвищить надійність, довговічність і швидкодію системи в цілому.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ МОДУЛЮ ЕЛЕКТРОННИХ КЛЮЧІВ

2.1 Дослідження управління електродвигуном

Вузли пуску і гальмування електродвигунів, що працюють за принципом часу. Управління у функції часу передбачає, що в схемі управління є апарати, які контролюють час (тобто реле часу) налаштовуються на відлік наперед заданих витягів часу t_i . Кожне реле включає відповідний контактор прискорення, який перемикає головним контактом потрібну ступінь пускового опору. Сучасні реле (електронні, моторні та ін.) можуть забезпечити витримки часу від сотих часток секунди до декількох годин. Витримка часу для кожного реле визначається на підставі розрахунку перехідного процесу двигуна. На рисунку 2.1 зображена перша штучна характеристика, з якої починається рух двигуна.

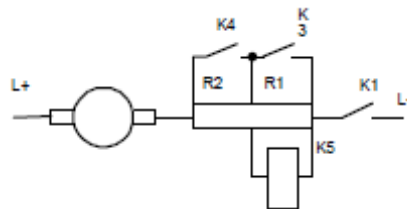


Рисунок 2.1 – Перша штучна характеристика [14]

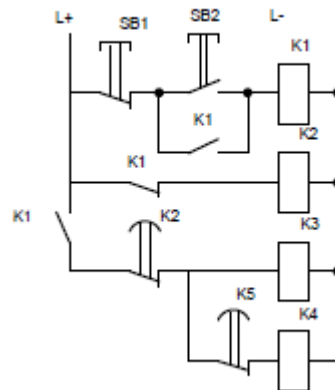


Рисунок 2.2 – Принципова схема управління електродвигуном [14]

Принцип дії схеми. Після подачі напруги на головні ланцюги і ланцюги управління спрацьовує електромагнітне Реле К2, зображене на рисунку 2.2, яке відкриває свій розмикаючим нормально закритий контакт і тим самим не дає можливості передчасно включитися контакторів прискорення К3 і К4. Далі натискання на кнопку SB2 призводить до включення контактора К1, який замикає свій головний контакт в ланцюзі якоря двигуна, що замикає блок-контактом перемикає пускову кнопку SB2, а другим замикаючим блок-контактом розмикає ланцюг котушки реле К2. Двигун починає розганятися відповідно до першої штучної характеристики. Реле К5 спрацьовує і відкриває свій розмикає контакт, магнітний потік в сердечнику К2 після відключення котушки від мережі зменшується за експоненціальним законом, в результаті створюється витримка часу рівна часу розгону двигуна на перший ступені прискорення. Після закінчення необхідної витримки часу, реле К2 замикає свій контакт і включає контактор К3 перемикається першу сходинку опору [14].

Починається розгін двигуна згідно другої штучної характеристикою і відлік витримки часу другим реле прискорення, котушка якого замкнута контактом К3, а магнітний потік в сталевому сердечнику зменшується також по експоненті. Відрахувавши потрібну витримку часу, реле К5 замкне свій замикає контакт в ланцюзі котушки К4, який включившись перемикає контакт ланцюга котушки контакту К4, який включившись перемикає другу сходинку пускового реостата двигун починає працювати на своїй природній характеристиці. Уставка реле часу К2 визначається, як різниця між часом розгону двигуна згідно першої штучної МХ і власних часів включення контактора К3.

В якості реле можна використовувати реле часу різних класів. Припустимо, що двигун працює з усталеною швидкістю, тоді контактори К1 і К4 включені і реле гальмування К2 замкнуло свій контакт. Однак котушка гальмуючого контактора К3 не протікає струмом тому в її ланцюга

розімкнути розмикаючими блок контакт К1. Для динамічного гальмування натискається кнопка SB1 – "Стоп", яка відключає контактор К1, який своїми головними контактами відключає двигун від мережі. Замикає блок контакт контактора К1 розмикає ланцюг котушки реле К2 і воно починає відлік часу гальмування. Розмикаючий контакт контактора К1 замикає ланцюг котушки контактора К3. Останній включається і замикає якір двигуна на гальмівне опір R2, що необхідно для початку динамічного гальмування. Уставка часу реле К2 повинна бути приблизно дорівнює або перевершувати час гальмування [14].

Перевагами управління пуском, гальмуванням і реверсом за принципом часу є зразкове сталість часу пуску, гальмування і реверсу навіть при значних змінах моменту інерції, напруг мережі живлення, температури котушок електромагнітних реле часу і пускових опорів, а також простота і надійність. Недоліком такого управління є значне зростання поштовхів пускового струму, моменту при відповідному збільшенні статичного моменту і моменту інерції на валу двигуна.

2.2 Дослідження управління електромагнітних виконавчих механізмів

Електромагнітні виконавчі механізми складаються з ходового електромагніту, зчленованого з робочим органом і забезпечує його переміщення в напрямку руху рухомого осердя. Переміщення робочого органу в зворотному напрямку забезпечується за допомогою пружини.

Електромагнітні виконавчі механізми в порівнянні з електродвигунні володіють меншою потужністю, але при цьому відрізняються простотою конструкції, нескладними схемами управління, невеликими розмірами і масою, значно меншою вартістю і високою надійністю.

Характерна особливість електромагнітних механізмів полягає в тому, що вони можуть бути застосовані тільки в двохпозиційних системах

управління, тобто коли регулюючий орган може перебувати тільки в двохконечних положеннях («відкрито» або «закрито») [15].

Відомо, що тягове зусилля електромагніта пропорційно квадрату сили, що намагнічує, а отже, і квадрату струму, що протікає по обмотці. Тому вони можуть працювати як на постійному, так і змінному струмі, що і зумовило два типи електромагнітних виконавчих механізмів (постійного і змінного струму). Однак електромагніти змінного струму мають дещо гірші параметри, ніж електромагніти постійного струму, оскільки при однакових розмірах розвивають меншу тягове зусилля, мають меншою чутливістю і дорожче. Разом з цим через переважного поширення змінного струму, виконавчі механізми з електромагнітами змінного струму знайшли широке застосування в системах автоматики.

Час спрацювання електромагнітного виконавчого механізму може бути отримано значно меншим, ніж для електродвигунового виконавчого механізму, і в багатьох випадках їх застосування цей момент грає вирішальну роль. Однак вони можуть бути використані тільки при обмежених переміщеннях веденого ланки. Істотним недоліком цих механізмів є те, що в кінці ходу якоря відбувається удар.

Щоб уникнути цього в ряді випадків доводиться передбачати включеніетормозних пристроїв – гідравлічних або пневматичних, що обмежують величину швидкості якоря в кінці ходу, або замінювати їх пристроями іншого типу.

На рисунку 2.3 як приклад приведена схема включення виконавчого механізму встановленого на вентилі, що містить головний тяговий електромагніт У1, електромагніт У2 засувки і блок-контакти SQ.

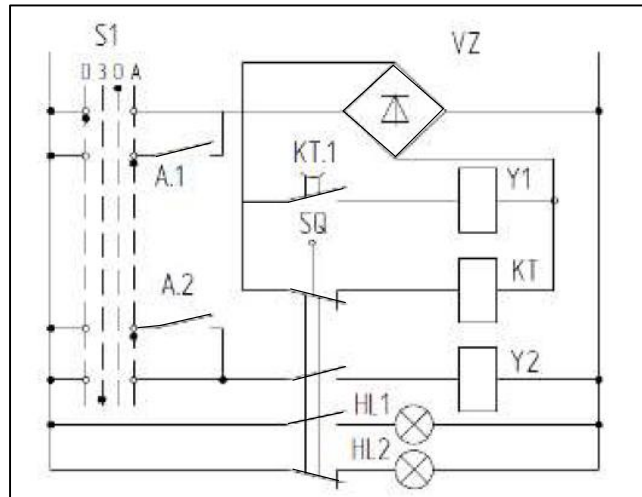


Рисунок 2.3 – Принципова схема включення електромагнітного виконавчого механізму [15]

У цій схемі головний електромагніт Y1 і реле витримки часу КТ отримують живлення від мережі змінного струму через випрямний міст VZ. Реле витримки часу КТ призначений для надійного включення електромагніта Y1. Справа в тому, що блок-контакти SQ розмикаються за 4 мм до кінця повного ходу якоря електромагніту Y1, і він досягає свого кінцевого положення по інерції. У тому випадку, коли керована середовище надає великий опір руху робочого органу, знімати напругу з котушки Y1 блок-контактами SQ можна, так як інерція рухомих частин виявляється недостатньою для постановки якоря електромагніту на засувку. При цьому якор під дією пружини повертається в початковий стан і знову включається. Таким чином, починається процес багаторазової спроби автоматичного його включення. При наявності реле часу КТ напруга з котушки Y1 знімається контактами КТ1 після зупинки головного електромагніту на засувку внаслідок розмикання блок контактів SQ в ланцюзі реле КТ.

Дистанційно виконавчий механізм управляється за допомогою ключа управління S1, повертаючи його в положення 0 – «відкрито» або 3 – «закрито». Положення А ключа S1 відповідає «автоматичне керування». Коли

Для ключових схем (на прикладі використання електронного регулятора потенціометрического типу з послідовним включенням ПТ), коли ланцюг управління пов'язана з затвором ПТ за допомогою високоомного резистора, еквівалентна ємність, шунтуюча канал ПВ.

З точки зору нелінійних спотворень опір навантаження бажано мати якомога велике. Для забезпечення значної величини перехідного загасання на верхній робочій частоті, опір навантаження доводиться вибирати невелике.

Елементи ключа слід вибирати таким чином, щоб до каналу ПТ прикладалася мінімальна напруга сигналу. Напруга управління, що забезпечує стан «вимкнено», має перевищувати напруга замикання ПТ, однак має бути менше напруги пробою р-п переходу.

Вибір керуючих напруг зручно робити, використовуючи вхідні характеристики ПВ. Межі значень керуючих напруг обмежені і залежать як від амплітуди сигналу прикладається до ділянки стік-витік, так і від опору резистора в ланцюзі затвора.

З метою зменшення нелінійних спотворень і збільшення перехідного загасання в ключовий осередку резистор R_n доцільно замінити другим регульованим елементом. У схемах багатоканальних комутаторів необхідно забезпечити малий взаємний вплив між ключовими осередками. Це призводить до необхідності використовувати Т-образні ключові осередки. Один з перспективних варіантів побудови схеми такого осередку наведено на рисунку 2.4. Пропонована схема має просту схему управління. Завдяки використанню транзисторів з індукованим каналом (VT1 і VT2) при $E_{упр} = 0$ забезпечується стан «вимкнено». При подачі негативної напруги $E_{упр}$ по абсолютній величині більшого, ніж напруга запирання транзистора VT3 і напруга відмикання транзисторів VT1 і VT2 ключ переходить в стан «включено» [16].

Дана схема застосовується для передачі комутуючого сигналу з метою захисту від високочастотних перешкод. Може знаходитися з середовищі

поруч з елементами, які можуть видавати наведення на сигнал управління або комутований сигнал.

Великим недоліком даної схеми являється можливість ураження сталою напругою, це може призвести до виходу з ладу польових транзисторів, що зупинить виробничу діяльність до заміни транзисторів.

2.4 Обґрунтування актуальності розробки модулю електронних ключів

За дослідженням існуючих методів управління дискретними виконавчими механізмами виявлено, що управління базується на елементах, які мають свої недоліки відносно швидкодії, потужності, не бажаних перешкод на лінії заземлення або ураження сталою напругою.

Пропонований модуль для розробки являє собою не тільки більш надійний та довговічний принцип роботи але і ряд позитивних властивостей. Універсальність у використанні – у модулі електронних ключів пропонується взяти за комутуючий елемент польовий транзистор, який може комутувати як великий струм, так і малий. Управління основане на напрузі тому даний модуль буде економічним у енергопотребі. Оскільки за проведеним аналізом виявлено основним недоліком польового транзистора можливість ураження сталим струмом, пропонується додати в схему гальванічну розв'язку, яка захистить польовий транзистор від ураження, а також захистить лінію управляючого сигналу від різного роду шуму та перешкод, що дасть можливість використовувати даний модуль в середі сухого повітря, де велика вірогідність появи сталого розряду.

2.5 Вибір комутуючого елемента для модулю електронних ключів

У даній роботі основою електронного ключа є пристрій який комутує лінію напруги живлення з виконавчим механізмом. Пропонується як засіб

комутації розглянути польовий транзистор IRF9540N, обраний за вхідними даними ТЗ, та порівняти його з аналогічними засобами комутації. За результатами обрати той, що буде відповідати найвищим критеріям надійності, довговічності та швидкодії. Для розгляду актуальності застосування польового транзистора варто розглянути аналогічні рішення пристроїв комутації ланцюгів. Після проведеного аналізу в першому розділі було виявлено різні недоліки у реле, як комутуючого пристрою. Розглянемо цей момент детальніше.

За основний елемент комутації пропонується взяти польовий транзистор IRF9540N. Як аналог за параметрами візьмемо в порівняння електромеханічне реле. Дані для порівняння наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняльні дані

	IRF9540N	LEG-5
U комутації, В	100	100
U управління, В	4 - 20	5
I макс, А	23	10
I управління, мА	0,025	72
R конт, Ом	0,1	0,1
t спрацьовування, мс	0,03	10
Кількість циклів	10000000	100000

З ряду параметрів Реле мають один з важливих параметрів кількість циклів спрацювання керуючої обмотки, при чому дана цифра вказана для ідеальних параметрів використання таких, як комутуюче напруга 12 В – 48 В, керуюча напруга 5 В, температура експлуатації в межах -30 °С – 80 °С, при певних перешкодах або збої як керуючої так і комутуючої напруги, термін служби реле зменшується, що позначається на надійності всієї системи в цілому.

Як видно з даних таблиці 2.1, потужність сигналу, що управляє значно відрізняється у реле і польового транзистора. В наслідок чого проведемо розрахунок потужності керуючого сигналу

$$\begin{aligned} R_{упр} &= U_{упр} \cdot I_{упр}, & (2.1) \\ R_{упрт} &= 5 \cdot 0,000025 = 0,125 \text{ мВт}, \\ R_{упрр} &= 5 \cdot 0,072 = 0,36 \text{ Вт}, \end{aligned}$$

де $U_{упр}$ – напруга управляючого сигналу;

$I_{упр}$ – струм управляючого сигналу.

Як бачимо з результатів потужність, яка необхідна для відкриття реле майже у 300 разів більше ніж у польового транзистора. Також розглянемо довговічність використання даних комутаційних елементів. На рисунку 2.5 зображено графік залежності життєвого циклу реле від струму, який передають комутуючі контакти. Як видно з графіку, чим більший струм використовує система тим менша кількість спрацьовування реле, що значно впливає на надійність системи в цілому.

З результатів дослідження бачимо, що електромагнітне реле має ряд недоліків, на відміну від польового транзистора, які можуть зіграти велику роль, в умовах експлуатації системи по таких параметрам, як надійність та довговічність системи, потужність системи та обмотки керування, що впливає на енергоспоживання та енергозбереження, як бачимо з таблиці 2.1 швидкодія теж не являється позитивною вагою електромагнітного реле на відміну від польового транзистора.

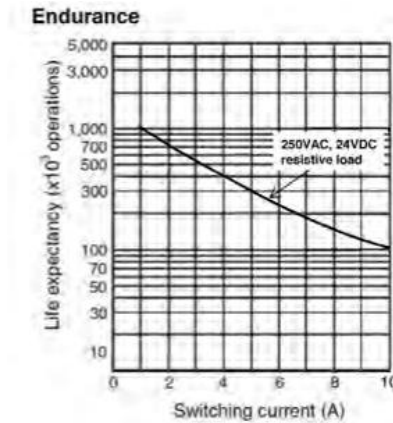


Рисунок 2.5 – Залежність життєвого циклу від споживчого струму [17]

Пропонується провести дослідження, в ході якого можна порівняти два комутуючих пристрої на базі різних типів транзисторів, таких як польовий і біполярний. Поскільки польовий характеристики польового транзистора IRF9540N маємо, був підібраний по аналогу біполярний транзистор.

У даних видів транзистором є різна температурна залежність, що показує переваги певного типу транзистора і недоліки іншого. На рисунках 2.6 і 2.7 представлені графіки температурних залежностей.

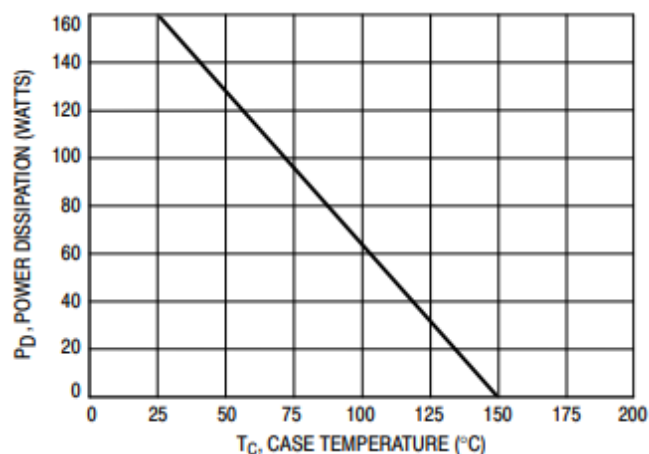


Рисунок 2.6 – Залежність потужності від температури у біполярного транзистора [18]

Як показано на рисунку 2.6 – біполярний транзистор має низьку температурну стабільність, тому при зростанні напруги маємо зниження потужності системи в цілому, що не зовсім підходить для виробничої діяльності, оскільки може впливати на швидкодію та надійність системи в цілому.

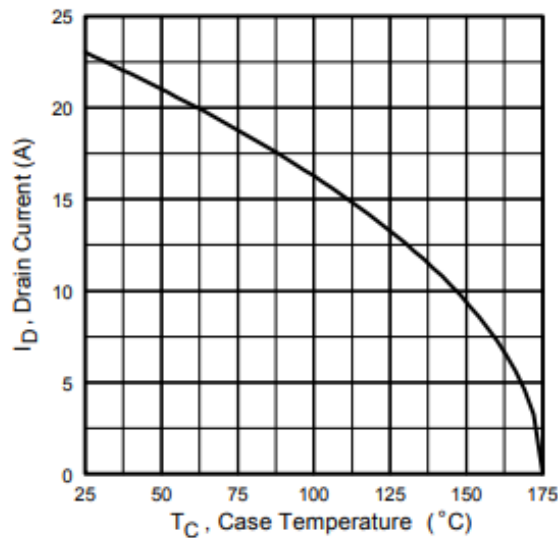


Рисунок 2.7 – Залежність струму витоку від температури польового транзистора [19]

З рисунку 2.7 видно, що польовий транзистор при зростанні температури підвищує опір база-емітер та струм витоку прибігає до нуля, що позитивно впливає на систему в цілому. Як результат маємо, що польовий транзистор має високу температурну стабільність, та його можна використовувати у схемах ключів підключаючи паралельно з іншими польовими транзисторами, без зайвого опору, оскільки при нагріванні, опір зростає, та струм буде вирівнюватися на всіх транзисторах за рахунок нагріву. Дані біполярного транзистора представлені у таблиці 2.2

$$\begin{aligned}
 P_y &= U_y \cdot I_y, & (2.2) \\
 P_{уп} &= 5 \cdot 0,000025 = 0,125 \text{ мВт}, \\
 P_{уб} &= 5 \cdot 0,050 = 0,25 \text{ Вт},
 \end{aligned}$$

де U_y – напруга управляючого сигналу;
 I_y – струм управляючого сигналу.

У польового та біполярного транзистора різні сигнали управління. Польовий транзистор управляється напругою, а біполярний струмом, тому різниця у струмі споживання біполярного транзистора відносно електромагнітного реле не дуже різниться.

Таблиця 2.2 – Порівняльні дані

	IRF9540N	MJH6284
U комутації, В	100	100
U управління, В	4 - 20	5
I макс, А	23	20
I управління, мА	0,025	50
P заг., Вт	140	160
R конт., Ом	0,1	0,1
t роб., °C	-55 - +175	-65 - +150

2.6 Застосування гальванічної розв'язки для захисту схеми

Гальванічна розв'язка – передача енергії або сигналу між електричними ланцюгами без електричного контакту.

Існує три основні завдання, які вирішуються розв'язкою цифрового сигналу.

Першою приходиться в голову захист від високих напруг. Дійсно, забезпечення гальванічної розв'язки – це вимога, зазначена техніка безпеки до більшості електроприладів.

Нехай мікроконтролер, який має, природно, невелика напруга, задає керуючі сигнали для силового транзистора або іншого пристрою високої напруги. Це більш ніж поширена завдання. Якщо між драйвером, який збільшує керуючий сигнал по потужності і напрузі, і керуючим пристроєм не опиниться ізоляції, то мікроконтролер ризикує попросту згоріти, схему зображено на рисунку 2.8. До того ж, з ланцюгами управління як правило пов'язані пристрої введення-виведення, а значить і людина, натискає кнопку «включити», легко може замкнути ланцюг і отримати удар в кілька сотень вольт.

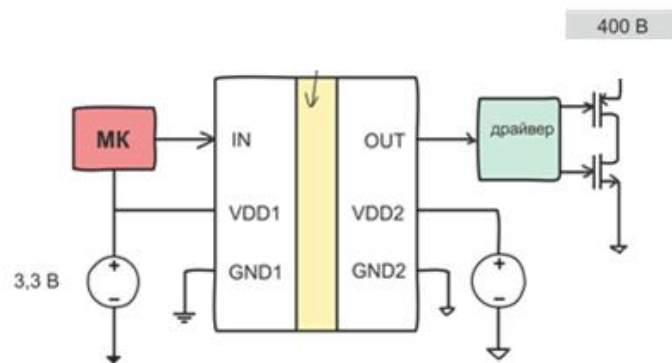


Рисунок 2.8 – Блок схема застосування гальванічної розв'язки [20]

Не менш популярним є використання мікросхем з ізоляційним бар'єром для сполучення електричних ланцюгів з різними напругами. Тут все просто, «електричного зв'язку» між ланцюгами немає, тому сигнал логічні рівні інформаційного сигналу на вході і виході мікросхеми будуть відповідати живленню на «вхідний» і «вихідний» ланцюгах відповідно, як зображено на рисунку 2.9.

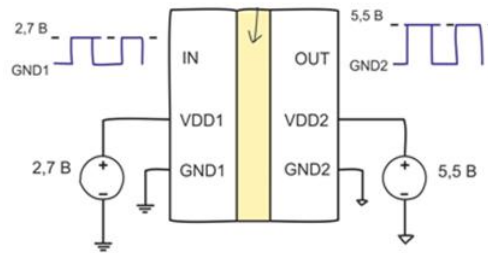


Рисунок 2.9 – Передача різних логічних рівнів через ізоляційний бар'єр [20]

Гальванічна розв'язка також використовується для підвищення завадостійкості систем. Одним з основних джерел перешкод в радіоелектронній апаратурі є так званий загальний провід, часто це корпус пристрою. При передачі інформації без гальванічної розв'язки загальний провід забезпечує необхідний для передачі інформаційного сигналу загальний потенціал передавача і приймача. Оскільки зазвичай загальний провід служить одним з полюсів живлення, підключення до нього різних електронних пристроїв, особливо силових, призводить до виникнення короткочасних імпульсних перешкод. Вони виключаються при заміні «електричного з'єднання» на з'єднання через ізоляційний бар'єр, як показано на рисунку 2.10.

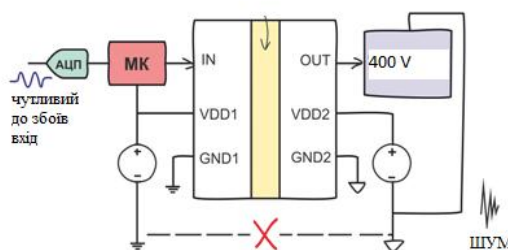


Рисунок 2.10 – Застосування гальванічної розв'язки для усунення перешкод [20]

Оптрони (оптопари) – електронні прилади, що служать для перетворення сигналу електричного струму в світловий потік. Їх світловий сигнал передається через канали оптики, а також відбувається зворотна передача і перетворення світла в електричний сигнал.

Пристрій оптрона складається з випромінювача світла і перетворювача світлового променя (фотоприймача). В якості випромінювача в сучасних приладах використовують світлодіоди. У старих моделях застосовувалися маленькі лампочки розжарювання. Дві складові частини оптопари об'єднані загальним корпусом і оптичним каналом.

Існує кілька ознак, за якими можна класифікувати оптопари по групах. При поділі на класи оптронні виробів необхідно враховувати два фактори, тип фотоприймача і особливості загальної конструкції приладу.

Перша ознака класифікації оптронів обумовлюється тим, що у всіх оптопар на вході розташований світлодіод, тому можливості функціонування визначаються властивостями пристрою фотоприймача. Другою ознакою є виконання конструкції, визначальне особливості використання оптрона.

Застосовуючи такий змішаний принцип поділу, можна виділити три групи оптронні пристроїв:

- елементарні оптопари;
- оптоелектронні мікросхеми;
- спеціальні оптопари.

Групи містять в собі безліч видів приладів. Для популярних оптопар застосовуються деякі позначення:

- Д – діодний;
- Т – транзисторна;
- R – резисторна;
- У – тиристорна;
- Т2 – зі складним фото транзистором;
- ДП – діод-транзисторна;

– 2Д (2Т) – діодна диференціальна, або транзисторна.

Система властивостей оптронні пристроїв ґрунтується на системі властивостей оптопар. Ця система створюється з чотирьох груп властивостей і режимів:

- характеризує ланцюг входу оптопари;
- характеризує вихідні параметри;
- об'єднує ступінь дії випромінювача на приймач світла, і особливо проходу сигналу по оптопарі як компонент зв'язку;
- об'єднує властивості гальванічної розв'язки.

Основними оптрон параметрами вважаються властивості передачі і гальванічної розв'язки. Важливою величиною транзисторних і доданих оптронів вважається коефіцієнт передачі струму.

Показниками гальванічної розв'язки оптронів є:

- допустима пікова напруга виходу і входу;
- допустима найбільша напруга виходу і входу;
- опір розв'язки;
- прохідна ємність;
- допустима максимальна швидкість зміни напруги виходу і входу.

Перший параметр є найбільш важливим. По ньому визначають електричну міцність оптрона, а також його здатності застосування в якості гальванічної розв'язки.

Ці параметри оптронів застосовні і для інтегральних мікросхем на основі оптопари.

Транзисторні оптрони – ці прилади відрізняються деякими властивостями від інших видів оптопар. Одним з таких властивостей є можливість оптичного управління по ланцюгу світлодіода, і по основній електричного кола. Ланцюг виходу може також діяти в режимі ключа і лінійному режимі.

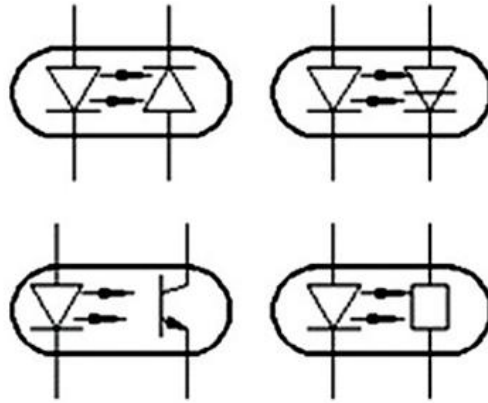


Рисунок 2.11 – Позначення оптопар на схемах [21]

Принцип внутрішнього посилення дає можливість отримання великих величин коефіцієнта передачі струму. Тому додаткові підсилювачі не завжди потрібні. Важливим моментом є невелика інерційність оптопар, що допускається для багатьох режимів. Фототранзистори мають вихідні струми набагато більше, ніж фотодіоди. Тому вони застосовуються для комутації різних електричних ланцюгів. Все це досягається простою технологією транзисторних оптронів [21].

Перевагами оптронів являються:

- безконтактне управління об'єктами, гнучкість і різноманітність видів управління;
- стійкість каналів зв'язку до електромагнітних полів, що дозволяє створити захист від перешкод і взаємних наведень;
- створення мікроелектронних пристроїв з приймачами світла, властивості яких можуть змінюватися за певними складними законами;
- збільшення переліку функцій управління сигналом виходу оптронів за допомогою впливу на матеріал каналу оптики, створення приладів і датчиків для передачі даних.

Недоліками оптронів, є:

- малий ККД, внаслідок подвійного перетворення енергії, велика витрата електроенергії;
- значна залежність роботи від температури;
- великий власний шумовий рівень;
- технологія і конструкція недостатньо досконалі, так як застосовується гібридна технологія.

Такі негативні моменти оптронів поступово усуваються в міру розвитку технології схемотехніки і створення матеріалів. Велика популярність оптронів викликана, перш за все, унікальними властивостями цих пристроїв.

2.7 Висновки до другого розділу

В результаті проведеного дослідження побудови відомих схем управління виконавчими механізмами зробили обґрунтування актуальності роботи, з'ясували, що польовий транзистор являється найефективнішим серед аналогічних комутаційних засобів, за рахунок своїх переваг. У польового транзистора є ряд переваг таких, високий вхідний опір по струму, що дозволяє транзистору у закритому стані споживати струм який прагне до нуля, висока температурна стабільність та малий рівень перешкод, накопичення неосновних носіїв заряду відсутнє у польових транзисторів із чого маємо високу швидкодію, економічний по енергоспоживанню, надійність польового транзистора, як елемента комутації набагато більша ніж у електромагнітного реле та переважає біполярний транзистор.

Для використання захисту схеми та підвищення надійності буде виконана гальванічна розв'язка на базі оптрону.

3 РОЗРОБКА МОДУЛЯ УПРАВЛІННЯ ДИСКРЕТНИМИ ВИКОНАВЧИМИ МЕХАНІЗМАМИ

3.1 Розробка архітектури модуля електронних ключів

Модуль електронних ключів для управління дискретними виконавчими механізмами має за основний елемент електронний ключ, який оснований на базі транзистора. Основна його задача після надходження управляючого сигналу подавати напругу живлення на виконавчий механізм для його спрацювання.

За допомогою програмного засобу Microsoft Visio побудуємо блок схему, яка буде управляти одним виконавчим механізмом. На вході ми повинні мати управляючий сигнал, який буде переданий через оптрон на транзистор, індикацію поступання сигналу буде відображати світло діод, коли управляючий сигнал пройде через оптрон. В свою чергу до транзистора підведена окрема лінія напруги живлення, за допомогою якої буде спрацьовувати виконавчий механізм.

Після підходження управляючого сигналу до транзистора, на який надходить напруга живлення буде передано через запобіжник на виконавчий механізм, час спрацювання залежить від тривалості управляючого сигналу. Результат опису зображено на рисунку 3.1.

Побудована блок схема складається з семи блоків послідовного надходження сигналів. Управляючий сигнал може передаватися від різних засобів таких, як мікроконтроллер, ПЛК, реле з таймером спрацювання, до якого підведена напруга, якій буде відповідати логічний сигнал або якоїсь простої схеми генератора, який буде передавати сигнал в необхідних тактах для спрацьовування виконавчого механізму.

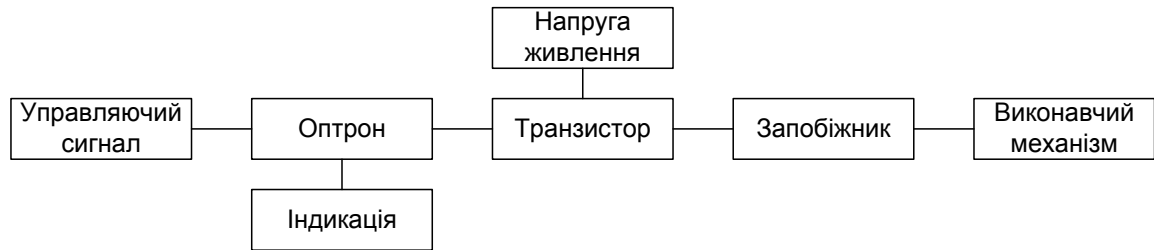


Рисунок 3.1 – Блок схема для управління одного виконавчого механізму

Оскільки за вхідними даними у нас повинно бути 7 виходів, задля можливості керування таких виконавчих механізмів, як пневморозподільники, блоку електромагнітних клапанів, тощо. Вирішено зробити схему, яка буде розділена на 2 частини, які будуть складатися з трьох та чотирьох виходів, блок схеми яких представлено на рисунках 3.2 та 3.3.

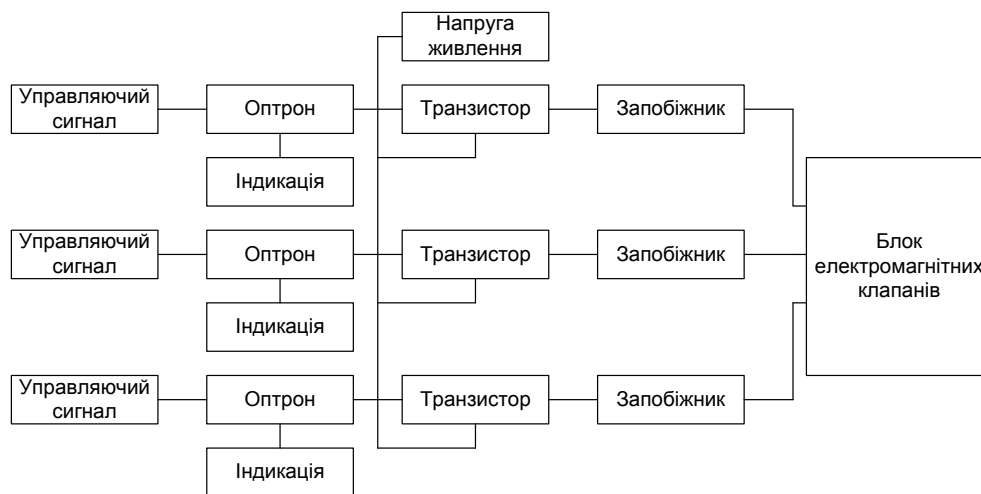


Рисунок 3.2 – Блок схема для управління трьох виконавчих механізмів



Рисунок 3.3 – Блок схема для управління чотирьох виконавчих механізмів

Задум побудови модулю електронних ключів для управління дискретних виконавчих механізмів окремими блок схемами дає поняття, що дану роботу можна застосувати у будь-якій кількості електронних ключів та розділити на різні категорії, які будуть керувати однією, двома, трьома або іншою кількістю груп виконавчих механізмів. З цього можна зробити висновок, що данна робота являється універсальною в застосуванні не тільки для кількості виконавчих механізмів або їх груп, але при підборі іншої елементної бази, її можна використовувати для більш або менш потужних виконавчих механізмів з різною напругою живлення.

Оскільки маємо конкретно поставлену задачу загальна блок схема, яка складається з двох модулів на три та чотири виходи для виконавчих механізмів зображена на рисунку 3.4. Для керування та подачі управляючих сигналів вирішено взяти ПЛК.

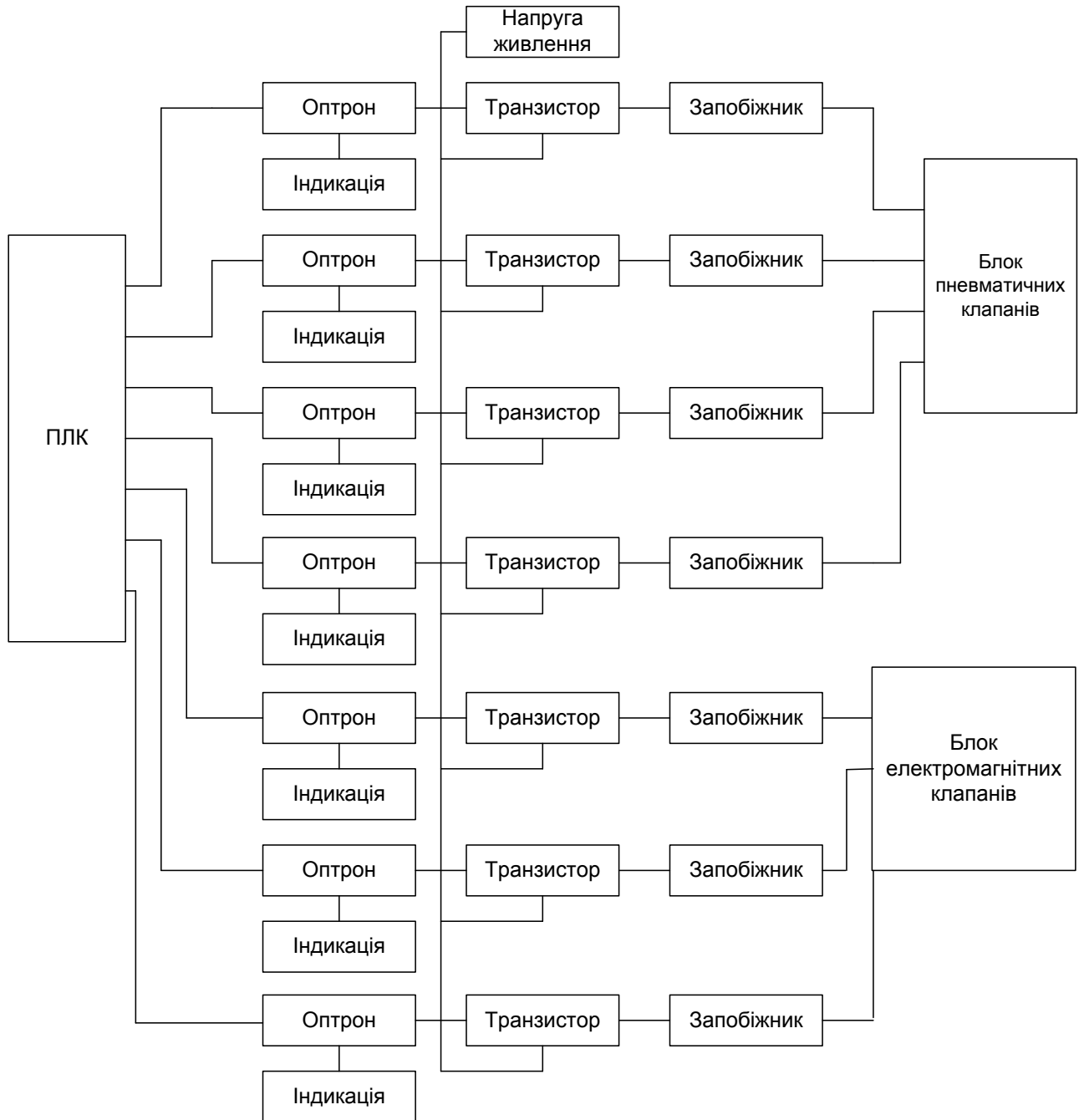


Рисунок 3.4 – Блок схема управління модулю електронних ключів

Після проведеного аналізу по вибору транзистора, на базі якого буде побудований електронний ключ потрібно побудувати схему електричну принципову. Електронний ключ хоч і являється основною частиною роботи та схеми, але він не може працювати самостійно і йому потрібні інші елементи

схеми. Пропонується побудова схеми на 7 виходів до клапанів, контакторів, пневморозподільників об'єднані у дві групи на чотири виходи до виконавчих механізмів та на три.

Модуль управління не може функціонувати без управляючих сигналів, які будуть відкривати або закривати транзистор, тому на вході маємо 7 вхідних каналів, на які будуть поступати управляючі імпульси та заземлення. Напруга, яка буде подаватися на виконавчі механізми під'єднана окремо до вихідних контактів. На виході два модулі, або роз'єми на яких буде 4 виходи з окремою подачею напруги живлення та 3 виходи з такою ж напругою живлення для виконавчих механізмів.

Оскільки маємо окрему напругу живлення яка подається на транзистор та управляючий сигнал, які мають різний вольтаж потрібно відділити управляючий сигнал від напруги живлення схеми, краще всього це зробити за допомогою гальванічної розв'язки через оптрон. Сигнал буде поступати на вхідний контакт оптрона, який запалить діод в самому оптроні та передасть на світло діод сигнал, який буде показувати, котрий з сигналів подається, після передачі сигналу на фотоприємник він буде підходити до дільника напруги, який буде передавати потрібний імпульс на управляючий контакт електронного ключа, котрий в свою чергу буде замикає контакти та передавати напругу на виконавчий механізм і він буде спрацьовувати.

Звісно ж ситуації можуть бути різні, якийсь елемент може вийти із строю або статися коротке замикання, щоб цього уникнути потрібно захистити вихідну напругу задля забезпечення захисту виконавчим механізмам, цю проблему можна вирішити звичайним запобіжником. Якщо вихідний струм перевищить задане значення, спрацює запобіжник та відключить живлення від виконавчого механізму.

Основним параметром електронного ключа повинен бути струм, який не повинен перевищувати струм виконавчого механізму. Знаючи принцип роботи та вузли системи побудовано схему електричну принципову за

допомогою програмного засобу Microsoft Visio представленому на рисунку 3.5.

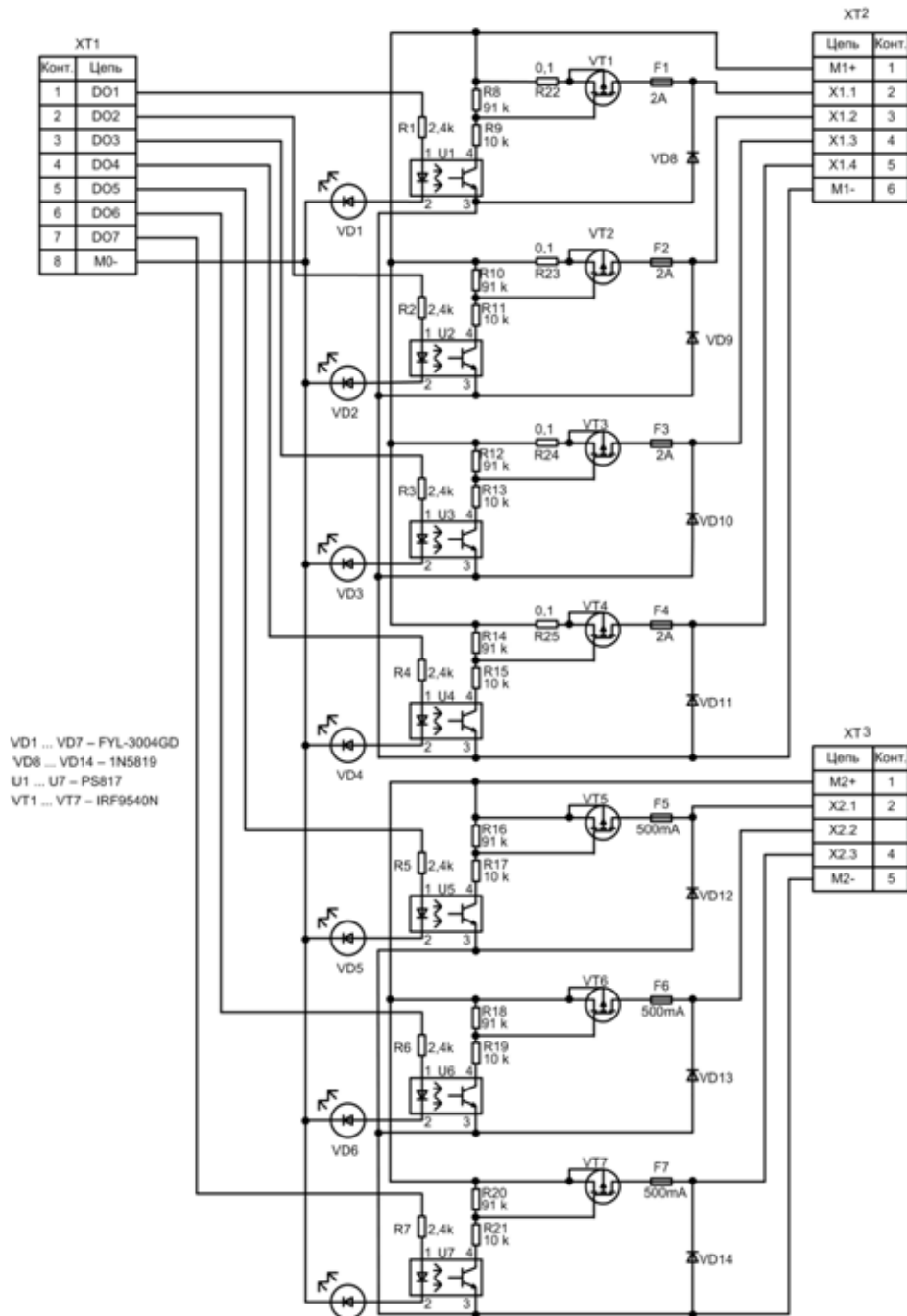


Рисунок 3.5 – Схема електрична принципова модулю управління дискретними виконавчими механізмами

3.2 Проектування модуля управління засобами Multisim

Живучи в віці інформаційних технологій, де все має колосальний розвиток на відміну від минулих часів, маємо безліч можливостей та інформації. Маючи доступ до інтернету ми в будь якій точці світу можемо віднайти потрібну нам інформацію, відстежувати хід розвитку різних галузей наук та технологій. На сьогоднішній день, використовуючи лише комп'ютер та різні засоби програмного забезпечення можна змоделювати безліч досліджень по різних схемо технічним засобам, поведінку силових схем та багато іншого.

В даній роботі ніяк не обійтися без моделювання схеми. Провівши аналіз у першому розділі різних засобів програмного забезпечення для моделювання схем було обрано середу Multisim, у якій можна провести аналіз поведінки схеми, а саме проходження сигналів та спрацьовування елементів та провести тестування розроблюємого модулю.

Для початку роботи було проведено аналіз програмної середи та ознайомлення з роботою програми, дані представлені у першому розділі.

В середі розробки електричних схем Multisim представлений великий вибір елементної бази, який оновлюється з різними версіями програмного забезпечення. Перш ніж перейти до роботи ознайомимось з декількома вікнами вибору елементів, представленому на рисунку 3.6.

Вибір елементної бази представлений за різними класифікаціями елементів, для комфортної та легкої роботи з програмою. Для початку роботи не потрібно багатої кваліфікації у даній сфері, лише базові знання роботи з програмами даного рівня, які з легкістю можна знайти в інтернеті.

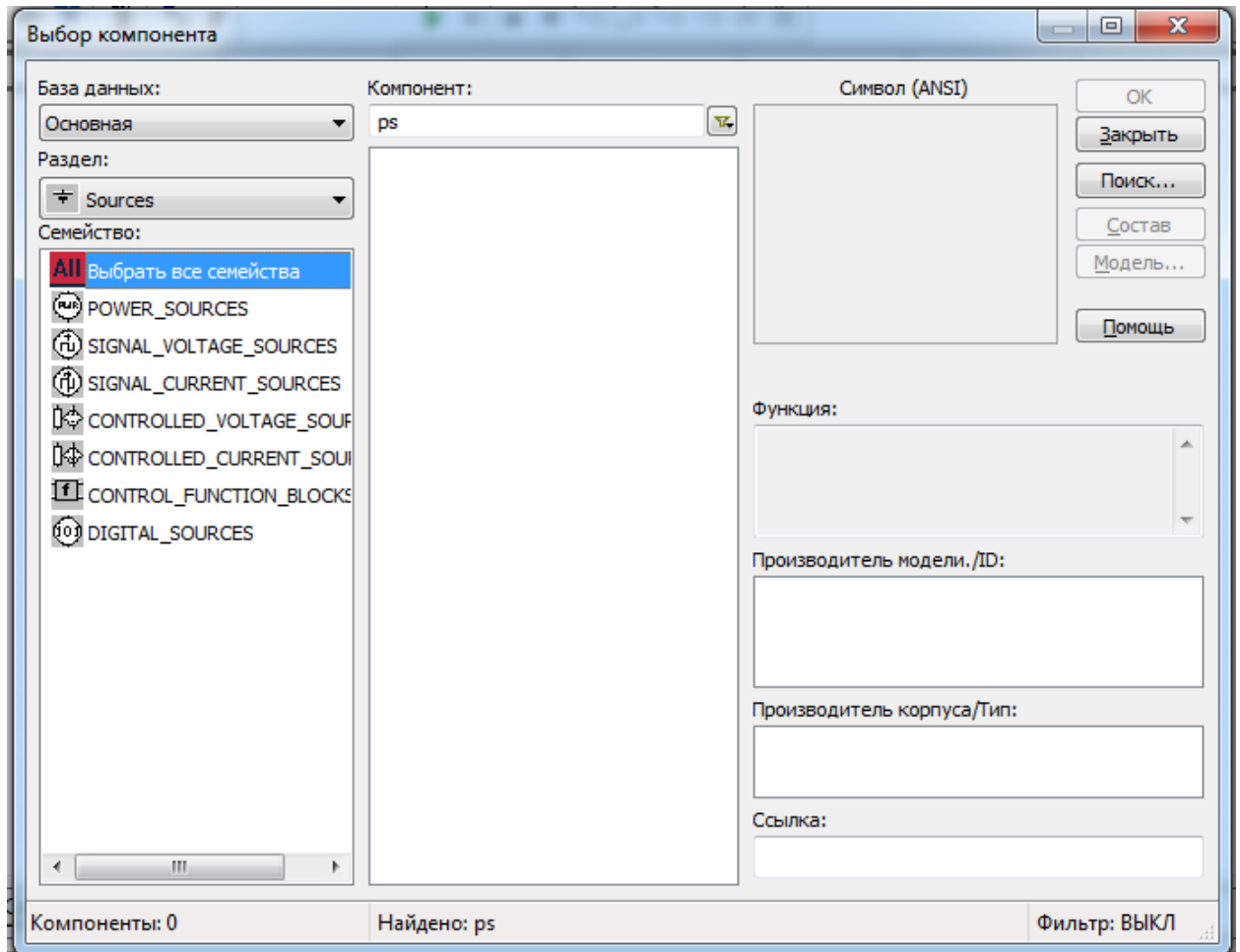


Рисунок 3.6 – Вибір елементів в Multisim

Знаючи потрібні нам елементи перейдемо до знаходження їх у програмі, за допомогою вельми зручного інтерфесу це зробити дуже легко, потрібно лише вибрати класифікацію бажаного елемента та вибрати по номеру, або у вкладці пошуку вбити серійний номер елемента та перенести його на робоче ПОЛОТНО.

Вікно вибору транзисторів представлено на рисунку 3.7.

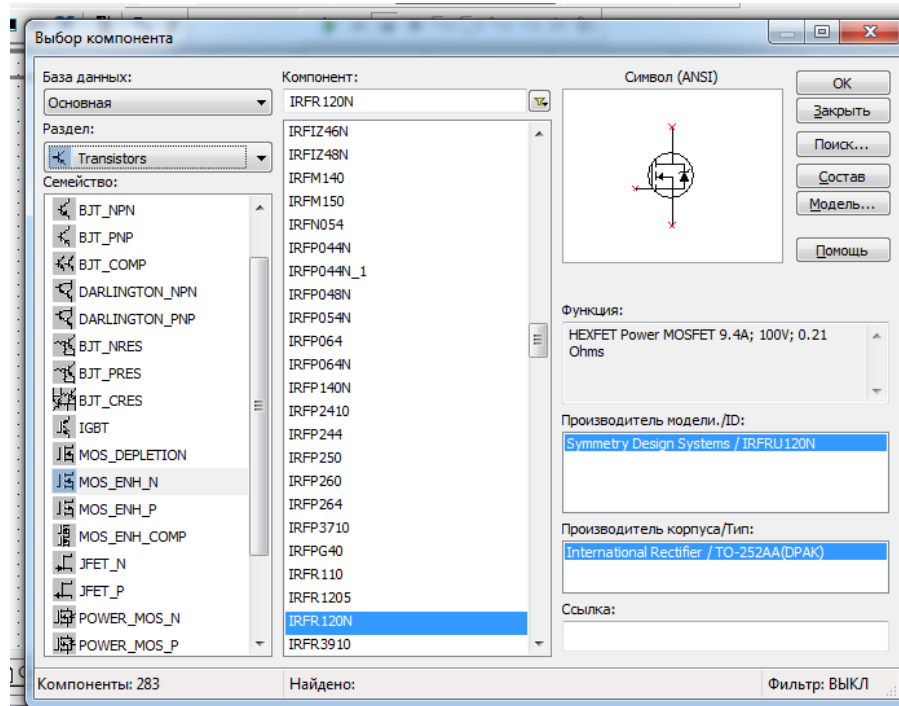


Рисунок 3.7 – Вибір транзисторів в Multisim

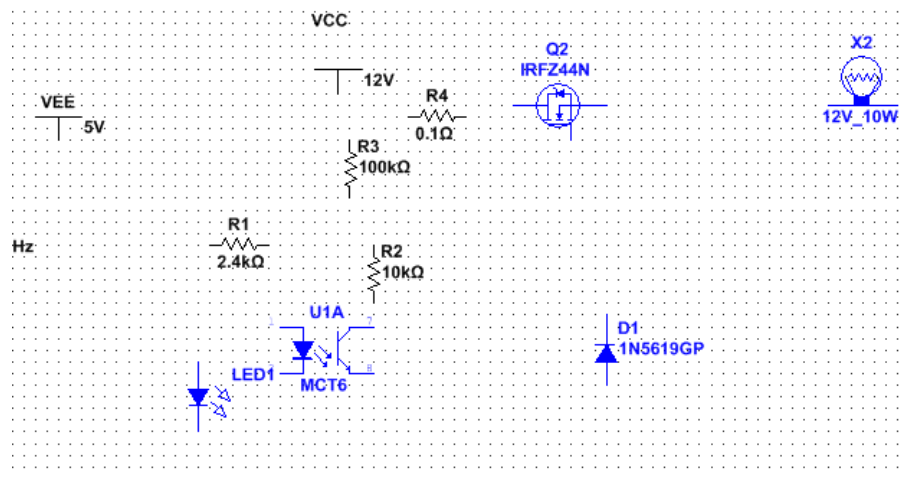


Рисунок 3.8 – Підготовка схеми для управління одного виконавчого механізму

Після пошуку потрібної нам елементної бази, було перенесено їх на робочу поверхню, представлену на рисунку 3.8.

Для початку змодельюємо схему для управління одного виконавчого механізму. З'єднаємо елементи, які маємо на робочому столі по схемі представлений у другому розділі, результат представлений на рисунку 3.9.

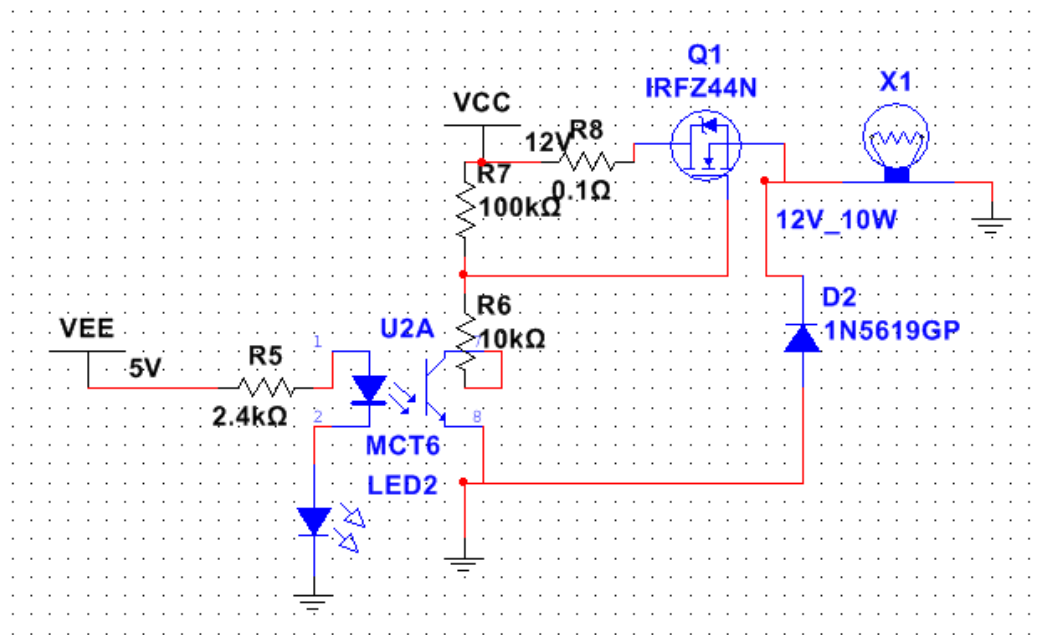


Рисунок 3.9 – Схема для управління одного виконавчого механізму

Оскільки моделювання схеми проводиться у тестовому форматі, та в Multisim немає всіх необхідних елементів для проведення повного моделювання у якості виконавчого механізму на виході буде використана лампа накали.

Напруга живлення даної схеми складає 12 В, робота даного транзистора це дозволяє оскільки діапазон його передаємої напруги складає до 100 В, у якості управляючого сигналу були використані напруга номіналом 5 В та генератор імпульсів з різною частотою. Схеми для трьох та чотирьох виконавчих механізмів представлені на рисунках 3.10 та 3.11.

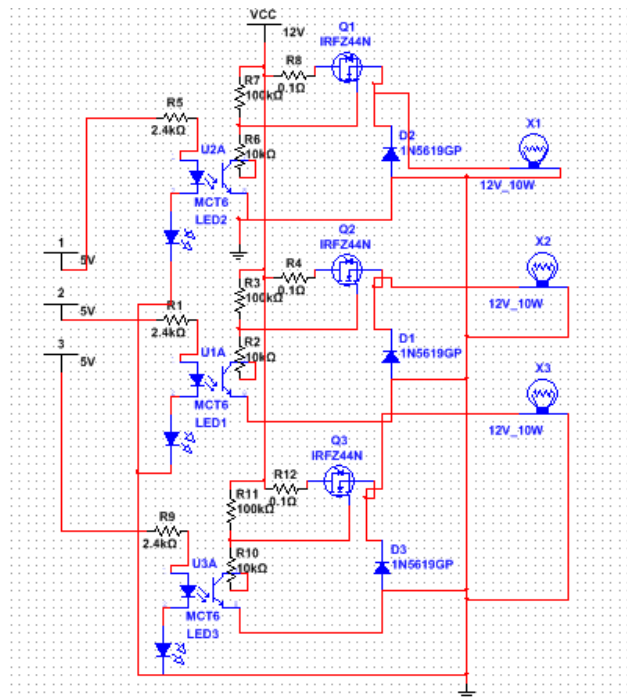


Рисунок 3.10 – Схема для управління трьох виконавчих механізмів

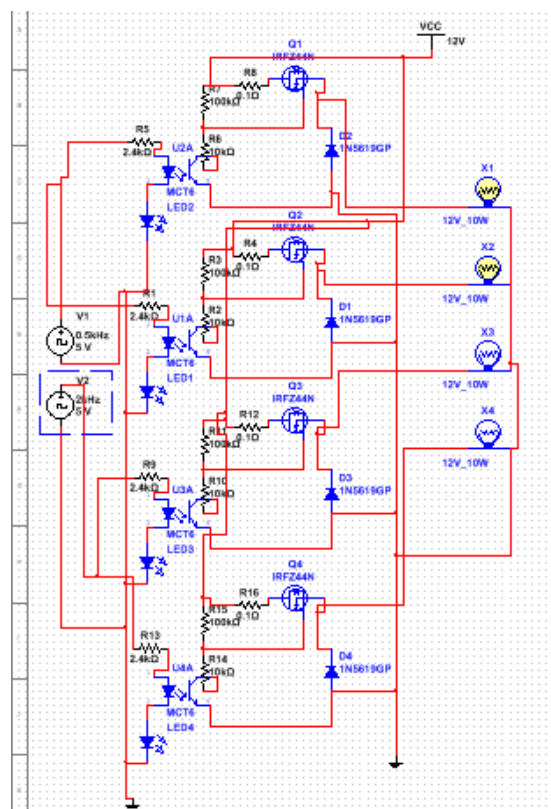


Рисунок 3.11 – Схема для управління чотирьох виконавчих механізмів

3.3 Тестування розробленого модуля засобами Multisim

Програмна середа моделювання Multisim була обрана не тільки, як середа моделювання схемотехнічних компонентів для побудови електричних схем. Вона має в собі можливість моделювання роботи схеми у реальному часі.

Оскільки підбір елементів в Multisim має обмежені можливості, знайти заданий транзистор не вдалося, на його змауну був підібраних аналог схожий по характеристикам, але він працює в нормально закритому стані.

Тобто при відсутності управляючого сигналу на виході будемо мати відкритий стан транзистора, як показано на рисунку 3.12.

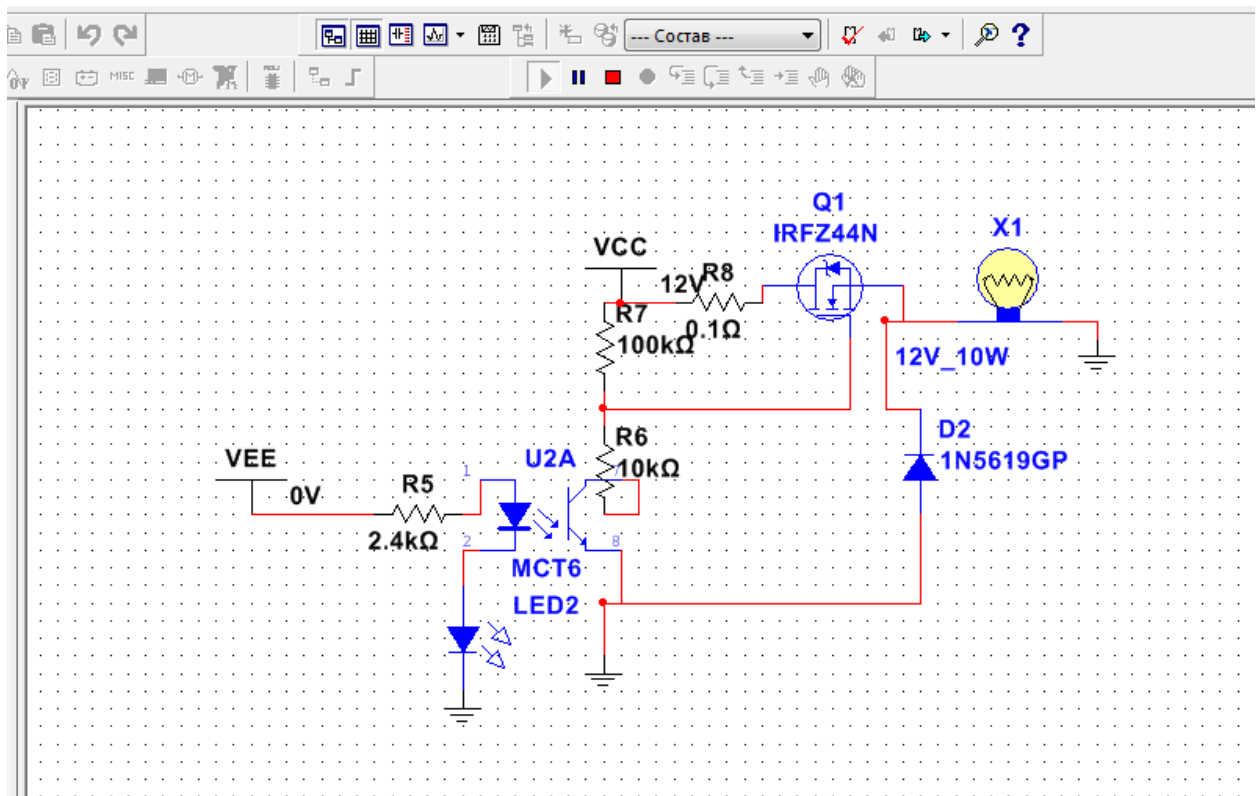


Рисунок 3.12 – Тестування роботи схеми для управління одного виконавчого механізму

При відсутності напруги живлення або неправильній побудові схеми, вона буде не працездатна. Отже перевірка відбувається тільки при умові правильного підключення компонентів та подачі напруги живлення.

Як зрозуміло з опису, при подачу управляючого сигналу на вхід, транзистор закриється та на виході буде припинена подача напруги, як зображено на рисунку 3.13.

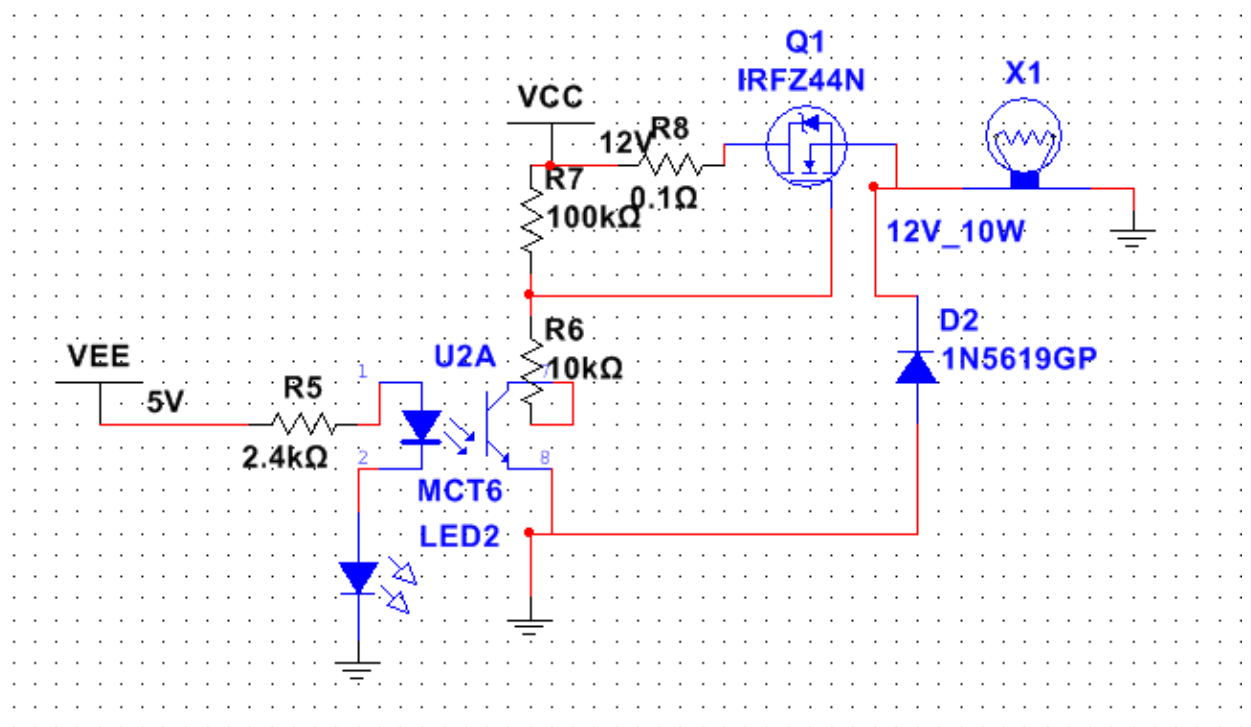


Рисунок 3.13 – Тестування роботи схеми для управління одного виконавчого механізму

Змодельована схема електронного ключа для управління одного дискретного виконавчого механізму працює. За поставленою задачею необхідно побудувати та перевірити працездатність для схеми з трьома виконавчими механізмами, як зображено на рисунку 3.14.

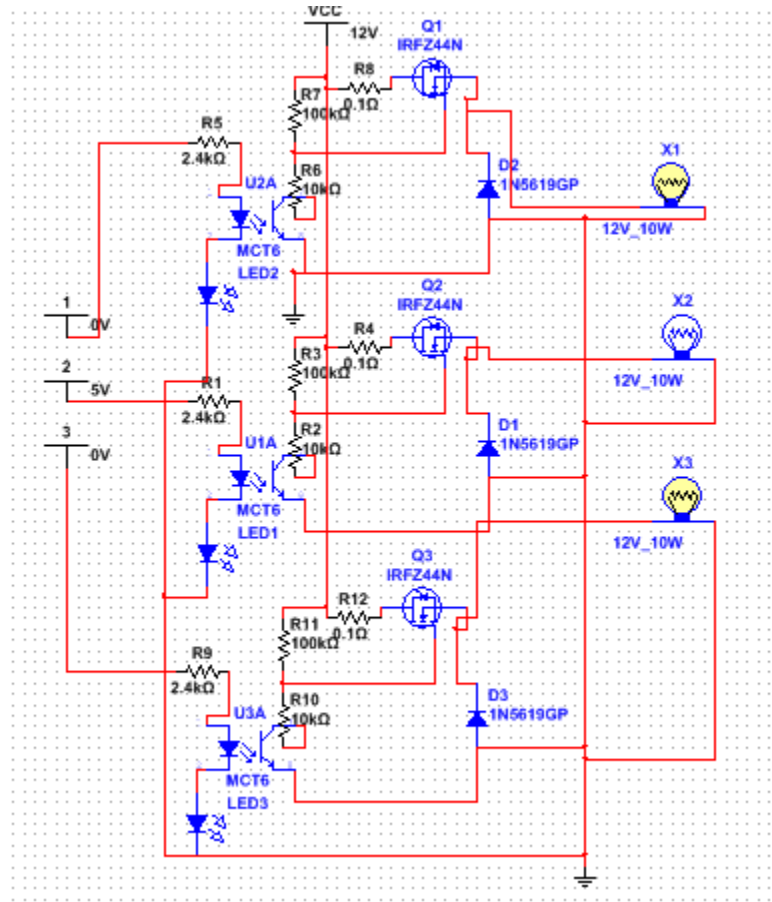


Рисунок 3.14 – Тестування роботи схеми для управління трьох виконавчих механізмів

Робота схеми аналогічна, тільки на вході маємо три управляючі сигнали, яка подаються на транзистор, котрий в свою чергу закриває або відкриває певну лінію до виконаного механізму. В якості наглядного прикладу в якості вхідного управляючого сигналу використовується напруга 5 В, на зображеннях можемо бачити включення або виключення лампочки, тобто виконавчого механізму, у зв'язку від сигналу.

На рисунку 3.15 зображено протилежний варіант спрацьовування схеми, що показує працездатність схеми при подачі на перший і третій входи логічних сигналів вимикаються лампочки, а другий працює оскільки управляючого сигналу немає.

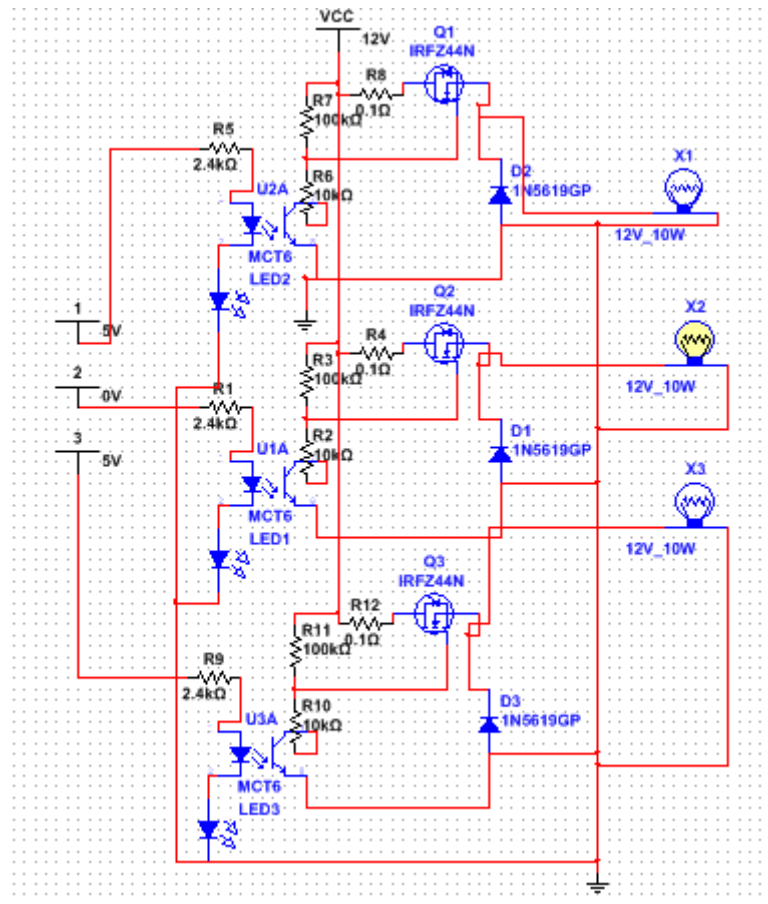


Рисунок 3.15 – Тестування роботи схеми для управління трьох виконавчих механізмів

Оскільки по всідним даним модуль електронних ключів повинен буди на сім виходім сформовано дві схеми на три та чотири виходи, лінія живлення яких підключається паралельно до кожного транзистора.

Тестування схеми на чотири виконавчі механізми зображено на рисунках 3.16 та 3.17. Робота схеми аналогічна, як у попередніх випадках, але в якості управляючого сигналу підключено генератор управляючого імпульсу окремий для першого та другого входів, третього та четвертого. Тактова частота генераторів різна та спрацьовування вихідних механізмів буде з різною частотою.

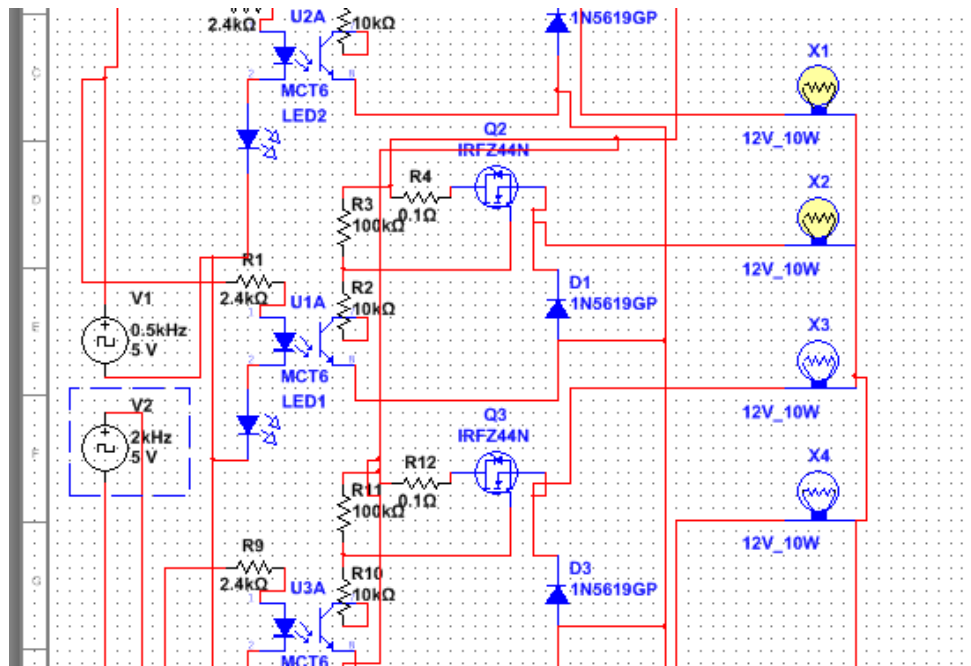


Рисунок 3.16 – Тестування роботи схеми для управління чотирьох виконавчих механізмів

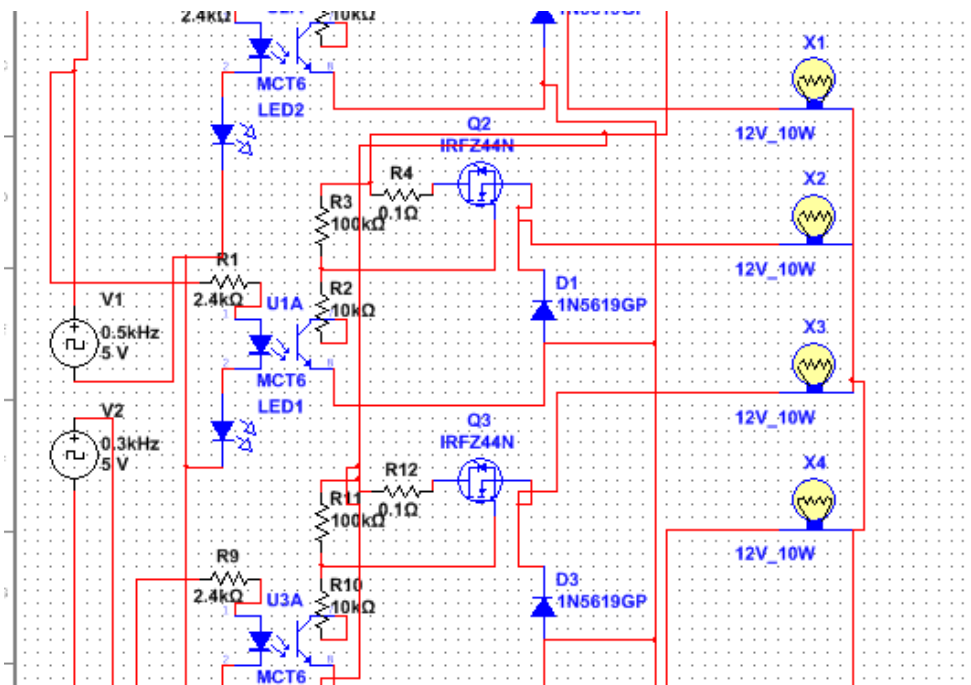


Рисунок 3.17 – Тестування роботи схеми для управління чотирьох виконавчих механізмів

3.4 Виробнича санітарія в лабораторії

Роботи в лабораторії відносяться до робіт категорії 1а – легка фізична робота, яка виконується сидячи.

Оптимальні норми мікроклімату згідно з ДСН 3.3.6.042-99: в холодний період року – температура 22-24 °С; відносна вологість 40-60 %; швидкість руху повітря не більше 0,1 м/с. У теплий період року – температура 23-25 °С; відносна вологість 40-60 %; швидкість руху повітря не більше 0,1 м/с. Забезпечується за допомогою загальнообмінної вентиляції [22].

Шум та вібрація у робочому приміщенні. У приміщенні технічного відділу причинної шуму і вібрації являються апарати, прилади і устаткування: друкуючі пристрої, комп'ютери, вентилятори, кондиціонер та ін. При їхній роботі рівень вібрації не вище 33 дБ, рівень шуму не повинен перевищувати 50 дБА, що є нормою для даного виду діяльності відповідно до НПАОП 0.00-1.28-2010 [23].

Заходи по забезпеченню встановлених норм: використання спеціальних шум-поглинаючих перегородок, застосування меблів, які сприяють зменшенню шуму і вібрації, установка апаратів і приладів на спеціальні амортизуючі підкладки.

Електробезпека. Для живлення устаткування (ПЕОМ, освітлювальні прилади) які є однофазними споживачами використовується трифазна мережа 380/220 В частотою 50 Гц з глухо заземленої нейтралі. Із цієї причини при роботі з електроприладами існує потенційна небезпека ураження людини електричним струмом, тому в правилах устрою електроустановок (згідно ПУЕ [17]) передбачені наступні заходи електробезпеки: конструктивні, схемно-конструктивні й експлуатаційні.

Конструктивні – вимоги що забезпечують захист від доторкання персоналу до струмоведучих частин. ПЕОМ мають ступінь захисту IP 44. Прилади освітлення IP-23.

Схемно-конструктивним заходом захисту є занулення електрообладнання у приміщенні. Для користувача ПЕОМ важливим є дотримання правил безпеки експлуатації електрообладнання. Так, заборонено доторкатися до дротів та з'єднань при наявності напруги в мережі, а також самостійно проводити ремонт електрообладнання. Усі питання щодо ремонту налагодження та інше, можуть виконувати тільки електрики та від повідні фахівці, які мають допуск до роботи із електрообладнанням певної категорії.

3.5 Висновки до третього розділу

У третьому розділі проведено розробку архітектури модулю електронних ключів, яка включає в себе варіанти для управління одним, трьома або чотирма виконавими механізмами та сам модулю, що свідчить про універсальність побудови для управління необхідною кількістю виконавчих механізмів. Побудовано схему електричну принципову, на базі якої проведено моделювання схеми програмними засобами Multisim. Моделювання та тестування проведено для різної кількості виконавчих механізмів, за результатами якого визнано роботу схеми управління працездатною. Графічні результати проведеного моделювання та тестування модулю електронних ключів відображено у вигляді знімків екрану. Описана виробнича санітарія у лабораторії.

ВИСНОВКИ

У атестаційній роботі магістра проведено дослідження електронних ключів на базі різних типів транзисторів, проведено моделювання та тестування розробленого модулю електронних ключів для управління дискретними виконавчими механізмами.

Проведен аналіз сучасних засобів керування дискретними виконавчими механізмами, аналіз побудови електронних ключів на базі різних типів транзисторів. Розглянуто різні програмні засоби для схемотехнічного моделювання електричних схем та за результатами аналізу обрана для роботи програмна середа Multisim.

У другому розділі проведеного дослідження побудови відомих схем управління виконавчими механізмами зроблено обґрунтування актуальності роботи. Виявлено, що за дослідженням існуючих методів управління дискретними виконавчими механізмами виявлено, що управління базується на різних елементах комутації, мають певні недоліки, які враховано в розробку модулю електронних ключів.

З'ясували, що польовий транзистор являється найефективнішим серед аналогічних комутаційних засобів, за рахунок своїх переваг. У польового транзистора є ряд переваг таких, високий вхідний опір по струму, що дозволяє транзистору у закритому стані споживати струм який прагне до нуля, висока температурна стабільність та малий рівень перешкод, накопичення неосновних носіїв заряду відсутнє у польових транзисторів із чого маємо високу швидкодію, економічний по енергоспоживанню, надійність польового транзистора, як елемента комутації набагато більша ніж у електромагнітного реле та переважає біполярний транзистор. Для використання захисту схеми та підвищення надійності буде виконана гальванічна розв'язка на базі оптрону.

У третьому розділі проведено розробку архітектури модулю електронних ключів, яка включає в себе варіанти для управління одним, трьома або чотирма виконавими механізмами та сам модулю, що свідчить про універсальність побудови для управління необхідною кількістю виконавчих механізмів. Побудовано схему електричну принципову, на базі якої проведено моделювання схеми програмними засобами Multisim. Моделювання та тестування проведено для різної кількості виконавчих механізмів, за результатами якого визнано роботу схеми управління працездатною. Графічні результати проведеного моделювання та тестування модулю електронних ключів відображено у вигляді знімків екрану. Описана виробнича санітарія у лабораторії.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008-15. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення [Текст]. – Введ. 2015-06-22. – К.: Держстандарт України, 2017. – 29 с.

2. Невлюдов І.Ш. Методичні вказівки з «Розробки й оформлення магістерської атестаційної роботи» для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітні програми: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» / Упоряд. І.Ш. Невлюдов, В.В. Косенко, В.В. Євсєєв. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 55 с.

3. Виконавчі механізми [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://electricalschool.info/main/drugoe/425-klassifikacija-jelektricheskikh.html/>. – 04.11.20. – Загол. з екрану.

4. Технічні засоби автоматизації: Підручник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.І. Филипенко, Н.П. Демська, С.П. Новоселов. – Кривий Ріг : Криворізький коледж НАУ, 2019. – 366 с.

5. Пневморозподільники [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://kipservis.ru/pnevmatika_vesta/pnevmoraspredelitel_k.htm/. – 04.10.20. – Загол. з екрану.

6. Електромагнітні клапани [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cto1s.ru/poleznaya-informaciya/gidravlicheskie-klapanu/>. – 04.10.20. – Загол. з екрану.

7. Філіппов І.Ю. Анализ електронних ключем на базе транзисторов/ И.Ю.Филиппов/ Автоматизація та приладобудування («Automation and

Development of Electronic Devices» (ADED-2020) збірник студентських наукових статей (Випуск 2) – Харків: ХНУРЕ, 2020. С.: 102 – 107

8. S.V.Vorobjova, A.N.Ignatov Nonlinear Distortions Analysis in Devices with Electronic Gain Control // IEEE international Siberian workshop and tutorials on electron device and materials proceedings. Erlagol.-2006.-р. 107-108.

9. Ключі на основі транзистора з р-п переходом [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://smekni.com/a/120810/elektronnyu-klyuch-na-polevom-tranzistore/>. – 04.10.20. – Загол. з екрану.

10. Proteus [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://radio-hobby.org/modules/instruction/proteus-redaktor-isis/obzor-redaktora-isis/>. – 04.10.20. – Загол. з екрану.

11. P-CAD [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.eurointech.ru/education/selftraining/self_pcad/Glava-1-1901.phtml/. – 24.10.20. – Загол. з екрану.

12. ATMEL studio [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.microchip.com/mplab/microchip-studio/>. – 10.10.19. – Загол. з екрану.

13. Multisim [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ikit.edu.sfu-kras.ru/CP_Electronics/pages/soft/multisim/manual.pdf/. – 04.10.20. – Загол. з екрану.

14. Управління шаговими двигунами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://web.kpi.kharkov.ua/auts/wpcontent/uploads/sites/67/2017/02/EMC_S_Kachanov_lectures.pdf. /.– 08.09.20. – Загол. з екрану.

15. Управління електромагнітними клапанами [Електронний ресурс] / Режим доступа: www/ URL: <http://ачии.рф/files/2018-10-24-aa2b69ba-ea5a-4b33-9341-6615db6c30a8.pdf> – 10.10.2020р. – Загл. с экрана.

16. Игнатов А.Н., Воробьева С.В., Савиных В.Л. Микромощные функциональные узлы на основе полевых транзисторов.//ТР.чeб.завед.связи/СпбГУТ.СПб.-2006.-№175.-с.242-249.

17. Електронне реле [Електронний ресурс] / Режим доступа: [www/ URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/leg-f-series-datasheet.pdf](http://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/leg-f-series-datasheet.pdf)– 1.10.2020р. – Загл. с екрана.

18. Біполярний транзистор MJH6284 [Електронний ресурс] / Режим доступа: [www/ URL: https://www.onsemi.com/pub/Collateral/MJH6284-D.PDF](http://www.onsemi.com/pub/Collateral/MJH6284-D.PDF)– 10.11.2020р. – Загл. с екрана.

19. Польовий транзистор IRF9540N [Електронний ресурс] / Режим доступа: [www/ URL: https://alltransistors.com/pdfdatasheet_international_rectifier/irf9540n.pdf](http://www.alltransistors.com/pdfdatasheet_international_rectifier/irf9540n.pdf)– 10.10.2020р. – Загл. с екрана.

20. Гальванічна розв'язка [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/386721/>.– 04.10.20. – Загол. з екрану.

21. Застосування оптронів [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/oborudovanie/optrony/>.– 01.11.19. – Загол. з екрану.

22.ПУЕ-2011. Правила устройства электроустановок [Текст]. – Введ. 2006-10-06. – К. : Об'єднання енергетичних підприємств «галузевий резервно-інвестиційний фонд розвитку енергетики», 2006. – 34 с.

23. НПАОП 0.00-1.28-10. Про затвердження правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин [Текст]. – Введ. 2010-04-10. – К.: Наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 2010. – 30 с.