

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДВНЗ « Ужгородський національний університет»
Інженерно-технічний факультет
кафедра електронних систем


кваліфікаційна бакалаврська робота

На тему: Контролер обертів асинхронного двигуна потужністю до 2 кВт

Студента 4 курсу

Дзямко Дмитра Ярославовича

(прізвищета ініціали)


(підпис)

Керівник кандидат фіз.-мат. наук Спесивих

Олександр Олександрович

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвищета ініціали)


(підпис)

Голова ЕК:

Лоя В.Ю. канд. тех.наук., ст. н. с. ІЕФ НАНУ.

(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання.)


(підпис)

Заяць Т.М.- канд. фіз.-мат наук,доц. кафедри ЕС.

(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання.)


(підпис)

Юркін І.М.- канд. фіз.-мат наук,доц. кафедри ЕС.

(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання)


(підпис)

Спесивих О.О.-канд. фіз.-мат наук,доц. кафедри ЕС.

(прізвище, ініціали, вчені ступінь та звання)


(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент 

(підпис)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою,

доц.  (Заяць Т. М.)

“ 15 ” вересня 2023 року

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну бакалаврську роботу
студенту Дзямко Дмитру Ярославовичу

1. Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: “Контролер обертів асинхронного двигуна потужністю до 2 кВт”.

Затверджена на засіданні кафедри електронних систем
(протокол №4 від “11” _ листопада _ 2022 року).

Затверджені Розпорядженням декана ІТФ від «12» травня 2023 року № 15

2. Термін закінчення студентом бакалаврської кваліфікаційної роботи:
10 червня 2023 року.

3. Вихідні дані до курсової роботи.

Провести пошук аналогів пристроїв керування обертами асинхронного двигуна. Проаналізувати переваги та недоліки різних аналогів об'єкту проектування.



1. Напруга живлення, мережа 50 Гц 220/380 В;
 2. Потужність електродвигуна, не більше 2.0 кВт;
 3. Робочий діапазон обертів, обр/хв 0 -1500;
 4. Номінальний струм, не більше А 4;
 5. Робоча температура, °С -35 ÷ 65.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці).
Вступ.
 1. Огляд та аналіз аналогів об'єкту проектування.
 2. Огляд і аналіз існуючих методів та схемотехнічних рішень поставленого завдання.
 3. Проектно-конструкторський розділ.
 - 3.1 Розробка структурної та принципової схем;
 - 3.2. Розрахунки режимів роботи елементів принципової схеми, вибір елементів
 4. Висновки.
 5. Перелік посилань.
 6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
 - 6.1. Структурна (функціональна) електрична схема

6.1. Структурна (функціональна) електрична схема

6.2. Електрична принципова схема.

6.3. Перелік елементів.

5. Консультанти роботи, вказати з яких розділів.

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
		доц. Спесивих О.О.	Дзямко Д.Я.
Нормоконтроль			

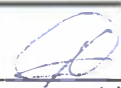
6. Дата видачі завдання 23 листопада 2022 року.

Керівник роботи  (доц. О.О. Спесивих)
(підпис)

Завдання прийняв на виконання  (Д.Я. Дзямко)
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів виконання КБР	Термін виконання етапів	Примітки
1.	Пошук та аналіз аналогів об'єкта досліджень.	до 20.12.2022 року	
2.	Огляд та аналіз аналогів.	до 20.02.2023 року	
3.	Вибір технічного рішення та обґрунтування технічної пропозиції.	до 20.03.2023 року	
4.	Синтез структурної та принципової схем, їх розрахунок.	до 20.04.2023 року	
5.	Виготовлення конструкторської документації.	до 20.05.2023 року	
6.	Оформлення кваліфікаційної бакалаврської роботи.	до 10.06.2023 року	
7.	Захист на державній екзаменаційній комісії.	Згідно з графіком захисту	

Студент  (Д.Я. Дзямко)
(підпис)

Керівник роботи  (доц. О.О. Спесивих)
(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна бакалаврська робота на тему «Контролер обертів асинхронного двигуна потужністю до 2 кВт» / УжНУ; Керівник Спесивих О. О.; Студент Дзямко Д. Я., група ЕС.

Пояснювальна записка: 50 сторінок, 23 рисунки, 20 джерел, 4 додатки.

Графічна частина: 2 листи формату А1.

Об'єкт проектування – розробка контролеру обертів асинхронного двигуна потужністю до 2 кВт.

Мета роботи: аналіз прототипу та аналогів, синтез електричної структурної схеми та її реалізація у вигляді електричної принципової схеми.

При виконанні даної роботи було проведено пошук та аналіз аналогів об'єкту проектування. На основі цих даних і вимог технічного завдання розроблено структурну та принципові схеми. Проектно конструкторський розділ містить синтез структурної та принципової схеми, опис дії пристрою і розрахунки.

АСИНХРОННИЙ ДВИГУН, КОНТРОЛЕР ОБЕРТІВ, РОЗРАХУНОК КОНТРОЛЕРУ,
ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА

ABSTRACT

Diploma project of the “Bachelor” degree: «Speed controller for the asynchronous engine with a capacity of up to 2 KVA » / UzhNU; Supervisor: Spesyvyh O. O.; Student: Dzyamko D. Y., ES group.

Explanatory note: 50 pages, 23 figures, 20 sources, 4 appendixes.

Graphic part: 2 A1 sheets.

The object of the project is the development of a controller for an asynchronous engine with a power of up to 2 kW.

The aim of the work is to analyze the prototype and analogues, synthesize the electrical structural diagram, and realize it in the form of an electrical schematic.

During the execution of this work, a search and analysis of analogues of the design object was conducted. Based on this data and the requirements of the technical assignment, structural and schematic diagrams were developed. The design and engineering section includes the synthesis of the structural and schematic diagrams, a description of the device's operation, and calculations.

Keywords:

ASYNCHRONOUS ENGINE, SPEED CONTROLLER, CALCULATION OF THE CONTROLLER, ELECTRICAL DIAGRAM

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
Інженерно-технічний факультет
Кафедра електронних систем

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою,

доц.  (Заяць Т. М.)

«15» червня 2023 року


ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

На кваліфікаційну бакалаврську роботу

на тему:

КОНТРОЛЕР ОБЕРТІВ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ПОТУЖНІСТЮ

ДО 2 КВТ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ			
Розробив		Дзямко Д.Я.		19.06	Контролер обертів асинхронного двигуна потужністю до 2 кВт	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Спесивих О.О.		19.06		У	6	50
Т.Контр.					Пояснювальна записка	УжНУ, ПФ 4 курс, гр. ЕС		
Н.Контр.		Спесивих О.О.		18.06				
Затверд.		Заяць Т. М.		18.06				

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. Огляд і аналіз існуючих аналогів об'єкту проектування	10
2. Огляд і аналіз існуючих методів та схемотехнічних рішень поставленого завдання	18
3. Проектно-конструкторський розділ	37
3.1. Синтез та аналіз структурної і принципової схем	37
3.2. Розрахунки режимів роботи елементів принципової схеми, вибір елементів	40
4. Висновки	48
5. Перелік використаних джерел	49

ДОДАТКИ

Додаток А. Структурна схема КБР.ЕС.9583004.001.Е1

Додаток Б. Принципова схема КБР.ЕС.9583004.001.Е2

Додаток В. Перелік елементів КБР.ЕС.9583004.001.ПЕ

Додаток Г. Специфікація КБР.ЕС.9583004.001.СП

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

ВСТУП

Двигуни діляться на три типи: колекторний, асинхронний і безколекторний. У більшості електроінструментів використовується перший тип. Цей електродвигун має досить компактний розмір. Його потужність значно вище, ніж у асинхронного, а вартість досить низька. Що стосується асинхронних, то цей тип в основному використовується в металообробній галузі, а також широке поширення вони отримали в вугледобувних шахтах. У побуті вони використовуються не часто.

Безколекторний електродвигун використовується там, де потрібні великі обороти, точне позиціонування і малі розміри. Наприклад, в різній медичній техніці, авіамоделюванні. Принцип роботи досить простий. Якщо рамку прямокутної форми, яка має вісь обертання, помістити між полюсами постійного магніту, то вона почне обертатися. Напрямок залежить від напрямку струму в рамці. У складі цього типу присутні якір і статор. Якір обертається, а статор стоїть нерухомо. Як правило, на якорі стоїть не одна рамка, а 4, 5 або більше.

Асинхронний двигун працює за іншим принципом. Завдяки ефекту змінного магнітного поля в статорних котушках він приводиться в обертання. Якщо заглибитися в курс фізики, то можна згадати, що навколо провідника, через який проходить струм, створюється своєрідне магнітне поле, що змушує обертатися ротор.

Можливість керування частотою обертання асинхронних електродвигунів була доведена відразу після їх винаходу. Реалізувати цю можливість вдалося лише з появою силових напівпровідникових приладів - спочатку тиристорів, а пізніше транзисторів. В даний час в усьому світі широко реалізується частотний спосіб керування, який розглядається не тільки з точки зору економії енергії, але і з точки зору вдосконалення керування технологічним процесом.

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		8

Частотно-регульований електропривод, в загальних рисах складається з трифазного електродвигуна змінного струму і інвертора, який забезпечує, як мінімум, плавний пуск електродвигуна, його зупинку, зміну швидкості і напрямку обертання. Можливість подібного регулювання покращує динаміку роботи електродвигуна і, тим самим, підвищує надійність і довговічність роботи технологічного обладнання. Більш того, інвертор дозволяє впровадити автоматизацію практично будь-якого технологічного процесу. При цьому створюється система зі зворотним зв'язком, де інвертор автоматично змінює швидкість обертання електродвигуна таким чином, щоб підтримувати на заданому рівні різні параметри системи, наприклад, тиск, температура, рівень рідини і т. п. За рахунок оптимального керування електродвигуном в залежності від навантаження, споживання електроенергії в насосних, вентиляторних, компресорних і ін. Таким чином, застосування регульованих електроприводів на основі частотних перетворювачів дозволяє створити нову технологію енергозбереження, в якій не тільки економиться електрична енергія, а й збільшується термін служби електродвигунів та технологічного обладнання в цілому.

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		9

1. Огляд та аналіз аналогів об'єкту досліджень

Теоретичні відомості

Асинхронний двигун, також відомий як двигун зі змінним струмом, є одним з найпоширеніших типів електричних двигунів. Він використовується в різних сферах, включаючи промисловість, транспорт та побутові пристрої. Основна його перевага полягає в простоті конструкції та надійності.

Асинхронний двигун працює на принципі взаємодії магнітного поля, створеного статором, з ротором, на якому розташовані провідні обмотки. При підключенні до джерела змінного струму статор створює магнітне поле що обертається, яке індукуює струми в роторі. Ці струми взаємодіють з магнітним полем статора, що призводить до обертання ротора. Оскільки ротор не синхронізується з магнітним полем статора, двигун отримав назву "асинхронний".

Приклади асинхронних двигунів включають вентилятори, насоси, компресори та електроприводи промислового обладнання. У домашній сфері вони зустрічаються в пральних машинах, посудомийних машинах та холодильниках. Велика популярність асинхронних двигунів пояснюється їхньою високою ефективністю, простотою у використанні та низькими витратами на обслуговування.

Узагалі, асинхронні двигуни відіграють важливу роль у сучасному світі, забезпечуючи потужну та надійну рухливість та виробничі процеси в багатьох галузях промисловості і побутовому секторі.

Як правило асинхронний двигун застосовується на різних виробництвах, починаючи від шахт і закінчуючи металообробними галузями. Наприклад, у вугільних шахтах для плавного пуску конвеєрних стрічок використовується пускач АПМ, в який вбудовано пристрій на тиристорах, що дозволяє плавно запустити конвеєр. Асинхронний однофазний двигун застосовується також в автомобілях, вентиляторах грубок, двигунах, які надають руху двірники, побутових вентиляторах, що живляться від напруги 220 В. У машині двигуни

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	10
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

працюють від постійної напруги 12 вольт, але плавний запуск в них не передбачений.

Для регулювання обертів асинхронного двигуна застосовуються так звані частотні перетворювачі. Ці перетворювачі дозволяють кардинально міняти форму та частоту сигналу. Як правило, такі перетворювачі зібрані на базі потужних напівпровідникових транзисторів і імпульсних модуляторів, а всіма елементами управляє ШІМ-контролер.

Слід пам'ятати: чим плавнів розгін двигуна, тим менше він відчуває перевантажень. Це стосується редукторів, конвеєрів, потужних насосів, ліфтів.

Перш ніж переходити до моделі, алгоритмів та систем керування електроприводом, потрібно точно знати, що він собою являє. Це дозволяє виявити в його ланцюзі такі моменти, які можна буде використовувати для організації плавної зміни ключових характеристик (частота/швидкість обертання, напруга). Відповідно, можна визначити параметри контролера.

Робота будь-якого асинхронного двигуна базується на збудженні на контактних обмотках магнітного поля при подачі електрики. Воно виникає на статорі – нерухомої частини двигуна, яка складається з кільцевого осердя (магнітопроводу), зібраного з окремих металевих пластин. Кожна з них має концентричні пази на внутрішній стороні кільця, які при з'єднанні утворюють поздовжні пази. Вони служать для намотування дроту, складової основу статорної обмотки [1].

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

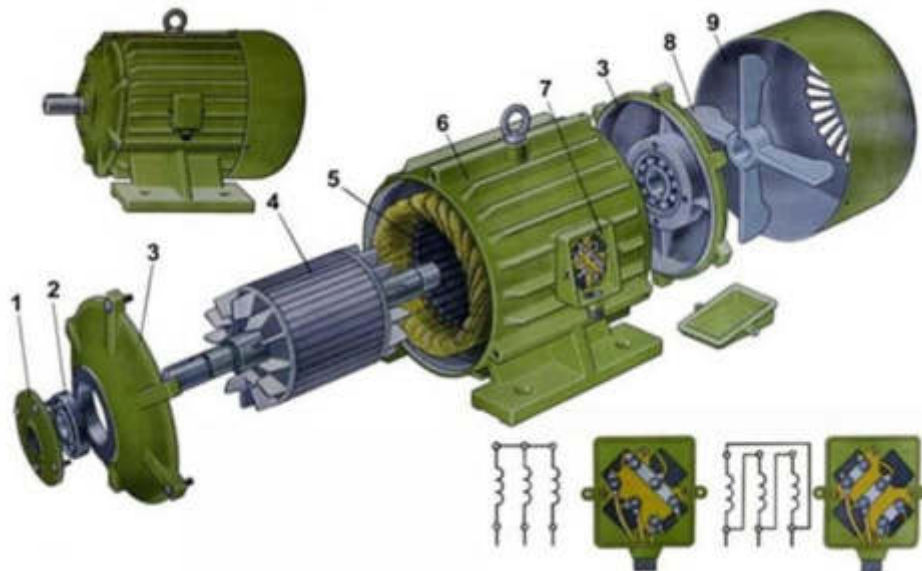


Рис. 1.1. Асинхронний трьохфазний двигун [1]

Також асинхронний двигун має рухому частину – ротор, поєднаний з приводним валом. Він також має пластинчастий сердечник з пазами, але вже на зовнішній стороні. Замість дроту використовуються мідні прутки, які замкнені пластинами по краях (такий варіант двигуна називається з короткозамкненим ротором).

За рахунок того, що частоти обертання магнітного поля статора і ротора відрізняються, в обмотках останнього за рахунок індукції наводиться електричний струм. Він, в свою чергу, спонукає електромагнітну силу, що приводить в рух ротор (обертання). Різниця частот зазвичай називається ковзанням. Його величина становить близько 2...10%.

Керування швидкістю обертання двигуна

Очевидно, що двигун в звичайному режимі роботи від мережі має стандартну швидкість, частоту обертання. Це обмежує пряме його використання, змушуючи застосовувати різні редукторні механізми для зниження частоти до необхідної. Але навіть тоді немає можливості динамічно змінювати обертів, а разом з ними, потужність, подачу, оскільки все одно залишаються фіксованими частоти на виході з двигуна і редуктора. Для

розширення існуючих рамок використовують різні способи керування асинхронним двигуном (частотні, імпульсні, фазні і т. д), які можна розділити на дві великі групи:

Скалярне керування.

Найбільшого поширення набули асинхронні електроприводи зі скалярним керуванням. Його використовують в приводах компресорів, вентиляторів, насосів і інших механізмів в яких необхідно утримувати на певному рівні або швидкість обертання валу електродвигуна (застосовується датчик швидкості), або якогось технологічного параметра (наприклад, тиск у трубопроводі, із застосуванням відповідного датчика).

Принцип дії скалярного керування асинхронним двигуном - амплітуда і частота живлячої напруги змінюються по закону $U / f^n = \text{const}$, де $n \geq 1$. Те, як буде виглядати ця залежність в конкретному випадку, залежить від вимог, висунутих навантаженням електроприводу. Як правило, в якості незалежного впливу виступає частота, а напруга при певній частоті визначається видом механічної характеристики, а також значеннями критичного і пускового моментів. Завдяки скалярному керуванню забезпечується постійна перевантажувальна здатність асинхронного двигуна, незалежна від частоти напруги, і все ж при досить низьких частотах може відбутися значне зниження моменту, що розвивається двигуном. Максимальне значення діапазону скалярного керування, при якому можливе здійснення регулювання значення швидкості обертання ротора електродвигуна, без втрати моменту опору не перевищує 1:10.

Скалярне керування асинхронним двигуном досить просто реалізується, але все ж є два значні недоліки. По-перше, якщо на валу не встановлено датчик швидкості, то неможливо здійснювати регулювання значення швидкості обертання валу, оскільки вона залежить від впливу на електропривод навантаження. Установка датчика швидкості з легкістю вирішує дану проблему, але ще одним значним недоліком залишається - відсутність можливості регулювання значення моменту на валу двигуна.

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

Можна звичайно встановити датчик моменту, але вартість подібних датчиків, як правило, перевищує вартість самого електропривода. Причому, навіть якщо встановити датчик керування моментом, то процес керування цим самим моментом виявиться неймовірно інерційним. Ще одне «але» - скалярне керування асинхронним двигуном характеризується тим, що неможливо здійснення одночасного регулювання швидкості і моменту, тому доводиться здійснювати регулювання тієї величини, яка в даний момент часу найбільш важлива в силу умов технологічного процесу.

Скалярне керування як правило, використовується на приводах двигунів компресорних, вентиляторних, насосних та інших механізмів, де потрібен контроль швидкості обертання або будь-якого іншого параметра, пов'язаного з датчиками.

Векторне керування.

Сучасні системи векторного керування пройшли довгий шлях розвитку і в даний час є найбільш поширеними серед систем електроприводу змінного струму. Вони дозволяють просто і ефективно управляти такими складними об'єктами як асинхронний двигун з короткозамкненим ротором (АД), що в свою чергу, дозволяє істотно розширити область його застосування, майже повністю витісняючи з автоматизованих керованих приводів двигуни постійного струму. Це пов'язано в першу чергу з розвитком силової електроніки, що дозволяє створювати надійні і відносно дешеві перетворювачі, а також з розвитком швидкодіючої мікроелектроніки, здатної реалізувати алгоритми керування практично будь-якої складності. Тому високоякісний асинхронний векторний електропривод (АВП) в даний час є по суті технічним стандартом.

Першим етапом процесу розвитку АВП була розробка універсальної векторно-матричної математичної моделі, що отримала назву узагальненої електричної машини, яка почалася в кінці 20-х років і завершилася в кінці 40-х років ХХ століття. Ця модель дозволяє описувати електромагнітні процеси в ідеалізованій електричній машині за допомогою апарату лінійної алгебри.

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Практичне використання моделі було відкладено на кілька десятиліть, тому що при ручних розрахунках вона не давала жодних переваг, але вимагала істотних обчислювальних витрат, теоретично ж її успішно використовували для аналізу перехідних процесів в електричних машинах.

У 1971 році Ф. Blaschke запропонував принцип побудови системи керування асинхронним двигуном, в якому використовувалася векторна модель АД з орієнтацією системи координат по потокозчепленню ротора. Сутність запропонованого методу, який отримав згодом назву векторного, полягала у використанні в системі керування передавальних функцій зворотних по відношенню до передавальних функцій векторної моделі АД, що дозволяло отримати в якості незалежних вхідних змінних системи величини, що входять в рівняння електромагнітного моменту. Тому цей принцип називається також прямим керування моментом. Крім того, для спрощення завдання в векторній моделі АД використовувалася система координат, орієнтована по одному з векторів, що входять в рівняння електромагнітного моменту, що істотно спрощувало передавальні функції системи і дозволяло визначити момент двома незалежними змінними аналогічно тому, як це робиться в двигунах постійного струму.

За три минулі десятиліття були розроблені десятки варіантів вихідних моделей АВП, реалізовані сотні пристроїв на різній елементній базі, опубліковані тисячі статей і монографій, але принцип і перша модель, запропонована Ф. Blaschke, як і раніше домінують в технічних реалізаціях.

Керування асинхронним двигуном

На відміну від скалярного векторне керування як раз полягає в можливості здійснення контролю збудження (поток). Фактично, асинхронний двигун представляється як двигун постійного струму, який має незалежні один від одного обмотки. Такий підхід дозволяє створити подібну математичну модель системи роботи контролера.

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	15
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Форми і схема векторного керування

Всі існуючі на сьогодні системи векторного керування роботою двигунів можна розділити на дві групи:

Датчикові. Блок керування роботою двигуна має з ним зворотний зв'язок по швидкості, з допомогою розташування на валу відповідних датчиків;

Бездатчикові. Це системи, які працюють без датчиків швидкості на основному валу.

Датчикові системи є більш складними, так як точність контролю становить 1:10000. Бездатчикові системи працюють на рівні не більше 1:100.

Якщо уявити все вище сказане як наочну схему, то вийде щось таке:

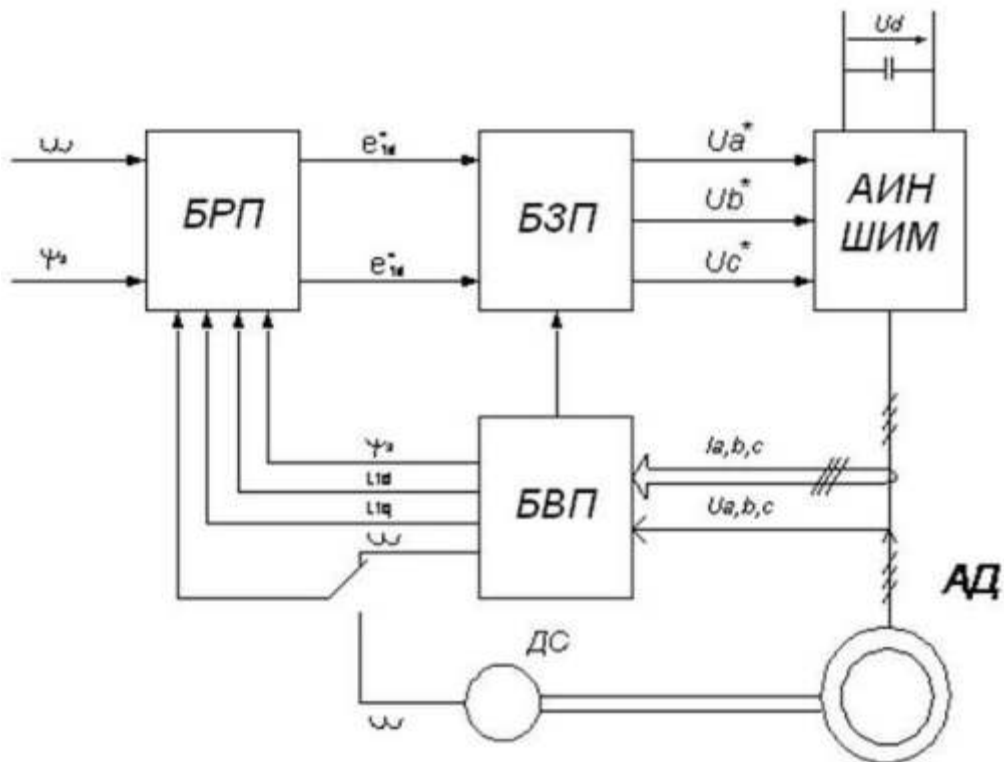


Рис. 1.2. Наочна схема керування асинхронним двигуном [1]

Тут можна бачити такі ключові компоненти системи керування, як:

- АД – власне, асинхронний двигун (об'єкт контролю);
- БРП – логічний блок регуляторів для змінних рівняння;
- БВП – логічний блок, що відповідає за обчислення за змінними;

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- БЗП – блок, що задає значення змінних;
- ДС – датчик швидкості на валу двигуна;
- АІН ШІМ – блок амплітудноімпульсної/широотно-імпульсної модуляції.

Те, що на схемі відображено у вигляді блоків, на практиці є лише параметричними елементами ланцюга керування, яка реалізується на мікроконтролері.

Керування частотними контролерами

Сучасні перетворювачі частоти струму/напруги працюють і по скалярному, і по векторному варіанту, використовуючи параметричні математичні моделі, реалізовані в програмному коді вбудованого мікроконтролера. Частотні перетворювачі електронного типу працюють на тиристорних мостових схемах і включають такі основні компоненти:

- Випрямляч – тиристорний або транзисторний міст, що перетворює змінний струм у постійний;
- Інвертор – блок АІМ/ШІМ, що працює за зворотним принципом, тобто перетворює постійний струм в змінний.

Оскільки такий перехід так чи інакше впливає на форму графіка вихідної напруги, то блоковий контролер/частотний перетворювач може використовувати в схемі дроселя і спеціальні мережеві ЕМС фільтри. Останні застосовують для зниження інтенсивності електромагнітних завад. Центральний контролер забезпечує параметричне керування схемою, а також допоміжними завданнями, наприклад, діагностикою стану, захистом від перевантажень і т. п.

В цілому, векторне керування асинхронним двигуном, організоване на сучасному контролері перетворювача частоти, дозволяє домогтися плавного регулювання ключових величин, а також побічних параметрів роботи обладнання.

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		17

2. Огляд і аналіз існуючих методів та схемотехнічних рішень поставленого завдання

Курування асинхронним двигуном широко застосовується у побутовій техніці. Наприклад на основі пральної машини, а саме керування її роботою, що включає керування асинхронним двигуном із можливістю задання швидкості і реверсу двигуна проведемо огляд аналогів.

Електронне керування пральною машиною [1]

Багато побутових пральних машин при гарних експлуатаційних якостях, таких як довговічність, надійність і зручність користування, мають мінімум сервісних можливостей, які звичайно зводяться до простого вибору одного із двох режимів прання і її тривалості.

Пристрій керування пральною машиною (наведено на рисунку 2.1) зібрано на мікросхемах серії K155 максимальна комутуюча потужність - 450 Вт, співвідношення тривалості прямого/зворотного ходу циклу прання - 1:4, 1:2, 1:1, 2:1, 4:1. Тривалість циклу - 1,2,4 хв. Тривалість прання - 2,4,6, 12 хв. Принципова схема пристрою наведена на рис.2.1. Як опорна частота для його роботи використовується частота мережі - 50 Гц. У формуванні тактових імпульсів беруть участь утворюючий тригер Шмітта елементи DD1.1, DD1.2, що обмежує напругу на рівні лог. 1 стабілітрон VD1, а також резистори R1 – R3. Через елемент DD2.1 тактові імпульси надходять на вхід складеного дільника частоти DD2DD3, що забезпечує її розподіл на 64, а потім - на лічильник DD4, додатково понижуючу частоту в 4 рази. Таким чином, період опорного сигналу для основних вузлів пристрою стає приблизно рівним 5 с (точніше, 5,12 с).

Вузол, що визначає тривалість одного циклу, зібраний на мікросхемі DD5, а співвідношення тривалості прямого/зворотного ходу регулюється мікросхемою DD7. Залежно від частоти імпульсів, що надходять на її вхід С, змінюється й тривалість циклу прання. Комутирується час (його значення

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	18
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зазначені у хв) перемикачем SA1. Регістр послідовних наближень DD7 включений за схемою, при якій перехід виходів зі стану лог. 1 у стан лог. 0 відбувається послідовно, а зі стану лог. 0 у стан лог. 1 - одночасно. Це створює можливість за допомогою перемикача SA3 одержувати імпульси з різною шпаруватістю. З обраного перемикачем SA3 виходи DD7 керуючі імпульси надходять на базу транзистора VT1, у колекторний ланцюг якого включена обмотка реле К1. Його контакти комутують пусковий конденсатор, у результаті чого й змінюється напрямок обертання двигуна пральної машини.

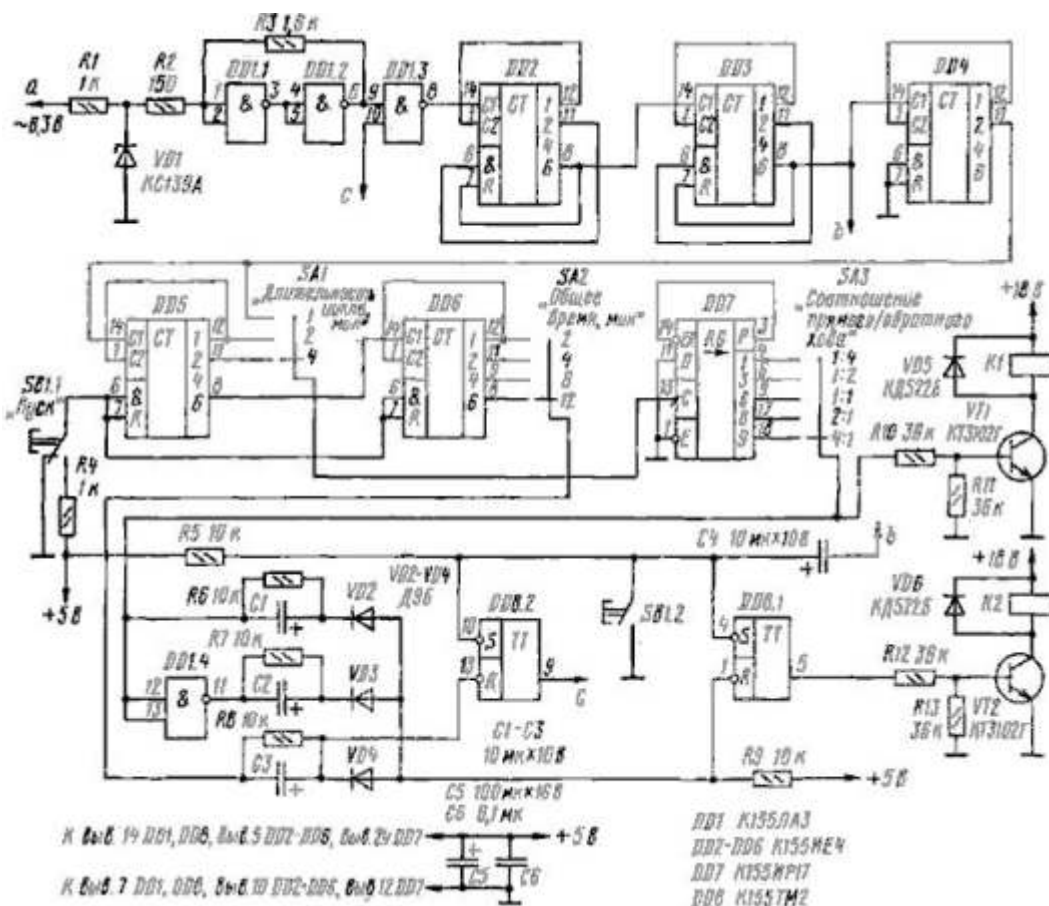


Рис.2.1. Принципова схема пристрою [2]

Загальний час роботи задається перемикачем SA2 і залежить від періоду сигналу, що знімає з одного з виходів мікросхеми DD6 і надходять на вузол керування живленням, зібраний на тригерах мікросхеми DD8. Після натискання на кнопку SA1 "Пуск" ці тригери разом з лічильниками DD5, DD6 устанавлюються в одиничний стан. При цьому дозволяється проходження

тактових імпульсів через елемент DD2.1 і відкривається транзистор VT2. У результаті замикаються контакти реле K2 і запускається двигун. Після закінчення інтервалу часу, заданого перемикачем SA2, негативний перепад напруги на одному з виходів мікросхеми DD6 перемикає тригери в нульовий стан. За рахунок імпульсів заборони, транзистор VT2 буде закритим і струм через обмотку реле K2 не тече (рис.2.2.). Після цього стан вузлів пристрою не буде мінятися до наступного натискання на кнопку "Пуск".

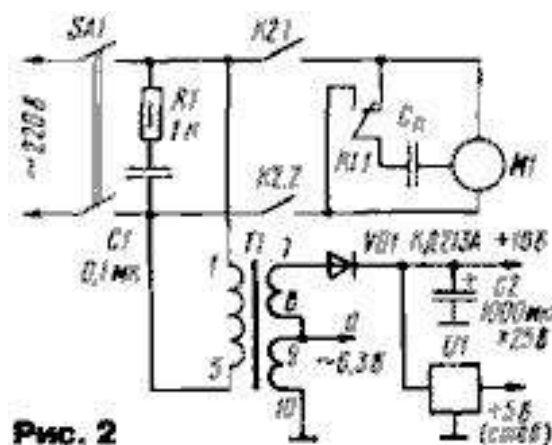


Рис. 2

Рис.2.2. Блок живлення [2]

Елементи DD2.2, VD2 - VD4, R6 - R8 і C1 – C3 забезпечують зупинку двигуна приблизно на 1 с при перемиканні прямого/зворотного ходу щоб уникнути більших механічних навантажень й ушкодження контактів реле реверса. Діоди VD5, VD6 захищають керуючі транзистори від пробією імпульсами зворотної напруги при вимиканні реле K1, K2. Кожен перепад напруги (позитивний або негативний) на виході мікросхеми DD7 викликає скидання тригера DD8.1 у нульовий стан, знеструмлюючи двигун. Повторний пуск відбувається автоматично через 1,28 с негативним імпульсом з виходу 6 мікросхеми DD3. Відсутність цілочислової кореляції й чіткої взаємозалежності між установками тривалості циклу й загальної тривалості прання не створює скільки-небудь помітних незручностей у процесі експлуатації пристрою, однак дозволяє значно спростити його схему. Для живлення пристрою використаний трансформатор Т1 (рис.2.2). Напруга 12,6 В із його послідовно з'єднаних обмоток 7-8 й 9-10 надходить на однопівперіодний випрямляч VD1C2 і далі на

блок керування. Струм, споживаний цим ланцюгом, не перевищує 150 мА. З виводів 9-10 трансформатора Т1 знімається змінна напруга опорної частоти 50 Гц, що надходить на формуючий ланцюг VD1R1 (рис.1.1). Стабілізатор U1 - на напругу +5 В стаб. і струм навантаження до 500 мА, наприклад, мікросхема КР142ЕН5А. Конденсатор Сп - типовий для конкретного виду пральної машини.

Мікропроцесорний блок керування пральною машиною [3]

Мікропроцесорний блок керування призначений для модернізації пральною машиною ЭВРИКА. Установлений у пральну машину блок, дозволяє робити прання білизни в автоматичному режимі, по програмі що задається користувачем.

Місце встановити мікропроцесорного блоку керування в пральну машину рис.2.3.

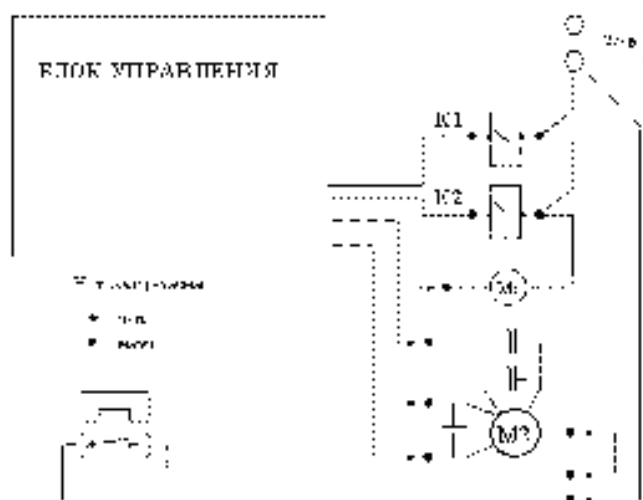


Рис.2.3. Місце встановити мікропроцесорного блоку керування в ПМ [3]

Схема керування складається із двох плат. На платі керування й індикації (рис 2.4) перебувають мікроконтролер АТ89С51, 8 кнопок керування, один здвоєний семисегментний індикатор й 9 світлодіодів що відображають хід програми.

Керування семисегментним індикатором, діодами стану й опитування стану клавіатури відбувається в динамічному режимі за допомогою двох

паралельних регістрів IP22 і двох транзисторних ключів Q1, Q2 із частотою 100 Гц. Частота формується на силовій платі детектором переходу напруги через "0".

Силова плата (рис.2.5) складається з: блоку живлення з вихідними напругами 12 вольтів для живлення силових реле, 5 вольт для живлення цифрової частини, двох оптоісторів TO122, детектора переходу напруги через "0" на оптроні АОТ101, силових реле для керування машиною [3].

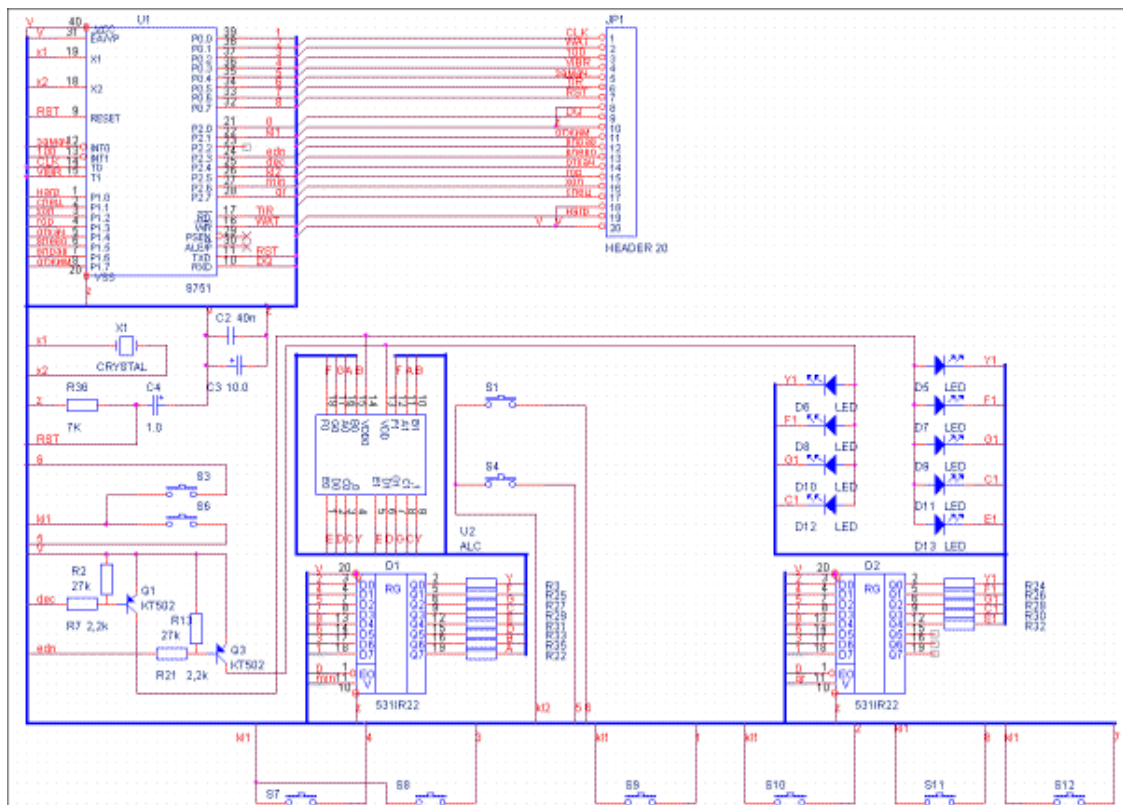


Рис.2.4. Плати керування й індикації

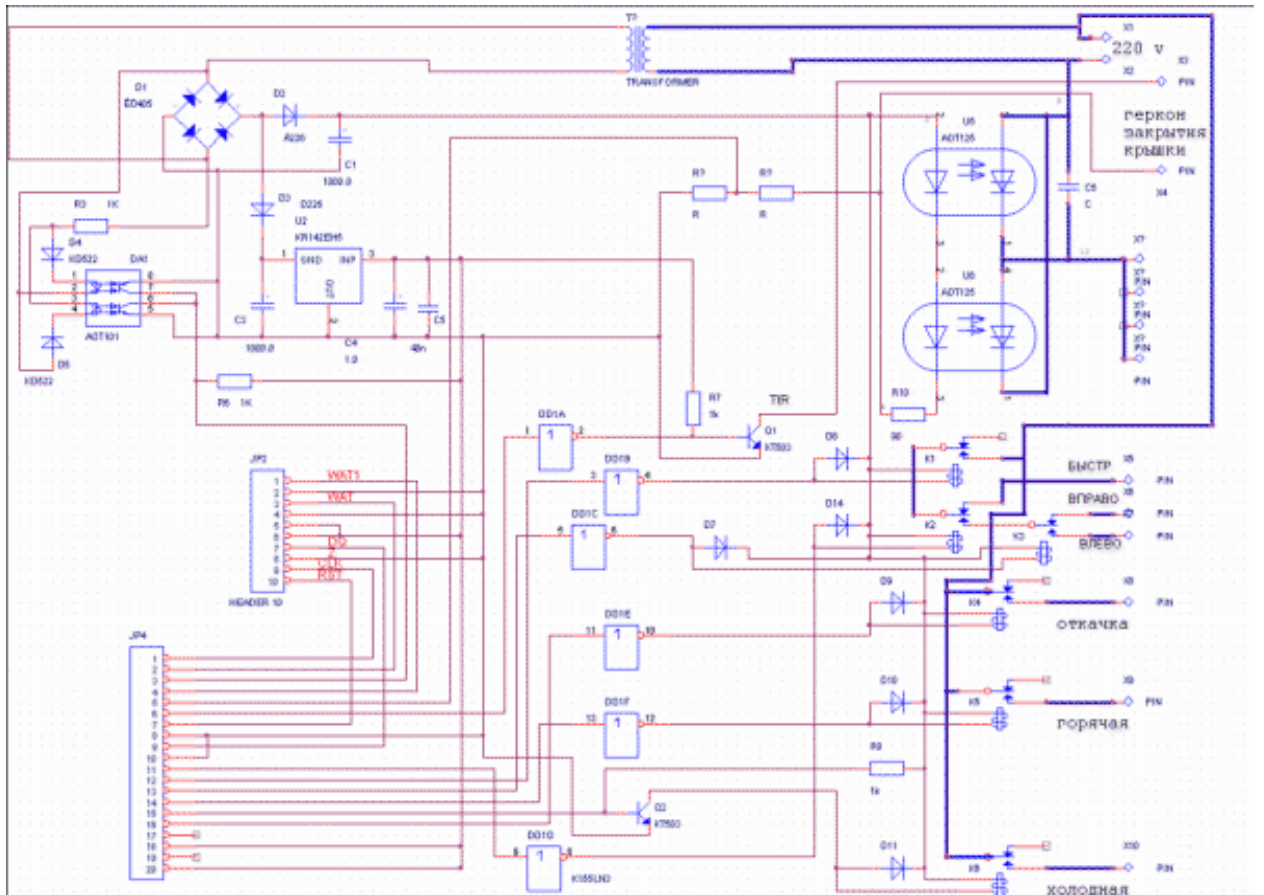


Рис.2.5. Силовая плата

Релейна схема силової комутації здійснює всі перемикання тільки при знеструмлених ланцюгах, загальне відключення здійснюється за допомогою двох включених паралельно оптотиристорів ТО122. Це дозволяє використати більше малопотужні (дешеві) реле тому що перехідні процеси в них відсутні.

Блок керування пральною машиною БУСМ-4 [4]

БУСМ-4 забезпечує прийом інформації від: датчика тиску (чотири рівні води); температурного датчика; таходатчика; клавіатури; датчика кришки.

По цій інформації, а також відповідно до циклограми прання БУСМ-4 управляє: роботою асинхронного електродвигуна ([ДАУ-250-12](#), АИР-56 й ін.); чотирма водяними клапанами; зливальним насосом; нагрівальним елементом (ТЭН). Зовнішній вид БУСМ-4 рис. 2.6.



Рис. 2.6. Зовнішній вид БУСМ-4 [4]

БУСМ-4 має можливість електронного балансування на віджимі й тестування основних несправностей (відсутність зливу, затоки, обертання, нагрівання). Обертання асинхронного двигуна забезпечується з точністю 3% із частотою від 300 про/хв до 12 000 про/хв.. У БУСМ-4 закладена можливість тестування роботи основних пристроїв, а також можливість більше докладної розшифровки помилок що виникли для полегшення знаходження несправності.

Вироблений НПО "Кинетик" блок керування пральної машини легко перепрограмується по циклограмах замовника й забезпечує більше 80 програм прання.

Універсальний електронний модуль для пральних машин [5]

Приведена конструкція - універсального електронного модуля для пральних машин. Він може бути використаний замість штатних модулів у ПМ із асинхронними, колекторними й комбінованими асинхронно-колекторними приводними моторами. Основні його переваги - універсальність, низька вартість, простота, висока ремонтпридатність.

Універсальний електронний модуль призначений для установки замість штатних модулів ПМ. Модуль виконаний на основі мікроконтролера й не вимагає підключення командо-апарату. Відзначимо, що якщо в ПМ уже має штатний командо-апарат, після установки модуля він буде виконувати тільки декоративну функцію.

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	24
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Зовнішній вигляд універсального електронного модуля показаний на рис. 2.7.

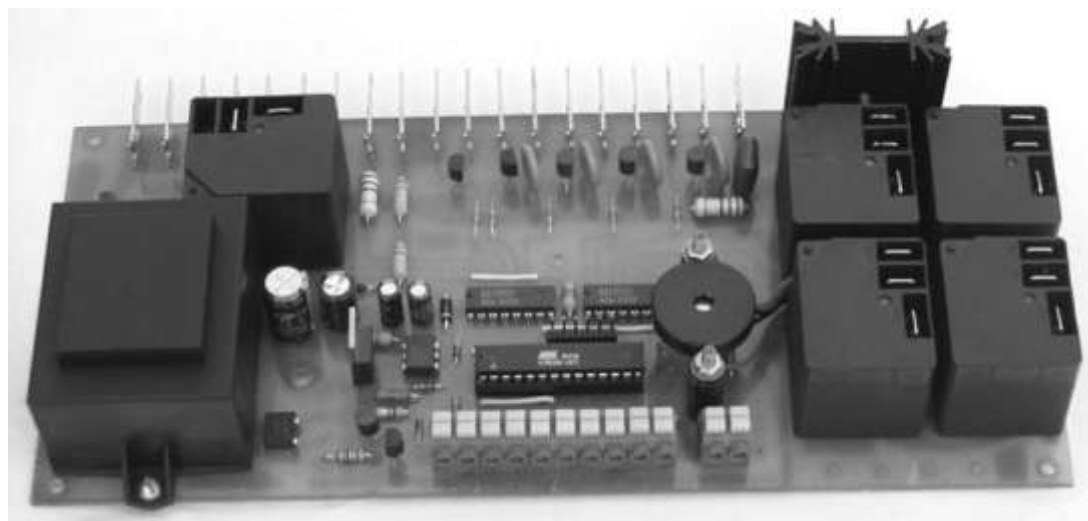


Рис. 2.7. Зовнішній вигляд універсального електронного модуля [5]

Керування модулем відбувається по інфрачервоному каналі від телевізійного пульта дистанційного керування (ПДУ). Для зниження ймовірності виходу з ладу мікроконтролера (у ланцюгах керування силовими навантаженнями), у ньому застосовані інтегральні буферні ключі типу ULN2003, також у ланцюзі формувача сигналів з тахогенератора використовується оптрон. Застосування оптрона, крім забезпечення гальванічної розв'язки підвищує перешкодозахищеність мікроконтролера від наведень працюючого колекторного приводного мотора, що особливо важливо при підвищеному зношуванні щіток.

Основні функції модуля і його керування. Універсальний модуль забезпечує апаратно-програмне керування наступними елементами в складі ПМ: асинхронними або колекторними приводними моторами; помпою; клапанами затоки води; пристроєм блокування люка; теном. Він також забезпечує прийом й обробку сигналів від елементів: контрольної контактної групи замка дверцята люка; датчика рівня води; датчика температури; датчика вібрації (якщо є необхідність у його установці). Принципова електрична схема модуля наведена на рис.2.8.

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	25
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

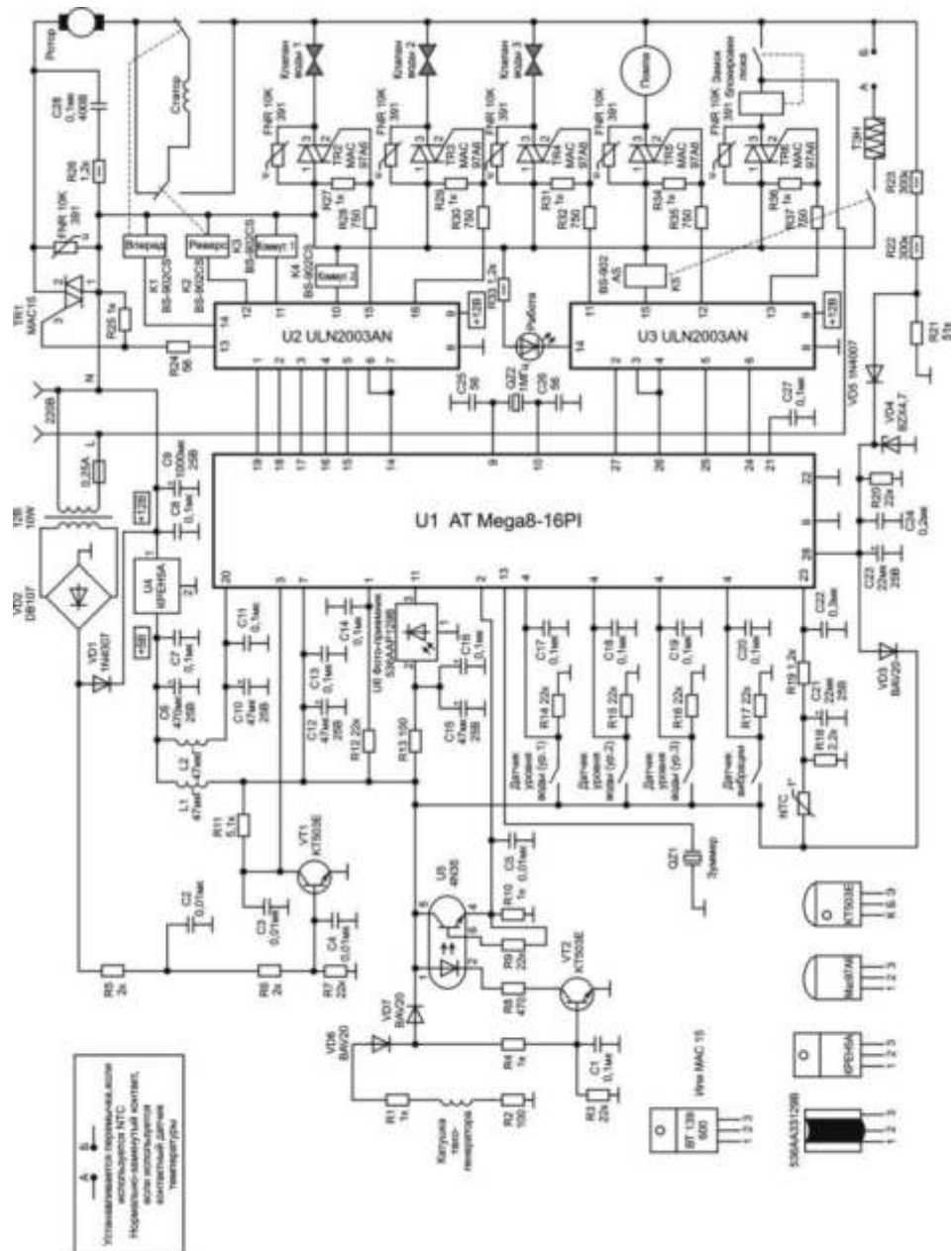


Рис. 2.8. Принципова електрична схема модуля [5]

Електронний модуль керування DMPU [6]

Електронний модуль типу DMPU використовується в пральних машинах ARDO і призначений для керування наступними вузлами пральної машини: колекторним двигуном змінного струму; клапаном затоки холодної води; зливальним насосом; двигуном програматора (таймера).

На модуль DMPU надходять сигнали від наступних вузлів пральних машин: від контактних груп програматора (1, 3, 5); від кнопок і ручок

додаткових функцій; від терморезистора й регулятора температури; від реле рівня води в баці; від тахометра швидкості обертання барабана.

Модуль DMPU включається в загальну схему пральної машини за допомогою трьох з'єднувачів: CNA, CNB, CNC. З'єднувач CNA: A01 - вхід сигналу від температурного зонда (терморезистора) про нагрівання води; A02 - загальне проведення; A03 - вхід сигналу з тахогенератора про швидкості обертання барабана; A04 - загальний провід; A05, A07 - живлення статорної обмотки приводного двигуна; A06 - не використовується; A08, A09 - живлення роторної обмотки приводного двигуна; A10, A11 - ланцюг термозахисту двигуна. З'єднувач CNB: B01 - не використовується; B02 - кнопка «додаткове полоскання» (EK); B03 - кнопка «зупинка з водою в баці» (RSS); B04 - кнопка «відключення центрифуги» (SDE); B05 - кнопка «ощадливий режим» (E); B06 - кнопка «половинне завантаження» (LWS); B07 - сигнал регулювання швидкості віджиму; B08 - сигнал регулювання температури нагрівання води; B09 - живлення для всіх кнопок передньої панелі; B10 - загальний провід; B11 - загальний провід; B 12 - вихід на клапан холодної води.

З'єднувач CNC: C01 - живлення модуля змінною напругою -220 В, фаза (F); C02 - вихід на зливальну помпу (DPM); C03 - живлення двигуна таймера (TM); C04 - живлення модуля -220 В, нейтраль (N); C05 - вхід сигналу з датчика рівня води; C06 - загальна інформаційна шина перемикачів таймера; C07 - вхід з контакту 3Т таймера; C08 - вхід з контакту 1Т таймера; C09 - вхід з контакту 5Т таймера; C10 - вхід з контакту 3В таймери; C11 - вхід з контакту 5В таймера; C12 - вхід з контакту 1В таймера. Функціональна схема пральної машини ARDO на основі електронного модуля DMPU наведена на рис. 2.9.

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	27
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

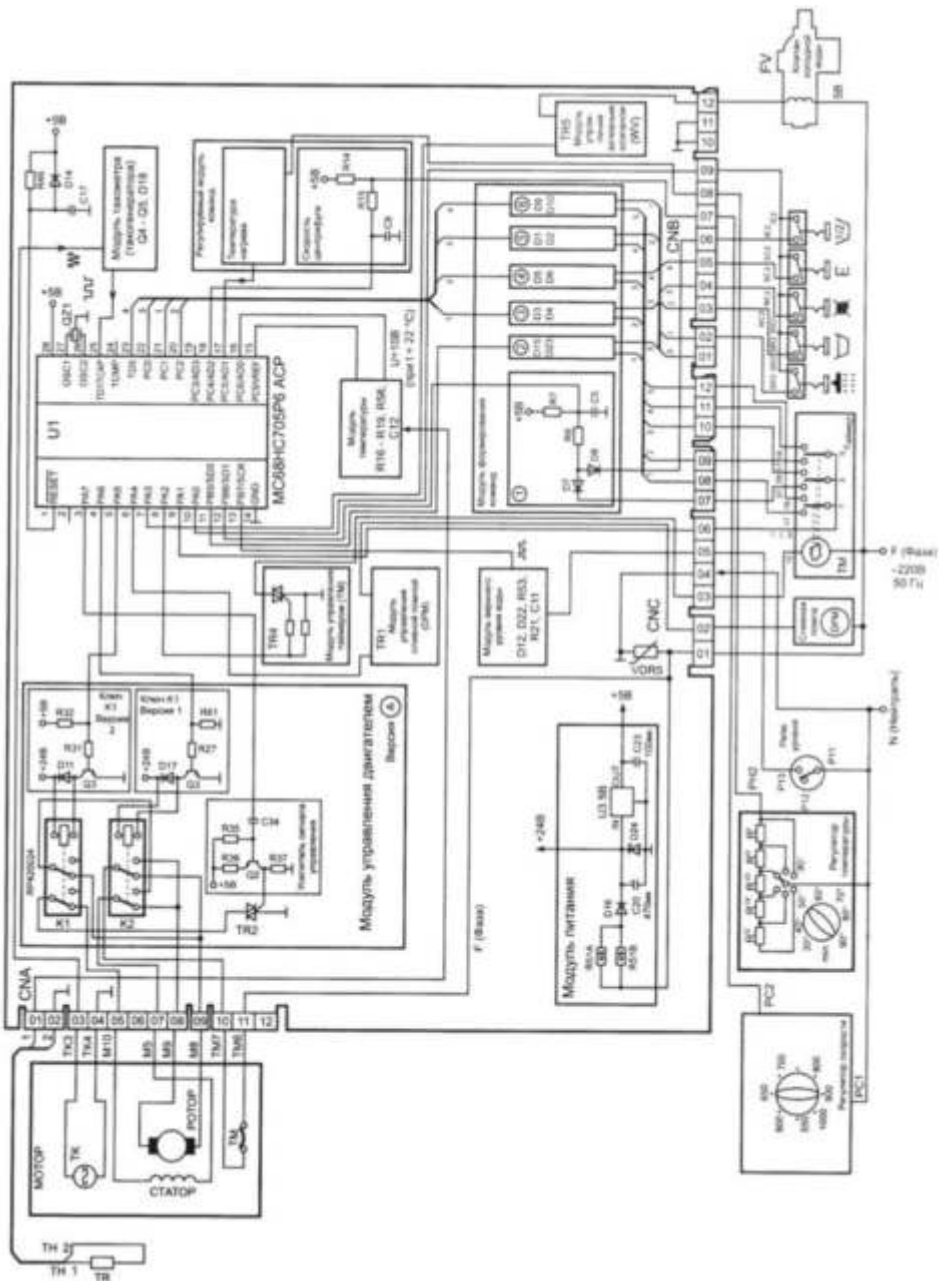


Рис. 2.9. Функціональна схема пральної машини ARDO на основі електронного модуля DMPU [6]

Вона складається з наступних елементів: мікроконтролера сімейства HC05; модуля живлення; модуля формування команд; регульованого модуля команд; модуля температури; модуля тахогенератора; модуля контролю верхнього рівня води; модуля керування двигуном; модулів керування zalивним клапаном, зливальною помпою, двигуном таймера; модуля захисту.

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Схема керування для асинхронного двигуна, на ATtiny2313 [7]

Для початку, на невеликому прикладі розберемося з мінімальною схемою такого підключення (рис. 2.10), з її елементами і їх призначенням.

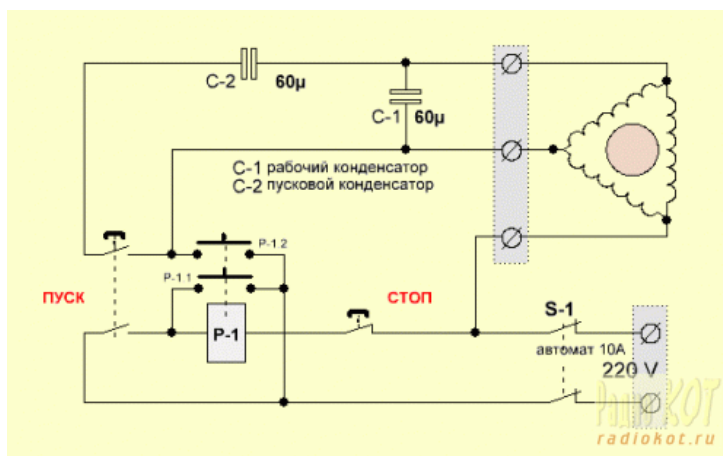


Рис. 2.10. Мінімальна схема підключення старт/стоп, без реверсу [7]

S1 - це автоматичний вимикач він захищає ланцюг керування від короткого замикання.

«Стоп» - кнопка, що дозволяє зробити зупинку роботи схеми.

«Пуск» - кнопка, яка запускає схему в дію.

P-1 - магнітний пускач, основа даної схеми.

Працює це все наступним чином: подаємо напругу на силову частину схеми і на схему керування (в нашому випадку, це відбувається за допомогою автоматичного вимикача S1). Потім натискаємо кнопку «Пуск», при цьому живлення подається на котушку магнітного пускача P-1.

Що відбувається далі: магнітний пускач P-1 «спрацьовує», силові контакти пускача замкнуться, що призведе до подачі напруги на двигун і його пуску.

При цьому, за допомогою блокувальних контактів P-1.1 блокує сам себе, і коли ми відпустимо кнопку «Пуск», живлення на пускач буде надходити через заблоковані контакти P-1.1 і схема запрацює.

А так же, утримуючи кнопку «Пуск» в натиснутому стані, підключаються додаткові пускові конденсатори двигуна (при відпущеній кнопці, пускові конденсатори, в роботі схеми участі не приймають).

Вимкнути її можна, натиснувши на кнопку «Стоп», це розірве ланцюг живлення котушки пускача, що призведе до зупинки роботи схеми (або за допомогою автоматичного вимикача S1).

Схема керування асинхронним електродвигуном 220V, старт/стоп, без реверсу на ATtiny2313 представлена на рис 2.11.

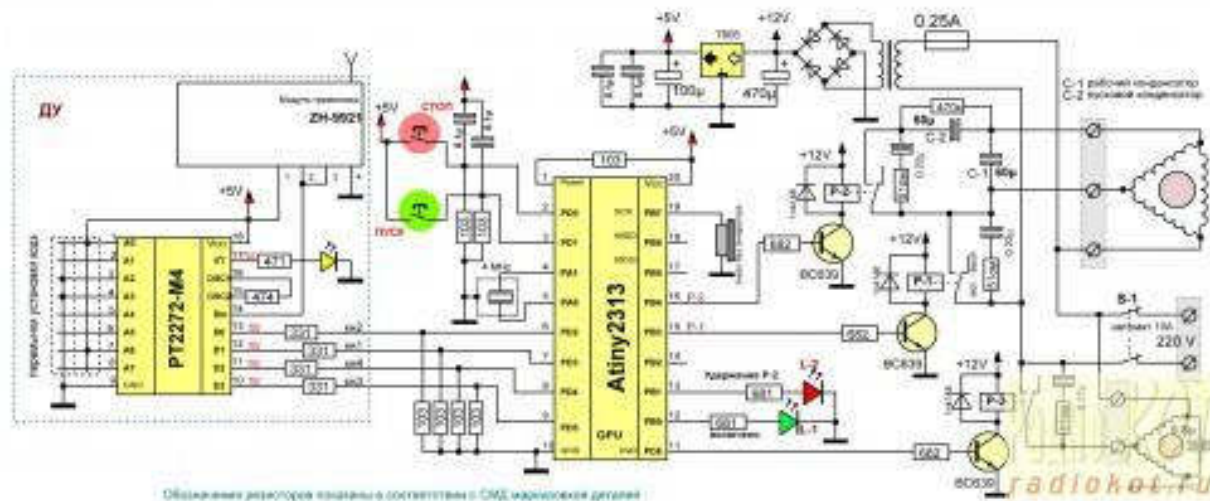


Рис. 2.11. Схема керування для асинхронного двигуна, на ATtiny2313 [7]

Ручне керування двома кнопками, без фіксації ПУСК, СТОП. Функції:

1) Натискання кнопки ПУСК (до 6 сек.), Подає живлення 220V на двигун (реле-1), і підключає (реле-2) додаткові пускові конденсатори (на час утримання кнопки ПУСК);

2) Тривале натискання кнопки ПУСК (більше 6 сек.), подає живлення 220V на двигун, і ставить реле пускових конденсаторів на утримання (якщо потрібно посиленій крутний момент).

3) Після запуску двигуна (реле-1, реле-2), з невеликою затримкою включиться (реле-3), це для додаткового повітряного вентилятора охолодження електродвигуна (якщо раптом, в цьому є необхідність).

4) Натискання кнопки СТОП (до 5 сек.), Відключає живлення 220V (реле-1 і реле-2) повітряний вентилятор (реле-3) продовжує працювати ще 8 хвилин.

5) Тривале натискання кнопки СТОП (більше 5 сек.) Зробить відключення повітряного вентилятора (реле-3).

Індикація стану роботи схеми світлодіодами:

- Світлодіод L-1, при подачі живлення на електродвигун горить постійно, в режимі очікування блимає (реле-1 відключено).

- Світлодіод L-2, горить тільки коли реле-2 в режимі утримання (підключені пускові конденсатори постійно).

Дистанційне керування на готовому радіо модулі, на базі мікросхем РТ2262, РТ2272. Всі команди з пульта подаються короткочасними натисканнями кнопок і дублюють команди кнопок ПУСК - СТОП і всі попередні функції 1, 2, 3, 4, 5.

Дублювання керування функціями пуск, стоп, дистанційно (чотири кнопки):

- кн0 ПУСК подає живлення 220V на двигун (реле-1), і підключає (реле-2) додаткові пускові конденсатори на 8 секунд.

- Кн1 ПУСК + подає живлення 220V на двигун, і ставить реле пускових конденсаторів на утримання.

- КН2 СТОП відключає живлення 220V (реле-1 і реле-2) повітряний вентилятор (реле-3) продовжує працювати ще 8 хвилин.

- кн3 стоп відключає живлення 220V і все реле (реле-1, реле-2 і реле-3).

Бuzzer (п'єзо без генератора), це сигналізація для забудькуватих. Через чотири години бездіяльності схеми, він почне подавати переривчастий звуковий сигнал, сигналізуючи про те, що апарат підключений до мережі і по всій видимості знаходиться без нагляду.

Керування частотою обертання [8]

Використовуючи пропонований пристрій, можна не тільки живити трифазний асинхронний електродвигун від однофазної мережі, але і плавно регулювати частоту його обертання.

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	31
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Регулятор частоти обертання істотно покращує характеристики трифазного асинхронного двигуна (ТАД). Описується пристрій дозволяє живити ТАД від однофазної мережі практично без втрати потужності, регулювати пусковий момент, регулювати в широких межах частоту обертання як на холостому ходу, так і при навантаженні, а також головне - збільшувати максимальну частоту обертання більше номінальної.

Пропонований пристрій експлуатується з ТАД потужністю 120 Вт і номінальною частотою обертання 3000 об / хв.

Схема регулятора наведена на рис. 2.12. На елементах DD1.1-DD2.1 зібраний задаючий генератор із змінною в межах 30 ... 800 Гц частотою. Регулюють частоту змінним резистором R3. Лічильник DD2, елемент І-НЕ DD2.2 і чотири елементи DD3.1-DD3.4 входять до складу формувача імпульсів трифазної послідовності (ФІТ), який перетворює постійну напругу в сигнали прямокутної форми, зсунуті по фазі на 120 градусів. На рис. 2.13. приведені епюри напруги в характерних точках.

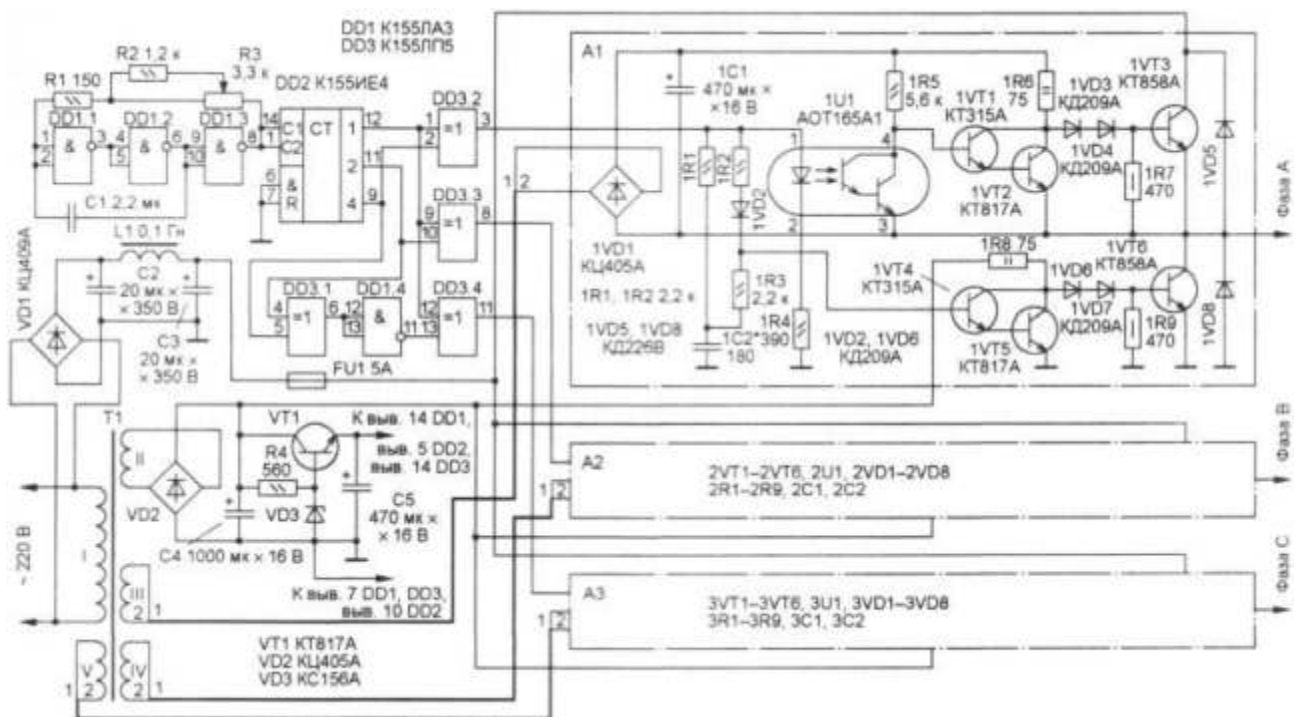


Рис. 2.12. Схема регулятора [8]

На транзисторах 1VT1-1VT6, 2VT1-2VT6, 3VT1- 3VT6 зібрані три однакових підсилювача, по одному на кожну фазу ТАД. На рис. 1 наведена схема тільки одного підсилювача. Схеми інших точно такі ж. Розглянемо роботу одного з них (верхнього за схемою). Коли на виході елемента DD3.2 з'являється високий рівень, відкривається складовою транзистор 1VT4, 1VT5, а вихідний транзистор 1VT6 закривається. Крім того, високий рівень надходить на вхід транзисторної оптопари 1U1, в результаті чого на її виході встановлюється низький рівень, який закриває складовою транзистор 1VT1, 1VT2. Вихідний транзистор 1VT3 відкритий. Для розв'язки по напрузі транзистори 1VT1, 1VT2 і 1VT4, 1VT5 живлять від різних джерел напругою +10 В, а транзистори 1VT3, 1VT6 - від джерела напругою +300 В. Діоди 1VD3, 1VD4, 1VD6, 1VD7 служать для більш надійного закривання вихідних транзисторів.

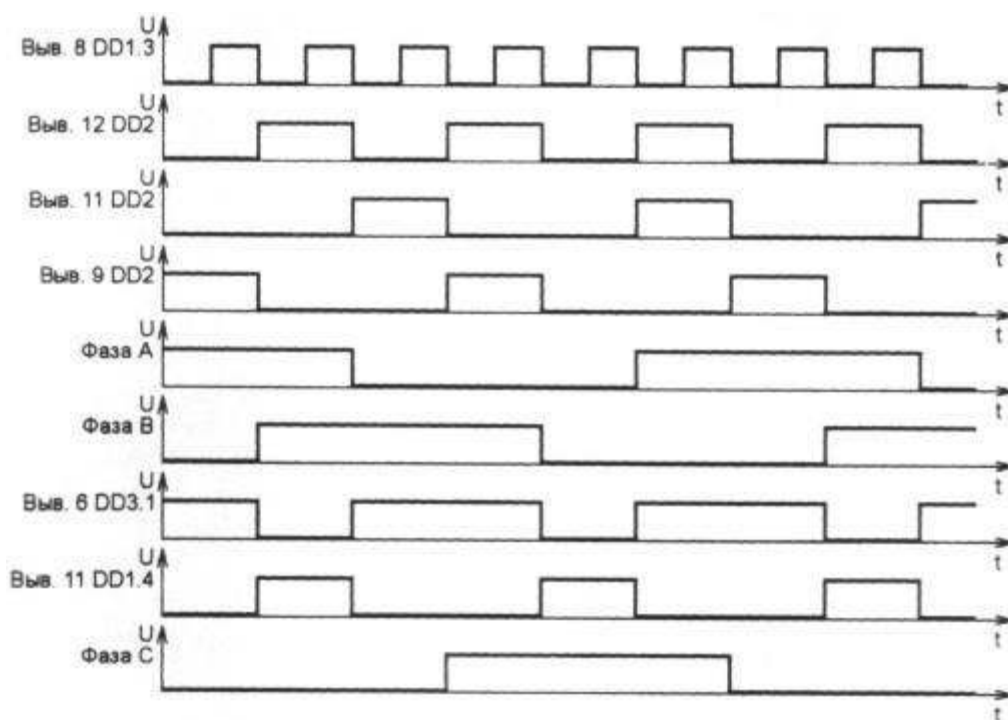


Рис. 2.13. Епюри напруг [8]

Одне з головних умов нормальної роботи транзисторів 1VT3 і 1VT6 - вони не повинні бути одночасно відкриті. Для цього на вхід складеного транзистора 1VT1, 1VT2 керуюча напруга надходить з виходу оптопари 1U1,

що забезпечує деяку затримку його перемикання (приблизно 40 мкс). При появі на вході оптопари високого рівня починає заряджатися конденсатор 1С2. Сигнал низького рівня на вході оптопари не може миттєво закрити складовою транзистор 1VT4, 1VT5, оскільки конденсатор 1С2, розряджучись за ланцюгом 1R3, емітерний переходи транзисторів, підтримує його протягом близько 140 мкс у відкритому стані, а транзистор 1VT6 - в закритому. Час виключення оптопари складає приблизно 100 мкс, тому транзистор 1VT3 закривається раніше, ніж транзистор 1VT6 відкривається.

Діоди 1VD5, 1VD8 захищають вихідні транзистори від підвищення напруги при комутації індуктивного навантаження - обмоток ТАД, а також замикають струм обмоток, коли напруга на них змінює свою полярність (при перемиканні транзисторів 1VT3, 1VT6). Наприклад, після закривання транзисторів 1VT3 і 2VT6 струм деякий час проходить в колишньому напрямі - від фази А до фази В, замикаючись через діод 2VD5, джерело живлення, діод 1VD8, поки не зменшиться до нуля.

Блок живлення регулятора виробляє напруги +5, +10 та +300 В. Напруга +5 В, що виробляється стабілізатором на стабілітроні VD3 і транзисторі VT1, використовується для живлення мікросхем DD1-DD3. Верхній по схемі складовою транзистор кожного підсилювача харчується від окремої обмотки мережевого трансформатора Т1 і окремого мостового випрямляча (1VD1, 2VD1, 3VD1). Нижній складовою транзистор всіх підсилювачів - від обмотки II і діодного моста VD2. Для харчування вихідних транзисторів застосований міст VD1 і LC-фільтр С2L1С3. Ємність конденсаторів С2 і С3 вибирають виходячи з потужності ТАД. Вона повинна бути не менше 20 мкФ при індуктивності дроселя 0,1 Гн.

У регуляторі можна застосувати постійні резистори МЛТ, ОМЛТ, ВС. Конденсатор С1 - будь-який, наприклад, керамічний КЮ-17-26, С2-С5, 1С1, 2С1, 3С1 - будь-які оксидні. Дросель L1 - саморобний. Його намотують на Ш-подібному магніто-проводі площею поперечного перерізу 4 см². Обмотка містить 120 витків дроту ПЕВ 0,35. Дросель можна виключити, але при цьому доведеться збільшити ємність конденсаторів С2 і С3 до 50 мкФ. Оптопари

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1U1, 2U1, 3U1 можна використовувати і інші, у яких час затримки включення не більше 100 мкс, а напруга ізоляції не менше 400 В.

Основна вимога до транзисторів - високий і приблизно однаковий у всіх коефіцієнт передачі струму (не менше 50). Транзистори КТ315А можуть бути замінні на транзистори серій КТ315, КТ312, КТ3102 з будь-якими літерними індексами, а транзистори КТ817А (VT1, 1VT2, 1VT5, 2VT2, 2VT5, 3VT2, 3VT5) - на КТ817 або КТ815 з будь-якими літерними індексами. Замість транзисторів КТ858А можна застосувати будь-які потужні з допустимою напругою колектор-емітер не менше 350 В і коефіцієнтом передачі струму не менше 50. Їх слід встановити на тепловідводи площею не менше 10 см² кожний.

Однак при використанні електродвигунів потужністю понад 200 Вт потрібні тепловідводи з більшою площею. Якщо потужність ТАД перевищує 300 Вт, замість випрямляча КЦ409А необхідно зібрати міст з окремих діодів, розрахованих на зворотне напруга більше 400 В і відповідний струм. Діоди 1VD5, 1VD8 підійдуть будь-які з допустимим прямим імпульсним струмом не менше 5 А і зворотним напругою не менше 400 В, наприклад, КД226В або КД226Г. Трансформатор - будь-який потужністю не менше 15 Вт, що має чотири роздільні вторинні обмотки по 8 ... 9 В кожна.

Світ електродвигунів доволі великий і постійно поширюється, тому й зустріти ці агрегати можна у будь-якій галузі людської діяльності. Якщо говорити про промислове використання, то там найбільший попит мають асинхронні мотори АІР. У каталозі Булат Метал можна побачити всі існуючі моделі двигунів з різними технічними характеристиками. Їх встановлюють у:

- промислових вентиляторів;
- різноманітних насосів;
- дерево- та металообробних станках;
- крановій техніці;
- компресорах;
- конвеєрах тощо.

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	35
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Існують і інші електромотори промислового призначення Ці пристрої характеризуються відносно компактними розмірами, міцними корпусами та чудовими показниками ефективності. Обслуговування подібних приладів також не викликає складнощів. На українському ринку представлені двигуни АІР як вітчизняного, так і закордонного виробництва.

У побуті також можна зустріти асинхронні мотори. Окрім описаної вище пральної машини вони встановлюються у холодильники, кухонні комбайни, інші зразки техніки. Усюди, де необхідно перетворити електричну енергію на механічну, за це відповідають двигуни. Вони роблять наше життя більш комфортним та зручним, допомагають у вирішенні різноманітних задач: від приготування страв до прибирання в домі. Електрична енергія вважається екологічною та доволі безпечною, якщо дотримуватися певних правил. З кожним роком кількість електродвигунів у побуті та промисловості інтенсивно збільшується. Людство відмовляється від газу та нафти на користь подібних пристроїв.

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	36
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3. Проектно - конструкторський розділ

3.1. Синтез та аналіз структурної і принципової схем

Провівши аналіз аналогів і з врахування технічного завдання розробимо структурну схему на основі якої продовжимо роботу над проектуванням пристрою.

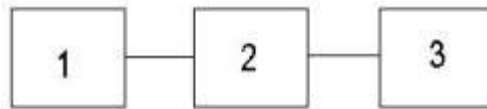


Рис. 3.1. Узагальнена структурна схема пристрою: 1 – мережа 220 В;
2 – блок керування; 3-двигун

Конкретизувавши деякі аспекти отримаємо структурну схему системи рис.3.2.

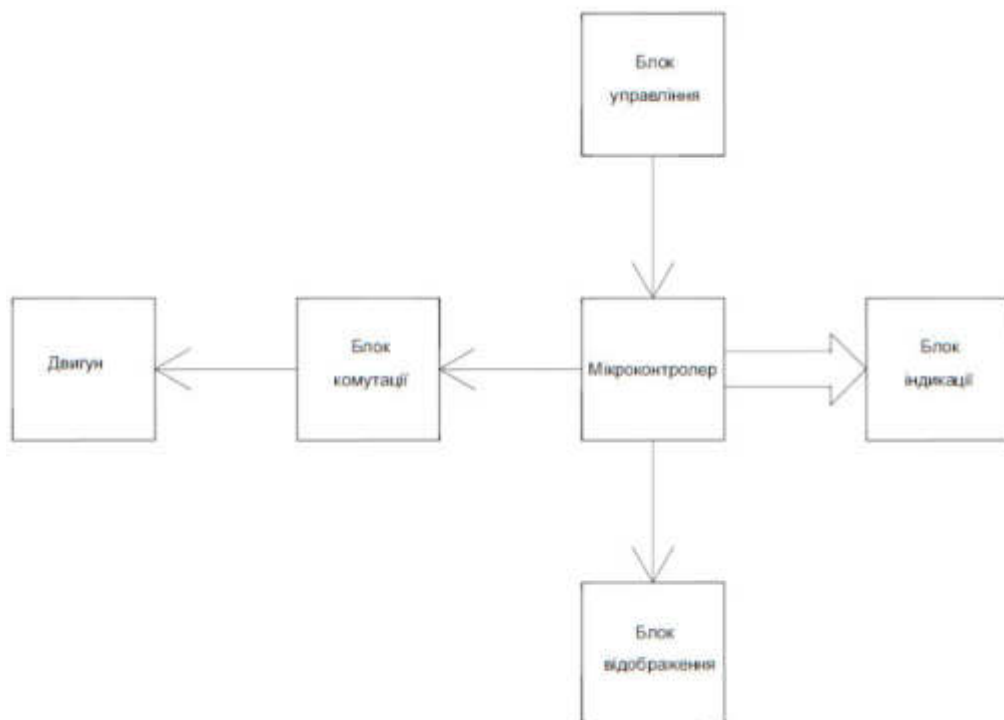


Рис. 3.2. Структурна схема пристрою

Двигун – трьохфазний 1,5 кВт;

Блок комутації – представляє собою опторозв’язку силової частини схеми із управляючими сигналами;

Блок керування – набір кнопок для задання режиму роботи;

Блок індикації – динамічне індукування швидкості обертання двигуна;

Блок відображення – лінійка світлодіодів які відображають потужність з якою працює двигун.

Хід роботи системи керування. Управляючий сигнал надходить на мікроконтролер, який виконує ряд операцій пов’язаних із управляючими сигналами і його внутрішньою програмою.

Дії мікроконтролера:

- 1) передача сигналу для роботи двигуна;
- 2) на індикатор виводиться частота обертання двигуна;
- 3) запалюються світлодіоди в залежності навантаження двигуна.

На основі структурної схеми будуюмо принципову схему рис.3.3.

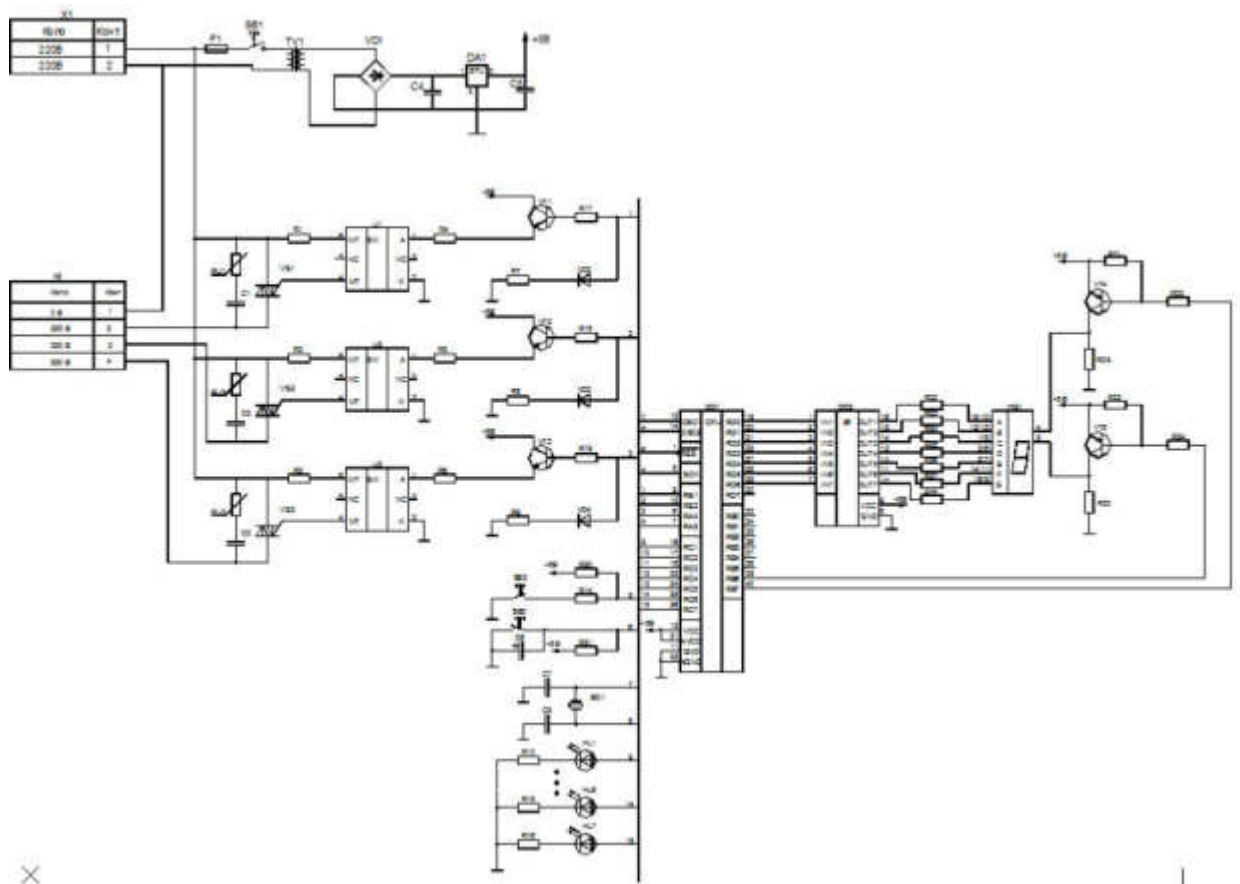


Рис.3.3. Принципова схема

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Керування відбувається в наступній послідовності: при включенні в мережу і натиснення кнопки SB1 на схему керування надходить живлення усіх її компонентів. За наперед заданою програмою мікроконтролер запустить управляючий сигнал на транзистори VT1-VT3 які у свою чергу подадуть сигнал на оптосимістор U1-U3, що керує симістором VS1-VS3. Із врахуванням зсуву фаз у відповідності керування асинхронними трьохфазними двигунами від одної фази. Реверс двигуна виконується також за керуванням МК. Керуючі сигнали для МК надходять з кнопок SB2 «+», SB3 «-», при натисканні одночасно двох і утримання більше 3 с, включиться режим реверсу. Кнопка SB2 «+» буде добавляти потужності, а кнопка SB3 зменшувати.

Про величину регулювання і задану потужність будуть сповіщати світлодіоди HL1-HL7. А на дисплеї HG1 відобразатиметься швидкість обертання двигуна.

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	39
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3.2. Розрахунки окремих блоків пристрою

Розрахунок трансформатора. Знаючи необхідну напругу на вторинній обмотці (U_2) і максимальний струм навантаження (I_D) трансформатор розраховують у такій послідовності.

Визначають значення струму, що тече через вторинну обмотку трансформатора: $I_2 = 2.3 I_n$, $I_2 = 2.3 * 0.2 = 0.3 \text{ A}$

де: I_2 - струм через вторинну обмотку трансформатора, А;

I_n - максимальний струм навантаження, А.

Визначають потужність, споживану випрямлячем від вторинної обмотки трансформатора:

$$P_2 = U_2 I_2, P_{TP} = 15 * 0,3 = 4,5 \text{ Вт}$$

де: P_2 - максимальна потужність, споживана від вторинної обмотки, Вт;

U_2 - напруга на вторинній обмотці, В;

I_2 - максимальний струм через вторинну обмотку трансформатора, А.

Підраховують потужність трансформатора:

$$P_{TP} = 1,25 P_2, P_{TP} = 1,25 * 4,5 = 5,625 \text{ (Вт)}$$

де: P_{TP} - потужність трансформатора, Вт;

P_2 - максимальна потужність, що споживається від вторинної обмотки трансформатора, Вт.

Якщо трансформатор повинен мати кілька вторинних обмоток, то спочатку підраховують їхню сумарну потужність, а потім потужність самого трансформатора.

Визначають значення струму, що тече в первинній обмотці:

$I_1 = P_{TP} / U_1$, $P_{TP} = 5,625 / 220 = 0,025 \text{ A}$ де: I_1 - струм через первинну обмотку, А; P_{TP} - підрахована потужність трансформатора, Вт; U_1 - напруга на первинній обмотці трансформатора .

Розраховують необхідну площу перетину сердечника магнітопроводу:

$$S = 1,3 P_{TP}, S = 1,3 * 5,625 = 7,31 \text{ мм}$$

де: S - перетин сердечника магнітопроводу:

P_{TP} - потужність трансформатора, Вт.

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	40
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначають число витків первинної (мережної) обмотки:

$$W_1 = 50 U_1 / S, W_1 = 50 * 220 / 7,31 = 1504,79 \approx 1505$$

де: W_1 , - число витків обмотки;

U_1 - напруга на первинній обмотці, В;

8 - перетин сердечника магнітопроводу. мм

Підраховують число витків вторинної обмотки:

$$W_2 = 55 U_2 / S, W_2 = 55 * 5 / 7,31 = 37,62 \approx 38$$

де: W_2 - число витків вторинної обмотки; U_2 - напруга на вторинній обмотці. В;

S-перетин сердечника магнітопроводу.

Визначають діаметри обмоток трансформатора по табл. 2.1.

Таблиці 2.1

Діаметри обмоток трансформатора

I, мА	≤25	25	60	100	160	250	400	700
		60	100	160	250	400	700	1000
d, мм	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6

Враховуючи попередні розрахунки, виберемо трансформатор який задовільняє наши потреби.

Блок живлення побудований із стандартного трансформатора TV1-ТПП248-172 АФО.470.080 ТУ, а в якості випрямляча використано діодний мостик VD1 типу КЦ402А, робочі вихідні струми якого $I_{pMAX} = 1$ А достатні для забезпечення живлення каналів живлення +5 В. Для згладжування пульсацій випрямленої напруги використано фільтруючий конденсатор С4. Його ємність вибрана із умови, щоб постійна часу RC фільтру була набагато

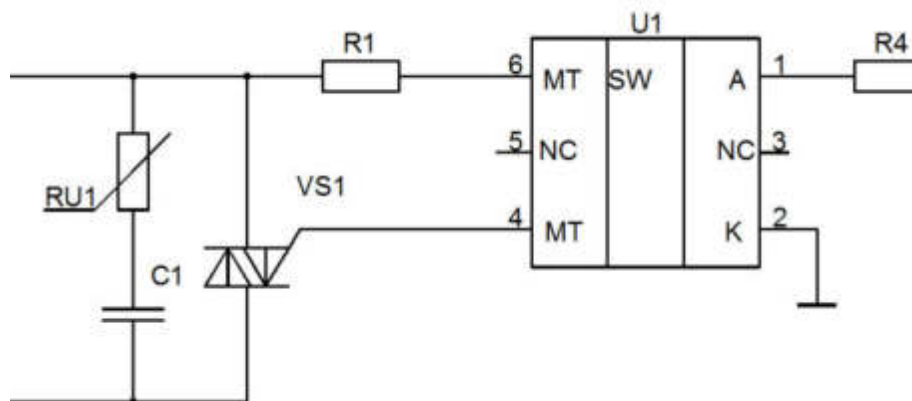
більша $\frac{1}{f}$, де $f=50$ Гц частота мережі змінного струму. В якості R вибрано

мінімальний опір навантаження для блоку живлення, рівне 1 КОм. Тоді:

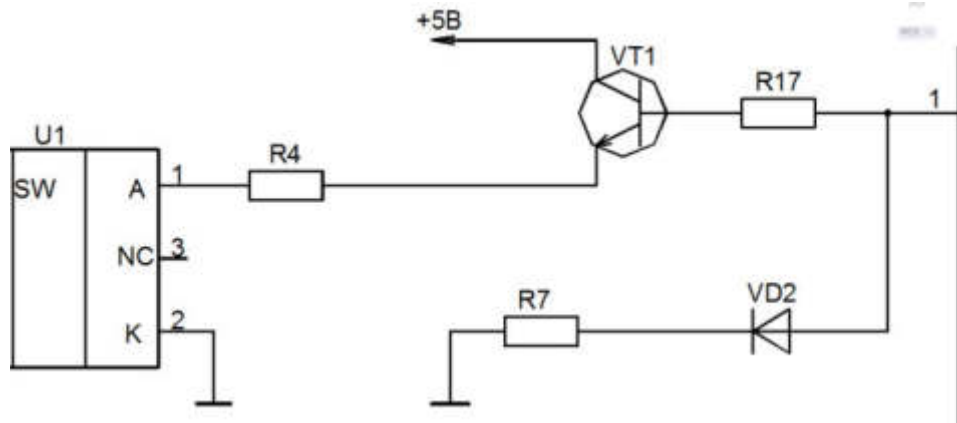
$$C4 = \frac{10}{Rf2\pi} = \frac{10}{1000 \cdot 5 \cdot 06} \approx 30 \text{ мкФ.}$$

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	41
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для стабілізації випрямленої напруги +5В використано мікросхему DA1 стабілізатора LM1086-5.0. Відповідно із типовою схемою включення на її виході теж розміщений фільтруючий конденсатор. Вихідні робочі струми цієї мікросхеми до 200 мА є достатніми для живлення всіх блоків пристрою стабілізованою напругою [9].



Для комутування керуючого пристрою двигуна використаємо оптосимістор. Використання оптосимісторів типу МОС3062 також збільшує надійність, тому що самі симістори включаються тільки при переході фази через нуль (Zero-Cross), зменшуючи тим самим рівень перешкод при перемиканні. Даний оптосимістор управляється струмом 10 мА. Комутування згідно паспорта 600 В і 1 А, розсіювана потужність 150 мВт. Оптосимістор управляє симістором ВТВ08-800CW3G (фірми ON Semiconductor) що дозволяє управляти струмами від 0,6 до 16 А і напругою до 800 В для нашого випадку взято із запасом. Варістор RU1 і ємність C1 є снаберним ланцюгом і згідно рекомендацій беруча у певних межах. Ми візьмемо RU1 з врахуванням наших потреб з розрахунку на напругу 270 фірми TDK серії В72207S02711K01 (RU1=RU2=RU3) і ємність C1 МКР 0.33 мкФ×400В (C1=C2=C3). Резистор R1 виступає в ролі шунтуючого і його номінал пов'язаний із параметрами оптосимістора тому візьмемо його рівним 100 Ом FM-0.125-100R ± 5% (R1=R2=R3).

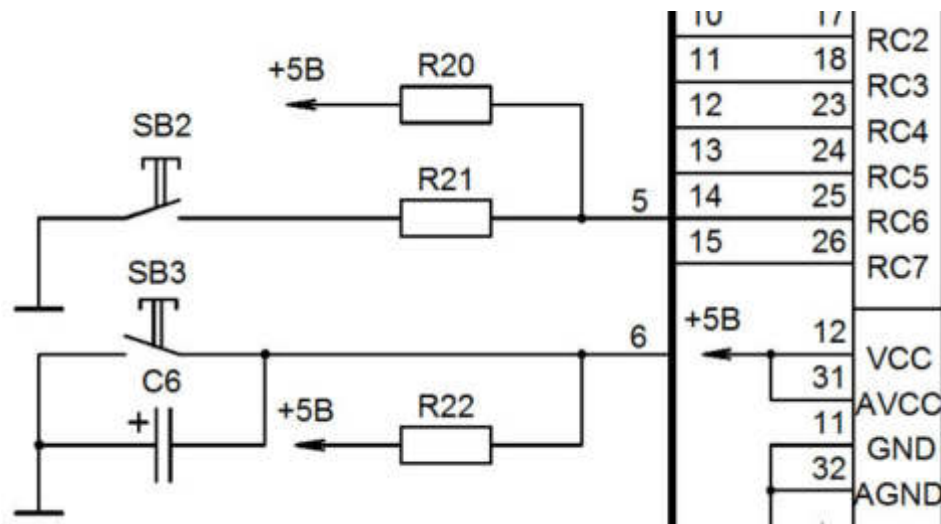


Для керування оптосимістором необхідний струм 10 мА, спад напруги на червоному світло діоді оптосимістора рівний 1,8 В. Враховуючи малий вихідний струм 50 – 100 мкА контролера, використовуємо транзисторний ключ VT1 для підняття струму. Для ключа використаємо н-п-н транзистор 2N3904 (VT1...VT3). З мікроконтролера сигнал 5 В і 100 мкА буде надходити на подільник струму. Напруга 5 В і струм 50 мкА поступить на транзистор через резистор R17. Враховуючи напругу відкриття транзистора 0,8 В, залишок напруги падатиме на резисторі звідси опір R17 має мати величину $(5 - 0,8 \text{ В}) / 50 \text{ мкА} = 84 \text{ кОм}$. Візьмемо їх номінали рівними 87 кОм із серії FM-0,125-87K $\pm 5\%$ (R17=R18=R19).

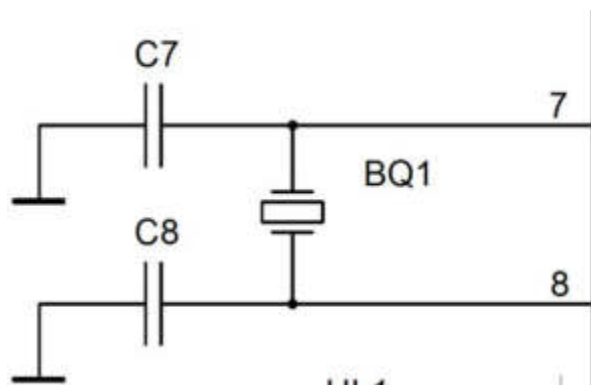
Для підвищення швидкодії транзистора VT1 і покращення фронтів сигналу використовують діоди 1N4002 (VD2...VD5). Спад напруги на діоді 1,1 В, залишок напруги спадатиме на резисторі R7. Розрахуємо опір резистора R7: $(5 - 1,1 \text{ В}) / 50 \text{ мкА} = 78 \text{ кОм}$. Візьмемо їх номінали рівними 79 кОм із серії FM-0,125-79K $\pm 5\%$ (R7=R8=R9).

Вибравши робочу точку транзистора з врахування необхідного струму для керування оптомимістором 10 мА, спад напруги на транзисторі буде 1 В і напруги свідчення червоного світлодіоду 1,8 В. Тоді опір резистора R4: $(5 - 1,8 \text{ В}) / 10 \text{ мА} = 220 \text{ Ом}$. Візьмемо їх із серії FM-0,125-220R $\pm 5\%$ (R4=R5=R6).

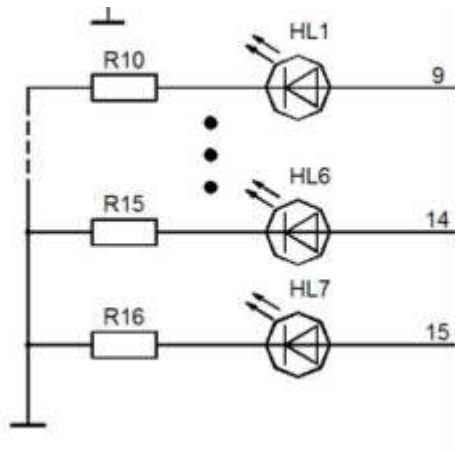
					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	43
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



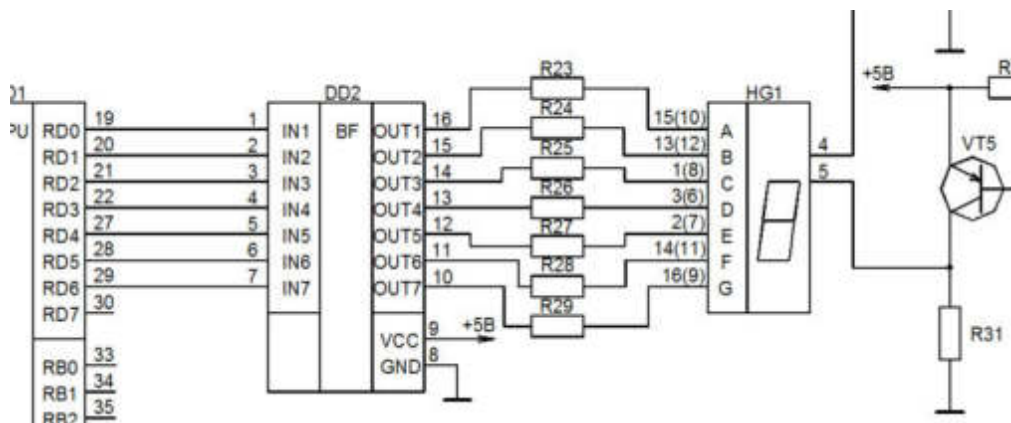
Мікроконтролери чутливі, тому всі місця можливого іскріння повинні бути зашунтовані. Тому кнопку SB2 шунтуємо резистором R21 номіналом 100 Ом (FM-0.125-100R \pm 5%), а кнопку SB3 ємністю C6 33 мкФ (ESR 33 мкФ \times 10В). Опори R20 і R22 обмежувачі резистори для утримання логічної 1 для мікроконтролера, візьмемо їх номіналом 10 кОм (FM-0.125-10K \pm 5%).



Кварцовий генератор BQ1 і конденсатори C7, C8 візьмемо згідно рекомендації до мікроконтролера. BQ1 - UM-5 частотою 4МГц фірми Mtronі, C7, C8 33 пФ (Y5V-33 пФ \times 50В).



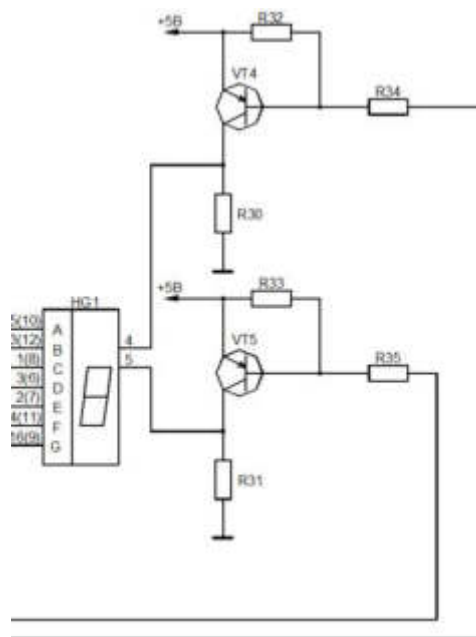
Про задану потужність нас інформують індикатори червоного кольору HL1-HL7 (GNL-3004SRD). Знаючи струм світлодіода 5 мА і напругу 1,8 В, розрахуємо узгоджувачий резистор R10: $(5-1,8 \text{ В})/5 \text{ мА} = 640 \text{ Ом}$. Візьмемо їх із серії FM-0,125-100R $\pm 5\%$ (R10=R11...R16).



Оскільки вихідні струми контактів паралельного порту мікроконтролера складають десятки мікроамперів, то його підключення до індикатора виконано через буфер DD2. При цьому мікроконтролер по чергову передає через буфер на індикатор код цифри першої та другої позиції, одночасно комутуючи їх приймання індикатором через управляючі лінії мікроконтролера. Оскільки частота передачі обох кодів вибирається досить високою, то із-за інерційності індикаторів мигтіння цифр буде непомітним.

Буфер на виході видає сигнали логічних рівнів нуля та одиниці з напругами до +5В. Максимальна ж пряма напруга на контактах індикатора не має перевищувати 2,5 В. Тому в коло зв'язку буфера з індикатором введено

обмежуючі резистори R23 – R29. Їх номінали визначаються робочими струмами через контакт індикатора і робочою напругою на них. Для індикації візьмемо цифровий індикатор на чотири позиції DA/DC04-11. Для цього індикатора пряма робоча напруга на контактах 2,5 В, прями́й струм через контакт 30 мА. Використовуючи ці дані отримаємо, що величини опорів мають бути не меншими $(5 \text{ В} - 2,5 \text{ В}) / (30 \text{ мА}) = 80 \text{ Ом}$. Використаємо резистори номіналом 100 Ом. Їх максимальна потужність розсіювання буде $2,5 \text{ В} * 30 \text{ мА} = 75 \text{ мВт}$.



Для комутації процесів переключення позицій індикатора використовуються сигнали мікроконтролера. Враховуючи їх малий вихідний струм 50 – 100 мкА, ці сигнали подаються на індикатор через підсилювальні каскади на транзисторах VT4, VT5 типу 2N3906. При вхідних струмах порядку 100 мкА вони забезпечують колекторні вихідні струми 20 мА, що достатньо для керування роботою індикаторів. При максимальній напрузі на контактах індикатора 2,5 В опори резисторів R30, R31 мають складати $2,5 \text{ В} / 20 \text{ мА} = 125 \text{ Ом}$. Враховуючи напругу відкриття транзисторів 0,8 В, опори R32, R33 мають мати величини $0,8 \text{ В} / 100 \text{ мкА} = 800 \text{ Ом}$.

Візьмемо їх номінали рівнями 1 кОм. Обмежувальні резистори R34, R35 візьмемо рівними 100 Ом аналогічно розрахункам проведеним раніше для обмежувальних кіл індикатора.

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	47
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

Провівши аналіз ТЗ та розглянувши аналоги, мною було досліджено принципи побудови та особливості роботи окремих елементів та в цілому системи контролю та частотного регулювання обертів асинхронного двигуна.

Також було синтезовано структурну та принципову електричні схеми контролера обертів асинхронного двигуна.

Схожість схемних рішень, у розглянутих аналогах підтверджують, уніфікацію нашого пристрою. Різниця в них вказує на різноманітність двигунів і поставлених завдань.

Запропонований пристрій має наступні характеристики:

живлення від мережі 220 В 50 Гц;

можливість керування трифазним двигуном потужністю до 2 кВт;

забезпечено плавну зміну швидкості обертання двигуна;

забезпечено режим реверсу;

відображення текучої потужності навантаження двигуна;

на індикаторі відображається кількість обертів;

відображення текучої потужності навантаження двигуна, також на індикаторі відображається кількість обертів;

Розроблений пристрій повністю відповідає умовам технічного завдання. А кількість аналогів вказує на актуальність теми.

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	48
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електричні машини. Методичні вказівки, Ю.М. Васьковський, О.А. Гераскін, 2013 – 38 с.
2. Вольдек А.И. Електричні машини / А.И. Вольдек. – Л.: Енергія, 1974. – 840 с.
3. Кацман М.М., Електричні машини. М., Вища школа, 1990. -464 с.
4. Копилов И.П. Електричні машини / И. П. Копилов. – М.: Логос, 2000. – 607 с.
5. Костенко М.П. Електричні машини, т.2 / М.П. Костенко, Д.М. Пиотровский. – Л.: Енергія, 1973. – 648 с.
6. Куликов А.А. Сбірник задач з електричних машин / А.А. Куликов, М.И. Немировский. – М.-К.: Машгиз, 1961. – 200 с.
7. Меркин Г.Б. Електричні машини та трансформатори: посібник з розв'язку задач / Г.Б. Меркин, Н.П. Титов, С.П. Печерица. – Л.: Видавництво Північно-Західного політехнічного інститута, 1969. – 277 с.
8. Петров Г.Н. Електричні машини, т.2 / Г.Н. Петров. – М. -Л.: Госенергоиздат, 1963. – 416 с.
9. Шило В.Л. Лінійні інтегральні схеми у радіоелектронній апаратурі, Вид.2-е, Москва, Радянське радіо, 1979, 368 с
10. Грабко В.В., Розводюк М.П., Левицький С.М., Казак М.О. Експериментальні дослідження електричних машин. Частина III. Асинхронні машини. Навчальний посібник.– Вінниця: ВНТУ, 2007.– 197 с.
11. Луцик. В.Д., д.т.н., проф. Асинхронні двигуни з фазними роторами з каскадними плавтивостями при пуску. Електротехніка і Електромеханіка. 2005. №2

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	49
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Павленко, В.І. Мілих, В.П. Шайда. Дослідження електричних машин та апаратів. Лабораторний практикум з курсу „ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ І АПАРАТИ” для студентів електротехнічних спеціальностей. Харків НТУ «ХПІ» 2013.
13. Конспект лекцій з навчальної дисципліни „Електричні машини” (розділ “Асинхронні машини”) для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка” / Укл.: к.т.н., доц. Качура О.В. – Кам’янське: ДДТУ, 2018. - 69 с.
14. Електротехніка, основи електроніки та мікропроцесорної техніки: Навч. посібник. /Ф.П. Шкрабець, Д.В. Циценков, Ю.В. Куваєв та ін.– Д.: НГУ, 2004. – 515 с.
15. Брускин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Электричные машины та микромашини: Підручник. – М.: Вища школа, 1990. – 528 с.
16. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. – М.: Вища школа, 2002. – 542 с.
17. Загальна елетротехніка / Под ред. А. Т. Блажкина. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 592 с.
18. Общая электротехника / Під ред. А. Т. Блажкина. – 4-е вид., перероблене та доповнене. – М.: Вид-во Енергоатом, 1986. – 592 с.
19. Півняк Г.Г, Довгань В.П., Шкрабець Ф.П. Электричные машины: Навчальний посібник – Дніпропетровськ, Національний гірничий університет, 2003. – 327 с.
20. Електротехнічний довідник /Під ред. В.Г. Герасимова, П.Г. Грудинського, Л.А. Жукова и др. – М.: Вид-во Енергоатом. Т.1, 1980. – 520 с. Т.2, 1981. – 640 с.

					<i>КБР.ЕС.9583004.001.ПЗ</i>	50
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

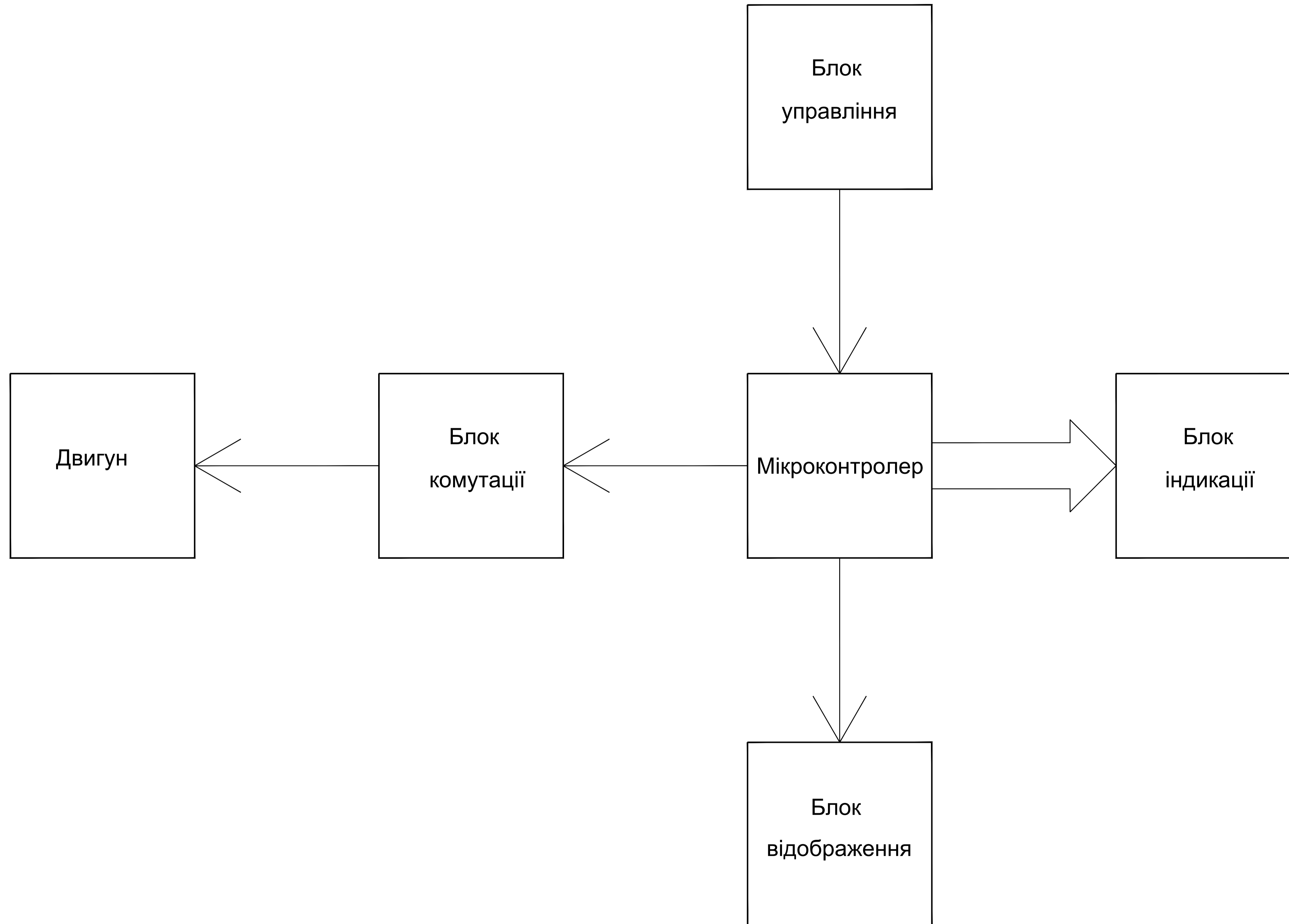
Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
BQ1	<u>Кварц</u> UM-5	1	Mtrori
<u>Конденсатори</u>			
C1...C3	MKP0.33 мкФ×400В	3	HITANO
C4	Y5V-30 мкФ×50В	1	HITANO
C5	Y5V-10 мкФ×50В	1	HITANO
C6	ESR 33 мкФ×10В	1	HITANO
C7, C8	Y5V-33 нФ×50В	2	HITANO
<u>Мікросхеми</u>			
DA1	LM1086-5.0	1	MICROCHIP
DD1	PIC16F877	1	MICROCHIP
DD2	ULN2001A	1	ATMEL PHILIPS
HG1	<u>Індикатор</u> DA/DC04-11	1	KINGBRIGHT
		12	
<u>Світлодіоди</u>			
HL1...			
HL7	GNL-3004SRD (червоний)	7	G-Nor
<u>Резистори</u>			
R1...R3	FM-0.125-100R ± 5%	3	Uni-Ohm
R4...R6	FM-0.125-220R ± 5%	3	Uni-Ohm
R7...R9	FM-0.125-79K ± 5%	3	Uni-Ohm
R10...R16	FM-0.125-640R ± 5%	7	Uni-Ohm

КБР.ЕС.9583004.001.ПЕ

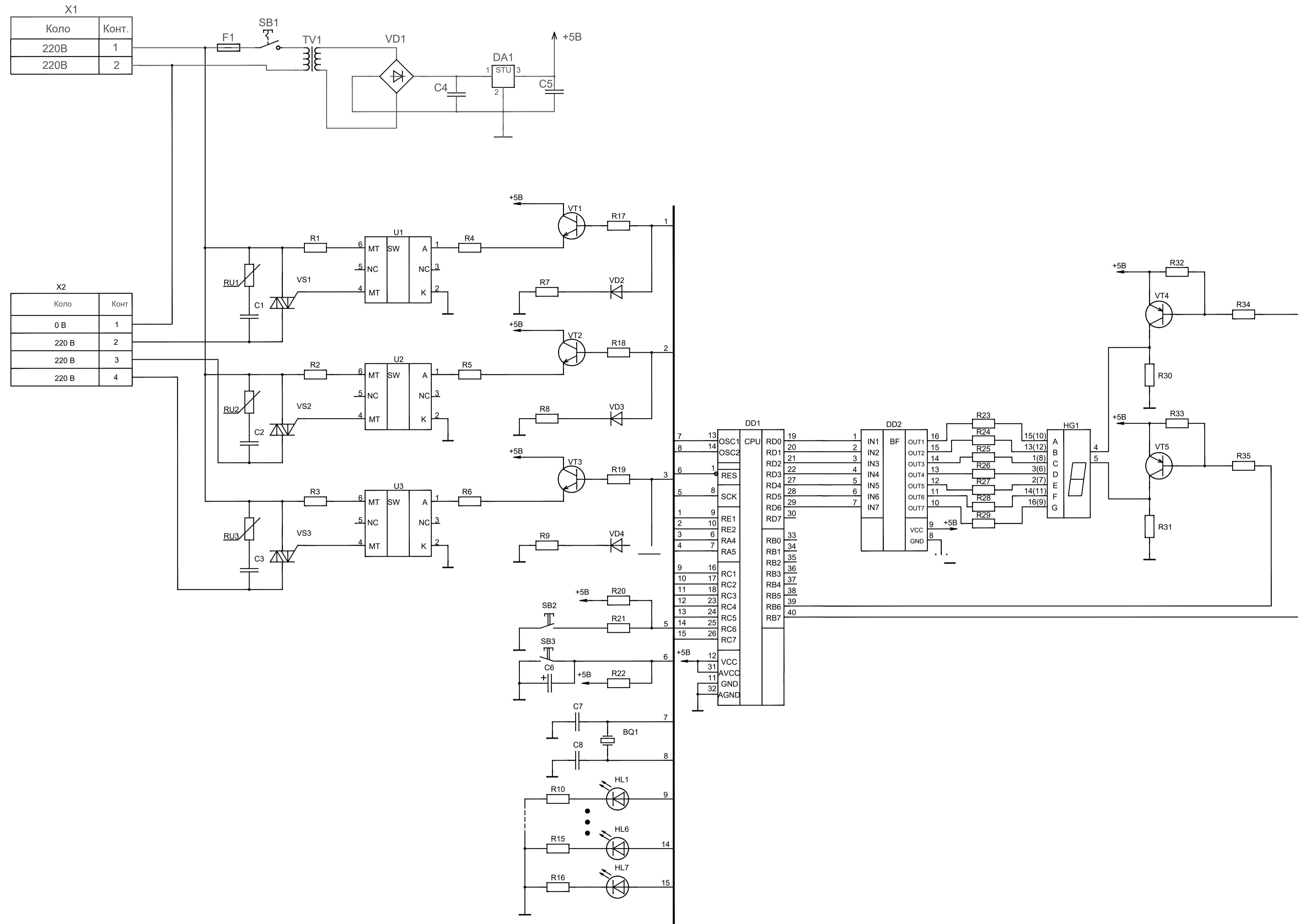
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Дзямко Д. Я.		19.06
Перевірів		Спесивих О.О.		19.06
Т.Контр.				
Н.Контр		Спесивих О.О.		19.06
Затвердив		Заяць Т. М.		19.06

Контролер обертів
асинхронного двигуна
потужністю до 2 кВт
Перелік елементів

Літера	Аркуш	Аркушів
У	1	2
УжНУ, ІТФ група ЕС, 4 курс		



КБРЕС 9583004.001Е1									
Зм.	Арх.	№ документа	Підпис	Дата	Контролер одертів асинхронного двигуна потужністю до 2 кВт	Літера	Маса	Масштаб	
Розробив	Лезько Д.Я.					у		1:1	
Перевірив	Слесивих О.О.					Аркуш 1		Аркушів 1	
Т. контр.									
Н. контр.	Слесивих О.О.				Структурна схема	УжНУ, ІТФ, гр. ЕС, 4 курс			
Затвердив	Заяць Т.М.								



X1	
Коло	Конт.
220В	1
220В	2

X2	
Коло	Конт.
0 В	1
220 В	2
220 В	3
220 В	4

КБРЕС 9583004.001Е2							
Эк.	Арх.	№ документа	Подпис	Дата	Литера	Маса	Масштаб
Разработчик	Дизайнер	Слесарий О.О.			у		1:1
Т. контр.					Архив 1		Архив 1
И контр.	Слесарий О.О.				Принципиальная электрическая схема		УжНУ, ИТФ, гр. ЕС, 4 курс
Затвердил	Заяць Т.М.						

Додаток 1

Завідувачу кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ

К.Ф. - М.Н. Заичев Тарас Михайлович

Студента (-ки) 4 курсу
спеціальності 171 Електроніка
Дзюшко Д.Я.
(прізвище, ініціали)

ЗАЯВА

щодо самостійного виконання
навчальної/кваліфікаційної роботи здобувачем освіти

Я, Дзюшко Дмитро Ярамович
(прізвище, ім'я, по батькові),

Студент(-ка) очою інженерно-технічний 4-й
(форма навчання, акультет, курс)

заявляю: моя письмова робота на тему: Комп'ютер обертів асинхронного
двигуна потужністю до 2 кВт.

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату.

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

15.06.23
Дата


Підпис

Додаток 2.

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

Автор роботи	Гришко Дмитро Прохорович
Назва роботи	Контроль аеробіоелектронного зв'язку потужністю до 1 кВт.
Спеціальність	171 Електроніка
Курс	4-й
Факультет	Інженерно-технічний
Кафедра	Електронних систем
Керівник роботи	Степанів Віктор Вікторович
Роботу перевірено в програмі	Unicheck
Додано до бази даних	—
Ідентифікаційний номер роботи	КБР.ЕС 9583004.007.СП
Результати перевірки	
Показник унікальності тексту через перевірку роботи у внутрішній базі кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ	—
Показник унікальності тексту в мережі Інтернет	84%

Відповідальна особа/
Науковий керівник роботи

Степанів В.В.
(прізвище, ініціали)

15.06.23
Дата

В.В.
Підпис

Ім'я користувача:
приховано налаштуваннями конфіденційності

ID перевірки:
1015611670

Дата перевірки:
15.06.2023 12:09:40 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
15.06.2023 12:28:22 EEST

ID користувача:
100006217

Назва документа: 2023-КБР-Дзямко,Дмитро,Ярославович

Кількість сторінок: 42 Кількість слів: 7046 Кількість символів: 48317 Розмір файлу: 2.46 MB ID файлу: 1015259447

16.3% Схожість

Найбільша схожість: 5.04% з Інтернет-джерелом (<https://www.uzhnu.edu.ua/en/infocentre/get/37749>)

15.7% Джерела з Інтернету

65

Сторінка 44

6.13% Джерела з Бібліотеки

26

Сторінка 44

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

23.3% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

Немає вилучених Інтернет-джерел

23.3% Вилученого тексту з Бібліотеки

13

Сторінка 44

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

12