

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ І КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

**ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА
НА ТЕМУ:**

**МІКРОКОНТРОЛЕРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ
ДВИГУНОМ**

ЗАВІДУВАЧ КАФЕДРОЮ

А.С. ОПАНАСЮК

КЕРІВНИК РОБОТИ

І.А. КУЛИК

КОНСУЛЬТАНТ

З ЕКОНОМІЧНОЇ ЧАСТИНИ

О.М. МАЦЕНКО

РОЗРОБИВ СТУД. ГР. ЕС.мдн-91п

Р.М. КОВАЛЬ

СУМЬ 2020

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 87 сторінок; 22 рисунка; таблиць 6; 24 джерела.

Графічні матеріали: 1 схема алгоритму, 1 схема електрична структурна, 1 схема електрична принципова, 3 додатки.

У цій кваліфікаційній роботі магістра спроектована мікроконтролерна система керування двигуном постійного струму на основі мікроконтролера PIC16F676. Програмне забезпечення мікроконтролерної системи керує плавним пуском і зупинкою двигуна постійного струму і має чотири фіксовані швидкості.

Призначення розробленої мікроконтролерної системи керування двигуном є інтегрування у дитячі іграшки, наприклад дитячі електричні транспортні засоби з живленням від акумуляторної батареї 6В-10А*год, які можуть керуватися по радіоканалам з дистанційних пультів. Інший приклад застосування спроектованої мікроконтролерної системи – це системи закриття та відкриття жалюзі, підйому та опускання ролетів тощо.

Ключові слова: двигун постійного струму, система керування, мікроконтролер, вибір швидкості.

Ключевые слова: двигатель постоянного тока, система управления, микроконтроллер, выбор скорости.

Key words: direct current motor, executive system, microcontroller, choice of speeds.

ЗМІСТ

| | | |
|----------------|--|----|
| ВВЕДЕННЯ | | 5 |
| 1 | ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ | |
| | І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ | 7 |
| 1.1 | Устрій електродвигуна постійного струму | 7 |
| 1.2 | Способи збудження електродвигунів постійного струму | 11 |
| 1.3 | Пуск і регулювання частоти обертання електродвигунів постійного струму | 14 |
| 1.4 | Постановка задачі проектування | 17 |
| 2 | РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ | |
| | І АЛГОРИТМУ РОБОТИ РОЗРОБЛЮВАНОЇ СИСТЕМИ | 18 |
| 2.1 | Визначення параметрів і структури об'єкта керування | 18 |
| 2.2 | Розробка алгоритму керування і розрахунок параметрів системи | 21 |
| 3 | НАУКОВА-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА. Моделювання процесів керування, визначення і оцінка показників якості | 28 |
| 4 | РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ | |
| | РОЗРОБЛЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ | 35 |
| 4.1 | Вибір елементної бази | 35 |
| 4.2 | Розробка принципової електричної схеми розроблювальної системи | 38 |
| 5 | РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ | 39 |
| 5.1 | Розробка алгоритму програмного забезпечення розроблювальної системи | 39 |
| 5.2 | Лістинг програми | 42 |
| 6 | ПЕРЕВІРКА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ | 57 |
| 6.1 | Типові несправності | 57 |
| 6.2 | Поточний ремонт та засоби вимірювання | 57 |

| | | | | | | | | |
|-----------|------|---------------|--------|------|---|--------------------------|------|--------|
| | | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Коваль Р.М. | | | Мікроконтролерна система керування двигуном. Пояснювальна записка | Лист. | Лист | Листов |
| Перевір. | | Кулик І.А. | | | | | 3 | |
| Т. Контр. | | | | | | СумДУ, гр. ЕС.мдн-91п | | |
| Н. Контр. | | Гапич В.М. | | | | | | |
| Затверд. | | Опанасюк А.С. | | | | | | |

| | | |
|-----|---|----|
| 6.3 | Зберігання та транспортування | 58 |
| 7 | КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА | 60 |
| 7.1 | Конструкція розроблювальної системи | 60 |
| 7.2 | Розробка технологічної частини | 63 |
| 8 | ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА | 66 |
| 8.1 | Комерційне використання Internet | 66 |
| 8.2 | Розрахунок трудомісткості та заробітної плати | 73 |
| 8.3 | Розрахунок собівартості виробу | 75 |
| 8.4 | Розрахунок матеріальних витрат | 77 |
| 8.5 | Розрахунок виробничої та повної собівартості виробу | 78 |
| 8.6 | Калькуляція собівартості виробу | 79 |
| 8.7 | Визначення оптової ціни виробу | 79 |
| | ВИСНОВКИ | 82 |
| | СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ | 83 |
| | ДОДАТОК А | 85 |
| | ДОДАТОК Б | 86 |
| | ДОДАТОК В | 87 |

ВВЕДЕННЯ

Широке поширення електродвигунів постійного струму ґрунтується на дуже корисних властивостях [1, 2]:

- високі пускові, гальмівні і перевантажувальні моменти,
- порівняно висока швидкодія, що важливо при реверсуванні і гальмуванні,
- можливість широкого і плавного регулювання частоти обертання.

Електродвигуни постійного струму використовують в регульованих приводах, наприклад, для приводів різних верстатів і механізмів. Потужності цих електродвигунів досягають сотень кіловат. У зв'язку з автоматизацією управління виробничими процесами і механізмами розширюється сферу застосування малопотужних двигунів постійного струму загального застосування потужністю від одиниць до сотень ватів.

У побутових умовах електродвигуни постійного струму використовуються в дитячих іграшках, з живленням від звичайних батарейок з постійним струмом. На виробництві електродвигуни постійного струму приводять в дію різні агрегати і обладнання. Живлення для них підводиться від потужних батарей акумуляторів. У системах автоматики машини постійного струму широко використовують як виконавчих двигунів, двигунів для приводу стрічкопродовгуватих самозаписуючих механізмів, як тахогенераторів і електромашинних підсилювачів.

Електродвигуни використовуються повсюдно, основні області застосування:

- промисловість: насоси, вентилятори, компресори, конвеєри, рушійна сила для інших машин та ін.
- будівництво: насоси, вентилятори, конвеєри, ліфти, системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря тощо.
- споживчі пристрої: холодильники, кондиціонери, персональні комп'ютери і ноутбуки (жорсткі диски, вентилятори), пилососи, пральні машинки, міксери та ін.

Нижченаведені таблиця світових виробників електродвигунів, у тому числі двигунів постійного току (КДПТ – колекторні двигуни постійного току) [3]:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 5 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

| Страна | Производитель | Асинхронный двигатель | | Синхронный двигатель | | | | УД | КДПТ | |
|-----------|-----------------------------------|-----------------------|------|----------------------|-------------|----------|---------|----|---------|---------|
| | | АДКР | АДФР | СДОВ | СДПМ, серво | СРД, СГД | Шаговый | | КДПТ ОВ | КДПТ ПМ |
| Швейцария | ABB Limited | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | | |
| США | Allied Motion Technologies Inc. | | | | ✓ | | | | | ✓ |
| США | Ametek Inc. | ✓ | | | ✓ | | | | | ✓ |
| США | Anaheim automation | ✓ | | | ✓ | | ✓ | | | |
| США | Arc System Inc. | ✓ | | | | | | | | ✓ |
| Германия | Baumuller | ✓ | | | ✓ | | | | ✓ | ✓ |
| Словения | Domel | | | | ✓ | | | ✓ | | ✓ |
| США | Emerson Electric Corporation | ✓ | | | ✓ | | | | ✓ | |
| США | General Electric | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | ✓ | |
| США | Johnson Electric Holdings Limited | ✓ | | | ✓ | | ✓ | ✓ | | ✓ |
| Германия | Liebherr | ✓ | | | ✓ | | | | | |
| Швейцария | Maxon motor | | | | ✓ | | | | | ✓ |
| Япония | Nidec Corporation | | | | ✓ | | | | | |
| Германия | Nord | ✓ | | | | | | | | |
| США | Regal Beloit Corporation | ✓ | | | ✓ | | | | ✓ | ✓ |
| Германия | Rexroth Bosch Group | ✓ | | | ✓ | | | | | |
| Германия | Siemens AG | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | | ✓ | |
| Бразилия | WEG | ✓ | ✓ | | | | | | | |

Основною метою даної кваліфікаційної роботи є розробка системи управління двигуном постійного току, яка б забезпечувала плавні пуск, гальмування та регулювання частоти обертання, була б економічною з точки зору енергоспоживання і універсальною щодо типів застосованих двигунів постійного току і алгоритмів управління.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ І ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Устрій електродвигуна постійного струму

Електродвигуни постійного струму застосовують в тих електроприводах, де потрібен великий діапазон регулювання швидкості, велика точність підтримки швидкості обертання приводу, регулювання швидкості вгору від номінальної [2, 4].

Робота електричного двигуна постійного струму (ДПС) заснована на явищі електромагнітної індукції (рисунок 1.1). З основ електротехніки відомо, що на провідник зі струмом, поміщений в магнітне поле, діє сила, яка визначається за правилом лівої руки [2, 4]:

$$F = BIL,$$

де I – струм, що протікає по провіднику;

B – індукція магнітного поля;

L – довжина провідника.

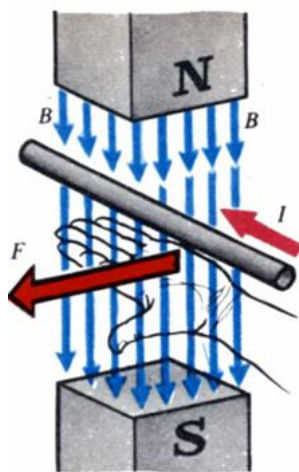


Рисунок 1.1 – Явище електромагнітної індукції

При перетині провідником магнітних силових ліній машини в ньому наводиться електрорушійна сила, яка по відношенню до струму в провіднику спрямована проти нього, тому вона називається оберненою або протидіючою (проти-Е.Д.С). Електрична потужність в двигуні перетворюється в механічну і частково витрачається на нагрівання провідника.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 7 |

Конструктивно всі електричні ДПС складаються з індуктора і якоря, розділених повітряним зазором (рисунок 1.2) [2, 4, 5].

Індуктор електродвигуна постійного струму служить для створення нерухомого магнітного поля машини і складається з станини, головних і додаткових полюсів. Станина служить для кріплення основних і додаткових полюсів і є елементом магнітного ланцюга машини. На головних полюсах розташовані обмотки збудження, призначені для створення магнітного поля машини, на додаткових полюсах – спеціальна обмотка, що служить для поліпшення умов комутації.

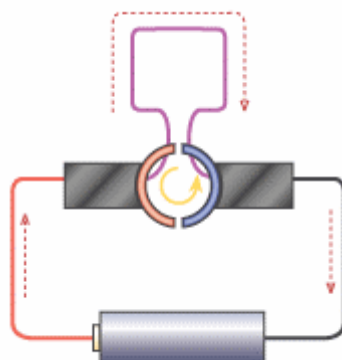


Рисунок 1.2 – Загальна конструкція двигуни постійного струму

Якір електродвигуна постійного струму складається з магнітної системи, зібраної з окремих листів, робочої обмотки, покладеної в пази, і колектора службовця для підведення до робочій обмотці постійного струму. Колектор являє собою циліндр, насаджений на вал двигуна і обраний з ізольованих один від одного мідних пластин. На колекторі є виступи-півники, до яких припаяні кінці секцій обмотки якоря. Знімання струму з колектору здійснюється за допомогою щіток, що забезпечують ковзний контакт з колектором. Щітки закріплені в щіткоутримувачах, які утримують їх в певному положенні і забезпечують необхідне натискання щітки на поверхню колектору. Щітки і щіткотримачі закріплені на траверсі, пов'язаної з корпусом електродвигуна.

В процесі роботи електродвигуна постійного струму щітки, ковзаючи по поверхні обертового колектору, послідовно переходять з однієї колекторної пластини на іншу. При цьому відбувається перемикування паралельних секцій обмотки якоря і зміна струму в них. Зміна струму відбувається в той час, коли

виток обмотки замкнутий щіткою на коротко. Цей процес перемикання і явища, пов'язані з ним, називаються комутацією.

У момент комутації в короткозамкненій секції обмотки під впливом власного магнітного поля наводиться е.д.с. самоіндукції. Результируюча е.д.с. викликає в короткозамкненою секції додатковий струм, який створює нерівномірний розподіл щільності струму на контактній поверхні щіток. Ця обставина вважається основною причиною появи іскор колектору під щіткою. Якість комутації оцінюється за ступенем іскріння під збігають краєм щітки і визначається за шкалою ступенів іскріння [2, 4, 5].

ДПС, на відміну від двигунів змінного струму, живиться від джерела постійного струму. Магнітне поле статора створюється нерухомими постійними магнітами, а на роторі (інакше – якорі) розташована обмотка. Якір жорстко з'єднаний з валом і може обертатися довкола свої осі. Таким чином, конструктивно двигун постійного струму є оберненою синхронною машиною.

Принцип дії ДПС пояснює рисунок 1.3. Поле статора створюють постійні магніти або електромагніти (обмотки збудження). На феромагнітному осерді якоря розміщена обмотка, яка складається з двох послідовно ввімкнених частин (їх з'єднує показаний пунктиром провідник). На якорі також розташовані ізолювані одна від одної колекторні пластини, до яких під'єднані кінці обмотки якоря. До колекторних пластин через нерухомі графітні щітки від джерела живлення подається електричний струм. Якщо верхню щітку підключити до позитивного полюсу джерела живлення, а нижню – до від'ємного, обмоткою якоря протікатиме струм I , позначений на рисунку 1.3. За правилом гвинта лівий полюс якоря стане північним, правий – південним. Полюси якоря та статора відштовхуватимуться один від одного, викликаючи поворот якоря за годинниковою стрілкою. Якір, повертаючись, за інерцією “проскакує” положення “північний полюс навпроти південного”, і під щітками опиняються інші колекторні пластини. Напрямок струму в обмотці якоря змінюється на протилежний, полюси якоря міняються місцями, і обертання якоря продовжується. Для зміни напрямку обертання якоря слід змінити полярність напруги, що подана до щіток [2, 4, 5].

Конструкцію, подібну до зображеної на рисунку 1.3, мають малопотужні двигуни (що використовуються, наприклад, у дитячих іграшках). В промислових двигунах для забезпечення плавності руху якір має багато окремих секцій обмотки, з'єднаних з окремими парами колекторних пластин

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 9 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

постійного струму та перетворювачі частоти для двигунів змінного струму) та достатньо складні системи автоматичного регулювання. Електроприводи, до складу яких, окрім двигуна, входять керовані перетворювачі енергії та системи автоматичного керування, здатні виконувати виробничу задачу за мінімальної участі людини. Вони отримали назву автоматизованих електроприводів [2, 4, 5].

В електроприводі звичайно виникає задача автоматичного керування електричними двигунами. У найпростіших випадках достатньо лише забезпечити їхній запуск, зупинку, зміну напрямку обертання та захист від аварійних режимів. Подібні функції легко реалізуються за допомогою простих та відносно дешевих електромеханічних контакторів та реле. Проте часто є потреба в плавному регулюванні швидкості обертання та рушійного моменту.

1.2 Способи збудження електродвигунів постійного струму

Під збудженням електричних машин розуміють створення в них магнітного поля, необхідного для роботи електродвигуна. Схеми збудження електродвигунів постійного струму показані на рисунку 1.5 [2, 4, 5].

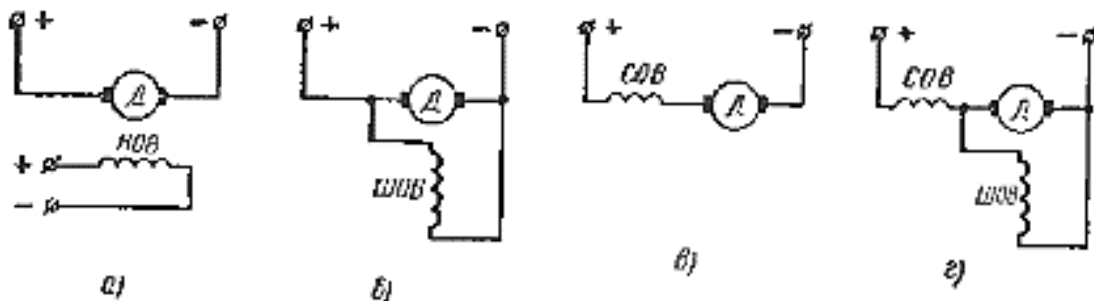


Рисунок 1.5 – Схеми збудження електродвигунів постійного струму: а – незалежне, б – паралельне, в – послідовне, г – змішане

За способом збудження електричні двигуни постійного струму ділять на чотири групи [2, 4, 5]:

1. З незалежним збудженням, у яких обмотка збудження НОВ живиться від стороннього джерела постійного струму.

2. З паралельним збудженням (шунтові), у яких обмотка збудження ШОВ включається паралельно джерела живлення обмотки якоря.

3. З послідовним збудженням (серієсні), у яких обмотка збудження СОВ включена послідовно з якірної обмоткою.

4. Двигуни з змішаним збудженням (компаундні), у яких є послідовна СОВ і паралельна ШОВ обмотки збудження.

ДПС насамперед розрізняються за характером збудження. Двигуни можуть бути незалежного, послідовного і змішаного збудження. Паралельне збудження можна не розглядати. Навіть якщо обмотка збудження підключається до тієї ж мережі, від якої живиться ланцюг якоря, то і в цьому випадку струм збудження не залежить від струму якоря, так як живильну мережу можна розглядати як мережу нескінченної потужності, а її напругу постійною [2, 4, 5].

Обмотку збудження завжди підключають безпосередньо до мережі, і тому введення додаткового опору в ланцюг якоря не впливає на режим збудження. Тієї специфіки, яка існує при паралельному збудженні в генераторах, тут бути не може.

У ДПС малої потужності часто використовують магнітоелектричні збудження від постійних магнітів. При цьому істотно спрощується схема включення двигуна, зменшується витрата міді. Слід однак мати на увазі, що, хоча обмотка збудження виключається, габарити і маса магнітної системи не нижчі, ніж при електромагнітному збудженні машини [2, 4, 5].

Властивості двигунів значною мірою визначаються їх системою збудження.

Чим більше габарити двигуна, тим, природно, більше розвивається їм момент і відповідно потужність. Тому при більшій швидкості обертання і тих же габаритах можна отримати велику потужність двигуна. У зв'язку з цим, як правило, двигуни постійного струму, особливо малої потужності, проектуються на велику частоту обертання – 1000-6000 об/хв [2, 4, 5].

Слід, однак, мати на увазі, що швидкість обертання робочих органів виробничих машин істотно нижче. Тому між двигуном і робочою машиною доводиться встановлювати редуктор. Чим більше швидкість двигуна, тим складнішим і дорожчим виходить редуктор. В установках великої потужності, де редуктор представляє собою дорогий вузол, двигуни проектуються на істотно менші швидкості [2, 4, 5].

Слід ще мати на увазі, що редуктор завжди вносить значну похибку. Тому в прецизійних установках бажано використовувати тихохідні двигуни, які

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 12 |

можна було б сочленити з робочими органами або безпосередньо, або за допомогою найпростішої передачі. У зв'язку з цим з'явилися так звані високомоментні двигуни на низькі швидкості обертання. Ці двигуни знайшли широке застосування в металорізальних верстатах, де сполучаються з органами переміщення без будь-яких проміжних ланок за допомогою кулько-гвинтових передач [2, 4, 5].

Електричні двигуни відрізняються також за конструктивними признаками, пов'язаними з умовами їх роботи. Для нормальних умов використовуються так звані відкриті і захищені двигуни, що охолоджуються повітрям приміщення, в якому вони встановлюються.

Повітря продувається через канали машини за допомогою вентилятора, розміщеного на валу двигуна. В агресивних середовищах використовуються закриті двигуни, охолодження яких здійснюється за рахунок зовнішньої ребристої поверхні або зовнішнього обдування. Нарешті, випускаються спеціальні двигуни для вибухонебезпечного середовища.

Специфічні вимоги до конструктивних форм двигуна пред'являються при необхідності забезпечення високої швидкодії – швидкого перебігу процесів розгону, гальмування. В цьому випадку двигун повинен мати спеціальну геометрію – малий діаметр якоря при великій його довжині [2, 4, 5].

Для зменшення індуктивності обмотки її укладають не в пази, а на поверхню гладкого якоря. Кріпиться обмотка клейними сумішами типу епоксидної смоли. При малої індуктивності обмотки істотно поліпшуються умови комутації на колекторі, відпадає необхідність в додаткових полюсах, може бути використаний колектор менших розмірів. Останнє додатково зменшує момент інерції якоря двигуна.

Ще більші можливості для зниження механічної інерції дає використання полого якоря, що представляє собою циліндр з ізоляційного матеріалу. На поверхні цього циліндра розташовується обмотка, яку виготовляють друкарським способом, штампуванням або з проволочки за шаблоном на спеціальному верстаті. Кріплення обмотки здійснюється клейними матеріалами [2, 4, 5].

Усередині циліндра, що обертається розташовується сталевий сердечник, необхідний для створення шляхів проходження магнітного потоку. У двигунах з гладким і порожнистим якорями внаслідок збільшення зазорів в магнітному колі, обумовленого внесенням в них обмотки і ізоляційних матеріалів,

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 13 |

необхідна сила, що намагнічує для проведення необхідного магнітного потоку істотно зростає. Відповідно магнітна система виходить більш розвиненою.

До числа малоінерційних двигунів відносяться також двигуни з дисковими якорями. Диски, на які наносяться або наклеюються обмотки, виготовляються з тонкого ізоляційного матеріалу, який не піддається викривленню, наприклад зі скла. Магнітна система при дво полюсному виконанні представляє собою дві скоби, на одній з яких розміщені обмотки збудження. У зв'язку з малою індуктивністю обмотки якоря машина, як правило, не має колектору і з'їм струму здійснюється щітками безпосередньо з обмотки [2, 4, 5].

Слід ще згадати про лінійний двигун, який забезпечує не обертальний рух, а поступальний. Він являє собою двигун, магнітна система якого як би розгорнута і полюси встановлюються на лінії руху якоря і відповідного робочого органу машини. Якір зазвичай виконується як малоінерційний. Габарити і вартість двигуна великі, так як необхідно значне число полюсів для забезпечення переміщення на заданому відрізьку шляху.

1.3 Пуск і регулювання частоти обертання електродвигунів постійного струму

У початковий момент пуску двигуна якір нерухомий і проти-е.д.с. і напруга в якорі дорівнює нулю, тому $I_n = U / R_{\text{я}}$ [2, 4, 5].

Опір ланцюга якоря невеликий, тому пусковий струм перевищує в 10-20 разів і більше номінальний. Це може викликати значні електродинамічні зусилля в обмотці якоря і надмірний перегрів, тому пуск двигуна виробляють за допомогою пускових реостатів – активних опорів, що включаються в ланцюг якоря [2, 4, 5].

Двигуни потужністю до 1 кВт допускають прямий пуск.

Величина опору пускового реостата вибирається по допустимому пусковому струму двигуна. Реостат виконують ступінчастим для поліпшення плавності пуску електродвигуна.

На початку пуску вводиться весь опір реостата. У міру збільшення швидкості якоря виникає проти-е.д.с, яка обмежує пускові струми. Поступово

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 14 |

виводячи щабель за щаблем опір реостата з ланцюга якоря, збільшують напругу, яке підводять до якоря.

Частота обертання двигуна постійного струму [2, 4, 5]:

$$n = \frac{U - I_{\text{я}}R_{\text{я}}}{k_c \Phi},$$

де U – напруга мережі живлення; $I_{\text{я}}$ – струм якоря; $R_{\text{я}}$ – опір ланцюга якоря; k_c – коефіцієнт, що характеризує магнітну систему; Φ – магнітний потік електродвигуна.

З формули видно, що частоту обертання електродвигуна постійного струму можна регулювати трьома шляхами: зміною потоку збудження електродвигуна, зміною напруги, яке підводиться до електродвигуна, і зміною опору в ланцюзі якоря.

Найбільш широке застосування отримали перші два способи регулювання, третій спосіб застосовують рідко: він неекономічний, швидкість двигуна при цьому значно залежить від коливань навантаження. Механічні характеристики, які при цьому виходять, показані на рисунку.

Величину струму збудження двигуна постійного струму можна регулювати за допомогою реостата або будь-якого пристрою, активний опір якого можна змінювати за величиною, наприклад транзистора. При збільшенні опору в ланцюзі струм збудження зменшується, частота обертання двигуна збільшується. При ослабленні магнітного потоку механічні характеристики розташовуються вище природної (тобто вище характеристики при відсутності реостата). Підвищення частоти обертання двигуна викликає посилення іскріння під щітками. Крім того, при роботі електродвигуна з ослабленим потоком зменшується стійкість його роботи, особливо при змінних навантаженнях на валу. Тому межі регулювання швидкості таким способом не перевищують 1,25-1,3 від номінальної [2, 4, 5].

Регулювання зміною напруги вимагає джерела постійного струму, наприклад генератора або перетворювача. Таке регулювання використовують у всіх промислових системах електроприводу: генератор – двигун постійного струму (Г-ДПС), електромашинний підсилювач – двигун постійного струму (ЕМП-ДПС), магнітний підсилювач – двигун постійного струму (МП-ДПС), тиристорний перетворювач – двигун постійного струму (Т-ДПС) [2, 4, 5].

В електроприводах з електродвигунами постійного струму застосовують три способи гальмування: динамічне, рекуперативного і гальмування противовключенням [2, 4, 5].

Динамічне гальмування електродвигуна постійного струму здійснюється шляхом замикання обмотки якоря двигуна на коротко або через резистор. При цьому електродвигун постійного струму починає працювати як генератор, перетворюючи накопичену їм механічну енергію в електричну. Ця енергія виділяється у вигляді тепла в опорі, на яке замкнута обмотка якоря. Динамічне гальмування забезпечує точний останів електродвигуна.

Рекуперативне гальмування електродвигуна постійного струму здійснюється в тому випадку, коли приєднаний до мережі електродвигун обертається виконавчим механізмом зі швидкістю, що перевищує швидкість ідеального холостого ходу. Тоді е.д.с, наведена в обмотці двигуна, перевищить значення напруги мережі, струм в обмотці двигуна змінює напрямок на протилежне. Електродвигун переходить на роботу в генераторному режимі, віддаючи енергію в мережу. Одночасно на його валу виникає гальмівний момент. Такий режим може бути отриманий в приводах підйомних механізмів при опусканні вантажу, а також при регулюванні швидкості двигуна і під час гальмівних процесів в електроприводах постійного струму.

Рекуперативне гальмування двигуна постійного струму є найбільш економічним способом, так як в цьому випадку відбувається повернення в мережу електроенергії. В електроприводі металорізальних верстатів цей спосіб застосовують при регулюванні швидкості в системах Г-ДПС і ЕМП-ДПТ.

Гальмування противовключенням електродвигуна постійного струму здійснюється шляхом зміни полярності напруги і струму в обмотці якоря. При взаємодії струму якоря з магнітним полем обмотки збудження створюється гальмівний момент, який зменшується у міру зменшення частоти обертання електродвигуна. При зменшенні частоти обертання електродвигуна до нуля електродвигун повинен бути відключений від мережі, інакше він почне розгортатися в зворотну сторону.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 16 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

1.4 Постановка задачі проектування

При включенні і виключенні ДПС, що працюють в парі з пластмасовими редукторами, виникає удар, який поступово руйнує редуктор. Необхідно розробити систему керування, яка дозволить плавно подавати і знімати навантаження з редуктора, і може бути використана для регулювання швидкості в ДПС, плавного пуску і зупинки ДПС.

Система керування, яка розроблюється, повинна бути побудована на мікроконтролері, що надасть їй таких властивостей, як універсальність, простота налаштування і модифікації.

Основними технічними вимогами до проектованої системи керування на основі мікроконтролера є:

- напруга живлення 9 В;
- забезпечення вибору швидкостей від максимальної – 50%, 60%, 80% і 100%;
- забезпечення внутрішньосхемного програмування;
- час пуску не менше 2 сек;
- частота синхронізації системи керування не менше 4 МГц;
- обсяг пам'яті програм більше 1 Кбайт;
- обсяг пам'яті даних більше 32 байт.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 17 |

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ І АЛГОРИТМУ РОБОТИ РОЗРОБЛЮВАНОЇ СИСТЕМИ

На сучасному етапі, що характеризується пріоритетним розвитком машинобудування і автоматизації виробництва, автоматизований електропривод сформувався як самостійна наукова дисципліна, в значній мірі визначає прогрес в області техніки і технології, пов'язаних з механічним рухом, одержуваних шляхом перетворення електричної енергії. Цим пояснюється великий інтерес фахівців до нових розробок в даній галузі техніки і до її наукових проблем.

Чітко визначився об'єкт наукового напрямку – система, що відповідає за кероване електромеханічне перетворення енергії і включає два взаємодіючих канали: силовий, що складається з ділянки електричної мережі, електричного, електромеханічного, механічного перетворювачів, технологічного робочого органу і інформаційний канал. В рамках кваліфікаційної роботи магістра розглядається розробка інформаційного каналу.

2.1 Визначення параметрів і структури об'єкта керування

В склад об'єкта керування входить двигун постійного струму незалежного збудження 2ПФ132ЛГУХЛ4 з параметрами:

$P_{ном} = 2,8 \text{ кВт}$ – номінальна потужність;

$U_{ном} = 110 \text{ В}$ – номінальна напруга живлення обмотки збудження і якорного ланцюга;

$\eta = 66,5 \%$ – коефіцієнт корисної дії;

$n_{ном} = 750 \text{ об/мин}$ – номінальна частота обертання;

$n_{мах} = 3750 \text{ об/мин}$ – максимальна частота обертання;

$R_{я} = 0,269 \text{ Ом}$ – опір обмотки якоря;

$R_{он} = 0,22 \text{ Ом}$ – опір додаткових полюсів;

$L_{я} = 5,7 \text{ мГн}$ – індуктивність обмотки якоря;

$R_{\epsilon} = 25 \text{ Ом}$ – опір обмотки збудження;

$J_{я} = 0,048 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ – момент інерції якоря;

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 18 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

$p = 2$ – число пар полюсів;

$K_j = 2$ – коефіцієнт інерційності механізму.

Номінальна кутова швидкість обертання:

$$\omega_{ном} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{ном}}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 750}{60} = 78,539 \text{ рад/с.}$$

Максимальна кутова швидкість обертання:

$$\omega_{max} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{max}}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 3750}{60} = 392,699 \text{ рад/с.}$$

Номінальний струм якоря:

$$I_{яном} = \frac{P_{ном}}{\eta \cdot U_{ном}} = \frac{2800}{0,665 \cdot 110} = 38,278 \text{ А.}$$

Сумарний опір якірного ланцюга:

$$R_{я\Sigma} = R_{я} + R_{оп} = 0,269 + 0,22 = 0,489 \text{ Ом.}$$

Похідна постійної машини на номінальний потік:

$$c\Phi_{ном} = \frac{U_{ном} - I_{яном} \cdot R_{я\Sigma}}{\omega_{ном}} = \frac{110 - 38,278 \cdot 0,489}{78,539} = 1,162 \frac{\text{В} \cdot \text{рад}}{\text{с}}.$$

Постійна часу якірного ланцюга:

$$T_{я} = \frac{L_{я}}{R_{я\Sigma}} = \frac{5,7 \cdot 10^{-3}}{0,489} = 11,656 \text{ мс.}$$

Номінальний момент:

$$M_{ном} = c\Phi_{ном} \cdot I_{яном} = 1,162 \cdot 38,278 = 44,488 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Номінальний струм обмотки збудження:

$$I_{вном} = \frac{U_{ном}}{R_{в}} = \frac{110}{25} = 4,4 \text{ А.}$$

Виходячи з висоти осі обертання ($h = 132 \text{ мм}$) по таблиці 1 [4]:

$$D_{H2max} = 130 \text{ мм.}$$

По рисунку 4 [6]: $\lambda_{max} = 1,4$.

$$l_2 = \lambda_{max} \cdot D_{H2max} = 1,4 \cdot 130 = 182 \text{ мм.}$$

По рисунку 2б [6]: $B'_\delta = 0,65 \text{ Тл}$.

По таблиці 2 [6] для класу ізоляції В: $K_1 = 0,97$.

По таблиці 3 [6] для $n_{ном} = 750 \text{ об/мин}$:

$$K_2 = 0,91.$$

Кінцеве значення:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 19 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

$$B_{\delta} = K_1 \cdot K_2 \cdot B'_{\delta} = 0,97 \cdot 0,91 \cdot 0,65 = 0,574 \text{ Тл.}$$

По рисунку 3 [6]: $\alpha' = 0,6$.

Полюсне ділення дорівнює:

$$\tau = \frac{\pi \cdot D_{H2max}}{2 \cdot p} = \frac{\pi \cdot 130}{2 \cdot 2} = 102,102 \text{ мм.}$$

Число витків обмотки збудження [6]: $w_g = 1000$.

Номинальний магнітний потік:

$$\Phi_{ном} = \frac{B_{\delta} \cdot l_2 \cdot a_{ш} \cdot \tau}{10^6} = \frac{0,574 \cdot 182 \cdot 0,6 \cdot 102,102}{10^6} = 6,397 \cdot 10^{-3} \text{ Вб.}$$

Постійна машини:

$$c = \frac{c\Phi_{ном}}{\Phi_{ном}} = \frac{1,162}{6,397 \cdot 10^{-3}} = 181,683.$$

Коефіцієнт розсіяння [7]: $\xi = 1,09$.

Індуктивність обмотки збудження:

$$L_{вном} = 2 \cdot p \cdot w_g \cdot \xi \cdot \frac{\Phi_{ном}}{I_{вном}} = 2 \cdot 2 \cdot 1000 \cdot 1,09 \cdot \frac{6,397 \cdot 10^{-3}}{4,4} = 6,339 \text{ Гн.}$$

Постійна часу обмотки збудження:

$$T_{вном} = \frac{L_{вном}}{R_g} = \frac{6,339}{25} = 0,254 \text{ с.}$$

Сумарний момент інерції механізму:

$$J_{\Sigma} = K_J \cdot J_{я} = 2 \cdot 0,048 = 0,096 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Також об'єкт керування містить ШИР збудження і ШИС напруги якоря, частота комутації яких: $f_k = 10 \text{ кГц}$.

Постійна часу перетворювачів дорівнює:

$$T_n = \frac{1}{f_k} = \frac{1}{10000} = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

Так як $T_n \gg T_{я}$ і $T_n \gg T_{вном}$ представимо перетворювачі в вигляді пропорційних ланок, звідки враховуючи діапазон стандартних керуючих сигналів ($\pm 10 \text{ В}$) маємо і максимальної шпаруватості ШИМ ($\gamma_{max} = 0,9$) отримаємо:

$$K_{ня} = K_{нев} = (2 \cdot \gamma_{max} - 1) \cdot \frac{U_{max}}{10} = (2 \cdot 0,9 - 1) \cdot \frac{220 \cdot 2,34}{10} = 41,184.$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 20 |

2.2 Розробка алгоритму керування і розрахунок параметрів системи

Об'єкт керування описується наступними рівняннями [7]:

$$\begin{cases} U_{\epsilon} = I_{\epsilon} \cdot R_{\epsilon} + 2 \cdot p_n \cdot \xi \cdot w_{\epsilon} \cdot p \Phi; \\ \Phi = f(I_{\epsilon}); \\ U_{\gamma} = I_{\gamma} \cdot R_{\gamma\Sigma} + c \cdot \Phi \cdot \omega; \\ p\omega = (M - M_c) / J_{\Sigma}. \end{cases}$$

Беремо двухконтурну систему керування швидкості з внутрішнім контуром потоку (рисунок 2.1).

Так як регулювання відбувається через зміну потоку, мінімальний потік буде при максимальній швидкості:

$$\Phi_{\text{мин}} = \frac{\Phi_{\text{ном}}}{5} = \frac{6,397 \cdot 10^{-3}}{5} = 1,279 \cdot 10^{-3} \text{ Вб.}$$

Мінімальний струм збудження:

$$I_{\epsilon \text{ мин}} = 0,1 \cdot I_{\epsilon \text{ ном}} = 0,1 \cdot 4,4 = 0,44 \text{ А.}$$

При цьому коефіцієнт лінеаризації кривої намагнічення знаходиться в діапазоні:

$$K_{\Phi} = \frac{\Phi_{\text{ном}}}{I_{\epsilon \text{ ном}}} \div \frac{\Phi_{\text{мин}}}{I_{\epsilon \text{ мин}}} = \frac{6,397 \cdot 10^{-3}}{4,4} \div \frac{1,279 \cdot 10^{-3}}{0,44} = 1,454 \cdot 10^{-3} \div 2,908 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Вб}}{\text{А}}.$$

$$T'_{\epsilon} = \frac{2 \cdot p \cdot w_{\epsilon} \cdot \xi}{R_{\epsilon}} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 1000 \cdot 1,09}{25} = 174,4 \frac{\text{с} \cdot \text{А}}{\text{Вб}}.$$

Максимальна постійна часу потоку:

$$T_{\epsilon \text{ max}} = T'_{\epsilon} \cdot K_{\Phi \text{ max}} = 174,4 \cdot 2,908 \cdot 10^{-3} = 0,507 \text{ с.}$$

Коефіцієнт форсування струму збудження [8]:

$$\alpha = \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{ном}}} = \frac{411,840}{110} = 3,744.$$

Мала постійна часу:

$$T_{\mu} = T_{\epsilon \text{ max}} \cdot \ln\left(\frac{\alpha}{\alpha - 1}\right) = 0,507 \cdot \ln\left(\frac{3,744}{3,744 - 1}\right) = 157,579 \text{ мс.}$$

Бажана передаточна функція замкнутого контура потоку:

$$W_{зпр} = \frac{1/K_{он}}{T_{\mu} + 1}$$

Бажана передаточна функція розімкнутого контура потоку:

$$W_{зпр} = \frac{1}{T_{\mu}}$$

Передаточна функція розімкнутого контура потоку:

$$W_{онр} = \frac{K_{\phi} / R_{\epsilon}}{T_{\epsilon}' \cdot K_{\phi} \cdot p + 1} \cdot K_{нг} \cdot K_{он}$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку по потоку:

$$K_{он} = \frac{10}{2 \cdot \Phi_{ном}} = \frac{10}{2 \cdot 6,397 \cdot 10^{-3}} = 781,606 \frac{B}{B\bar{b}}$$

Передаточна функція регулятора потоку:

$$W_{pn} = \frac{1}{T_{\mu}} \cdot \frac{(T_{\epsilon}' \cdot K_{\phi} \cdot p + 1) \cdot R_{\epsilon}}{K_{\phi} \cdot K_{нг} \cdot K_{он}} = K_{pn} + \frac{1}{T_{pn} \cdot p}$$

де

$$K_{pn} = \frac{T_{\epsilon}' \cdot R_{\epsilon}}{T_{\mu} \cdot K_{нг} \cdot K_{он}} = \frac{174,4 \cdot 25}{157,579 \cdot 10^{-3} \cdot 41,184 \cdot 781,606} = 0,859;$$

$$T_{pn} = \frac{T_{\mu} \cdot K_{нг} \cdot K_{он} \cdot K_{\phi}}{R_{\epsilon}} = \frac{157,579 \cdot 10^{-3} \cdot 41,184 \cdot 781,606 \cdot K_{\phi}}{25} = 202,897 \cdot K_{\phi} c.$$

Коефіцієнт K_{ϕ} підляжить визначенню безперервно, для чого контур потоку буде як на рисунку 2.2.

Коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості:

$$K_{ос} = \frac{10}{\omega_{max}} = \frac{10}{392,699} = 25,465 \cdot 10^{-3} \frac{рад}{B \cdot c}$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку ЕРС:

$$K_{оэ} = \frac{10}{U_{max}} = \frac{10}{411,84} = 24,281 \cdot 10^{-3}$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку по струму збудження:

$$K_{омв} = \frac{10}{2 \cdot I_{вном}} = \frac{10}{2 \cdot 4,4} = 1,136 \frac{B}{A}$$

Коефіцієнт нормалізації K_{ϕ^*}

$$K_{\kappa\phi} = \frac{K_{oc} \cdot K_{омв} \cdot 10}{K_{оэ} \cdot K_{\phi max}} = \frac{26,465 \cdot 10^{-3} \cdot 1,136 \cdot 10}{24,281 \cdot 10^{-3} \cdot 2,908 \cdot 10^{-3}} = 4098,513.$$

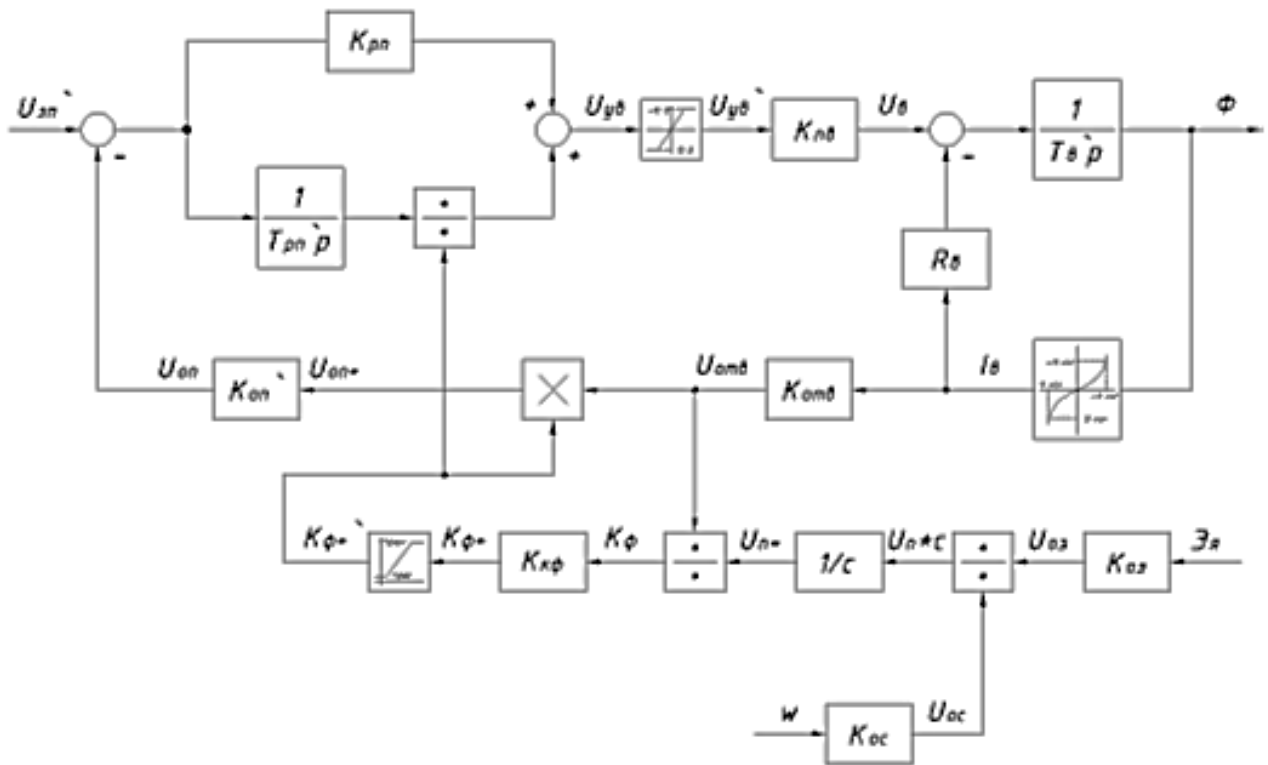


Рисунок 2.2 – Контур регулювання потоку

Враховуючи це:

$$K'_{он} = K_{он} \cdot \frac{K_{омв} \cdot K_{\phi max}}{10} = 781,606 \cdot \frac{1,136 \cdot 2,908 \cdot 10^{-3}}{10} = 0,2.$$

$$T'_{рн} = T_{рн} \cdot \frac{K_{\phi max}}{10} = 202,897 \cdot \frac{2,908 \cdot 10^{-3}}{10} = 58,998 \frac{мс}{В}.$$

Бажана передаточна функція розімкнутого контуру швидкості:

$$W_{жср} = \frac{1}{2 \cdot T_{\mu} \cdot p \cdot (T_{\mu} \cdot p + 1)}.$$

Передаточна функція розімкнутого контуру швидкості:

$$W_{онр} = \frac{1/K_{он}}{T_{\mu} \cdot p + 1} \cdot c \cdot I_{я} \cdot K_{ос} \cdot \frac{1}{J_{\Sigma} \cdot p}.$$

Передаточна функція регулятора швидкості

$$W_{рс} = \frac{K_{он}}{2 \cdot T_{\mu} \cdot p \cdot (T_{\mu} \cdot p + 1)} \cdot \frac{(T_{\mu} \cdot p + 1) \cdot J_{\Sigma} \cdot p}{c \cdot I_{я} \cdot K_{ос}} = K_{рс} \cdot \frac{1}{U_{отя}};$$

де

$$K_{pc} = \frac{K_{on} \cdot J_{\Sigma}}{2 \cdot T_{\mu} \cdot c \cdot K_{oc}} \cdot \frac{1}{I_{я}} = \frac{781,606 \cdot 0,048}{2 \cdot 157,579 \cdot 10^{-3} \cdot 181,683 \cdot 25,465 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{1}{I_{я}} = 25,730 \cdot \frac{1}{I_{я}}$$

Так як навантаження з постійною потужністю змінює знак β і коефіцієнт K_{pc} підлежить визначенню безперервного контуру швидкості також буде як на рисунку 2.3.

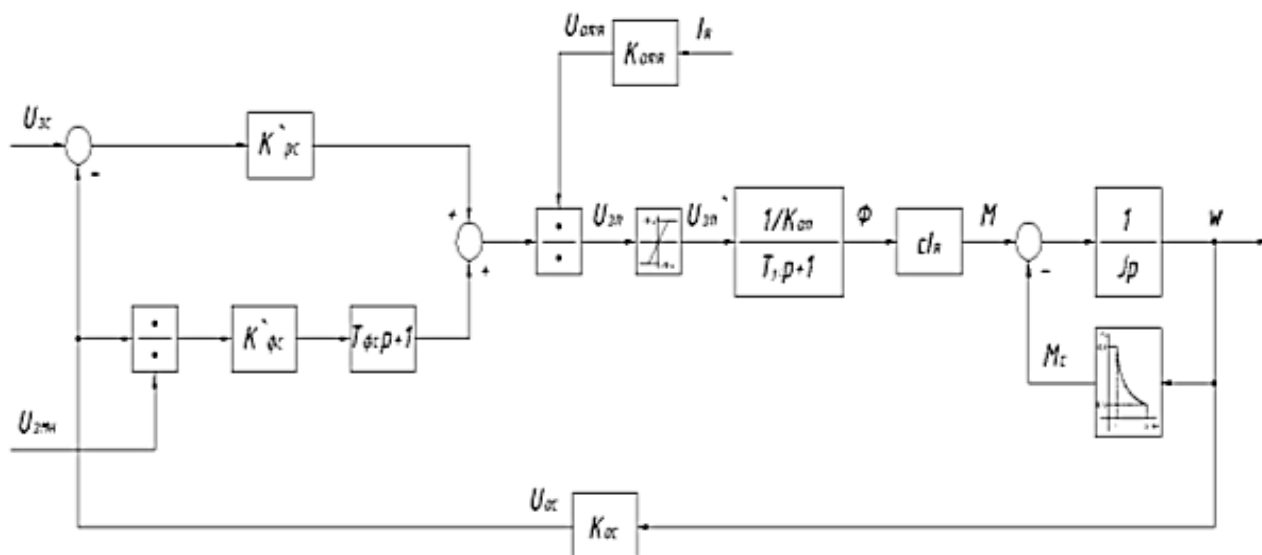


Рисунок 2.3 – Контур регулювання швидкості

Коефіцієнт зворотного зв'язку по струму якоря:

$$K_{отя} = \frac{10}{2 \cdot I_{яном}} = \frac{10}{2 \cdot 38,278} = 0,131 \frac{B}{A}$$

Звідси слідує:

$$K'_{pc} = K_{pc} \cdot K_{отя} = 23,069 \cdot 0,131 = 3,013.$$

Передаточна функція контуру компенсуючого вплив навантаження:

$$W_{фс} = \frac{(T_{\mu} \cdot p + 1) \cdot K_{он}}{c \cdot I_{я} \cdot \omega}$$

Коефіцієнт задання потужності навантаження:

$$K_{змн} = \frac{M_{ном} \cdot \omega_{ном}}{10} = \frac{44,488 \cdot 78,539}{10} = 449,406;$$

Звідки (з урахуванням прийнятих вище коефіцієнтів) маємо:

$$W_{фс} = K'_{фс} \cdot (T_{фс} \cdot p + 1) \cdot \frac{1}{U_{ос} \cdot U_{отя}};$$

де

$$K'_{\text{фс}} = \frac{K_{\text{оп}} \cdot K_{\text{змн}} \cdot K_{\text{ос}} \cdot K_{\text{отя}}}{c} = \frac{781,606 \cdot 449,406 \cdot 25,465 \cdot 10^{-3} \cdot 0,131}{181,683} = 5;$$

$$T_{\text{фс}} = T_{\mu} = 157,579 \text{ мс.}$$

Структура системи керування стабілізатором напруги в ланцюгу якоря приведена на рисунку 2.4.

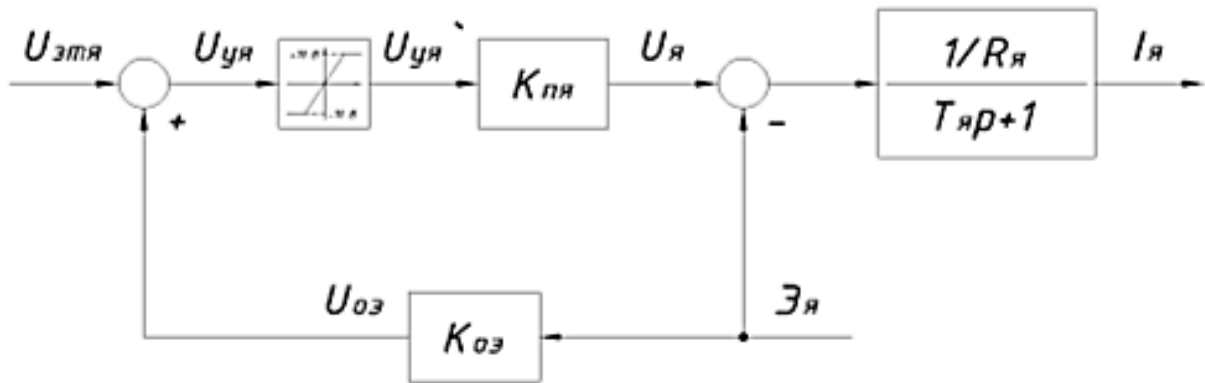


Рисунок 2.4 – Контур керування напругою якоря

Тут $U_{\text{этя}} = R_{\Sigma} \cdot I_{\text{я ном}} \cdot K_{\text{оэ}} = 0,489 \cdot 38,278 \cdot 24,281 \cdot 10^{-3} = 0,454 \text{ В};$

Структурна схема проектованої системи керування двигуном приведена на рисунку 2.5.

| | | | | |
|--------------------------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № док-м. | Подпись | Дата |
| | | | | |
| ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | | | | |
| Лист | 27 | | | |

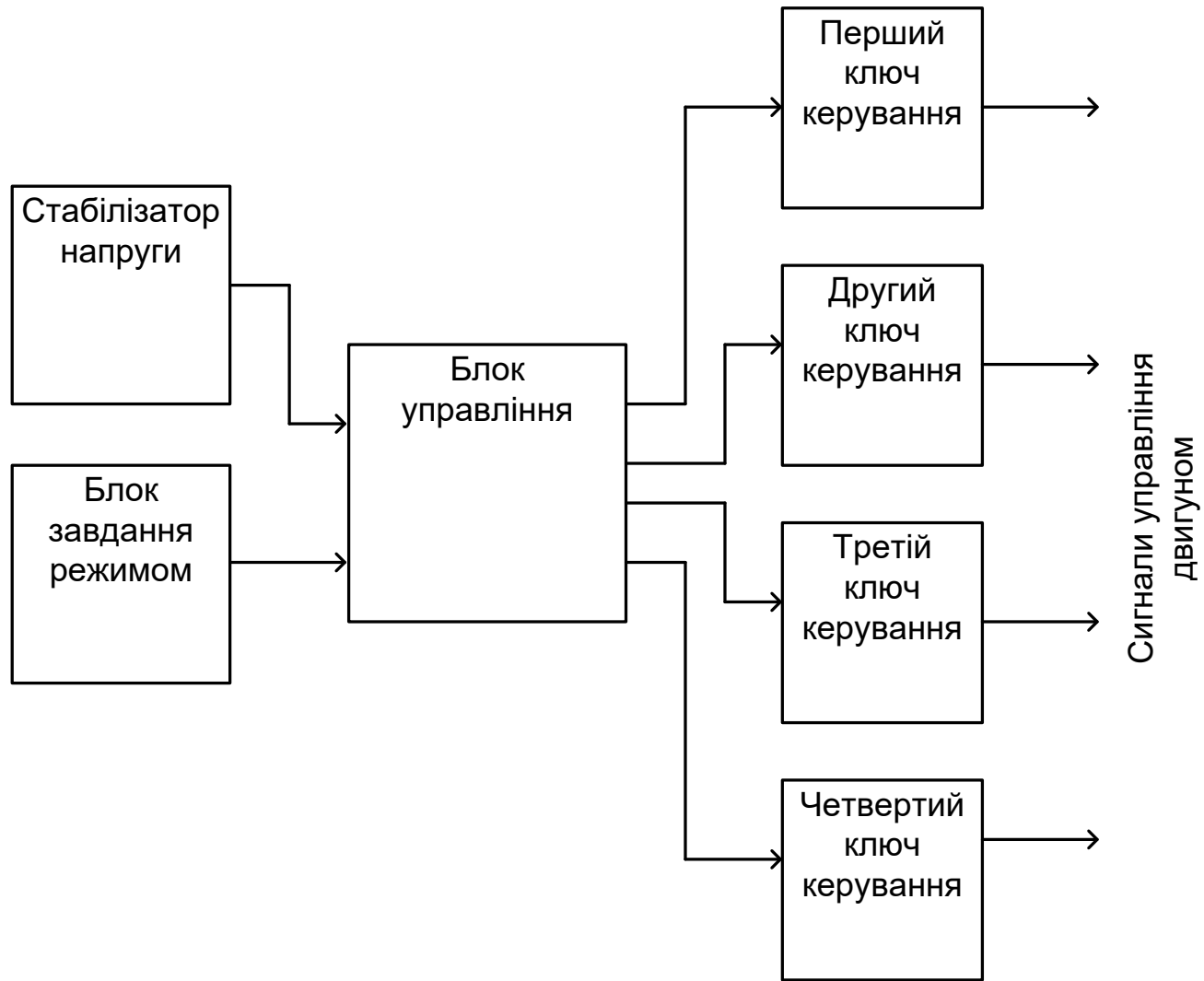


Рисунок 2.5 – Структурна схема системи керування двигуном

3 НАУКОВА-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

Моделювання процесів керування, визначення і оцінка показників якості

Модель об'єкта і системи керування в комплексі *MATLAB* 6.1. представлена на рисунку 3.1.

Моделювання будемо проводити по наступному алгоритму (рисунки 3.2-3.11):

- пуск на номінальну швидкість: $\omega_z = \omega_{ном} = 78,529 \text{ рад/с}$, $U_{zc} = 2 \text{ В}$;
- максимальний стрибок завдання: $\Delta\omega_z = \pm 314,159 \text{ рад/с}$, $\Delta U_{zc} = \pm 10 \text{ В}$;
- перевірка відпрацювання завдання:

$$\omega_{zнач} = 3 \cdot \omega_{max} = 235,619 \text{ рад/с}, U_{zc} = 6 \text{ В} \rightarrow \Delta\omega_z = 1 \text{ рад/с}, \Delta U_z = 25,465 \text{ мВ}.$$

Для технічного оптимуму:

- перерегулювання складає: $\sigma = 0,043 \cdot \Delta\omega = 0,043 \cdot 1 = 0,043 \text{ рад/с}$,
- час нарощування: $t_{нар} = 4,7 \cdot T_\mu = 4,7 \cdot 157,579 = 740,625 \text{ мс}$.

По результатам моделювання:

- перерегулювання складає:

$$\sigma = \omega_{max} - \omega_{уст} = 236,662 - 236,619 = 0,043 \text{ рад/с},$$

- час нарощування: $t_{нар} = 740 \text{ мс}$.

Статична помилка відсутня.

Звідси можна зробити висновок, що динаміка і статика проектованої системи повністю задовольняє вимогам технічного завдання.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 28 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № док-м. | Подпись | Дата |
| | | | | |

ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ

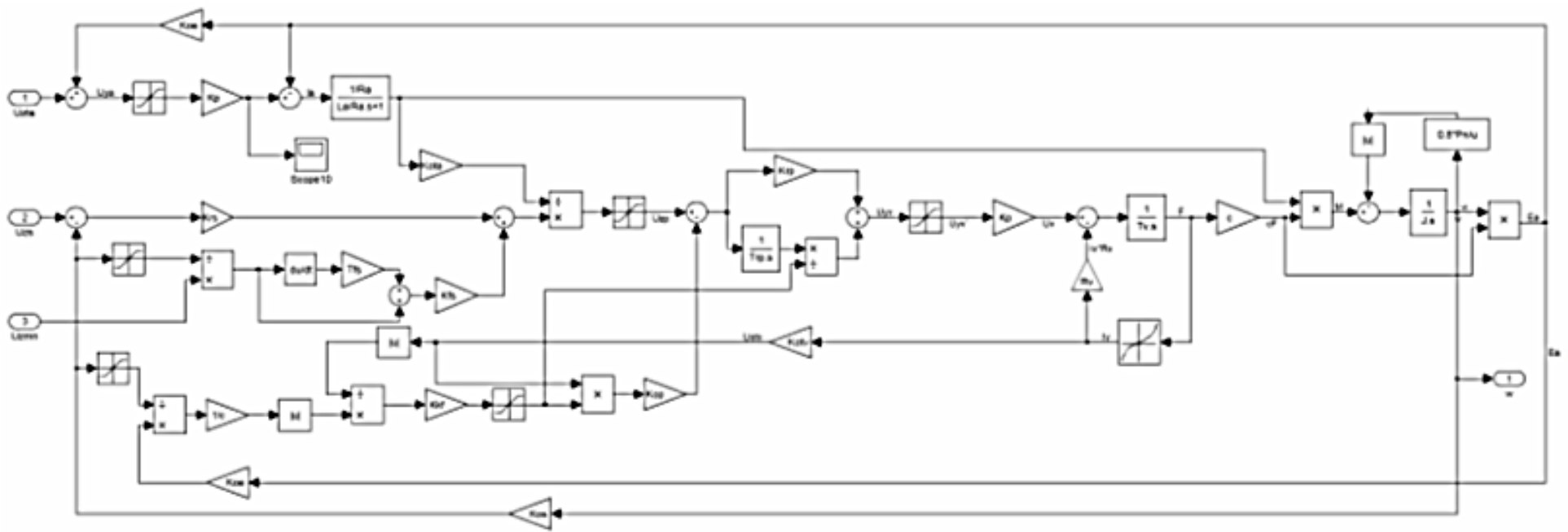


Рисунок 3.1 – Модель об'єкта і система керування

$\omega, \text{rad/s}$

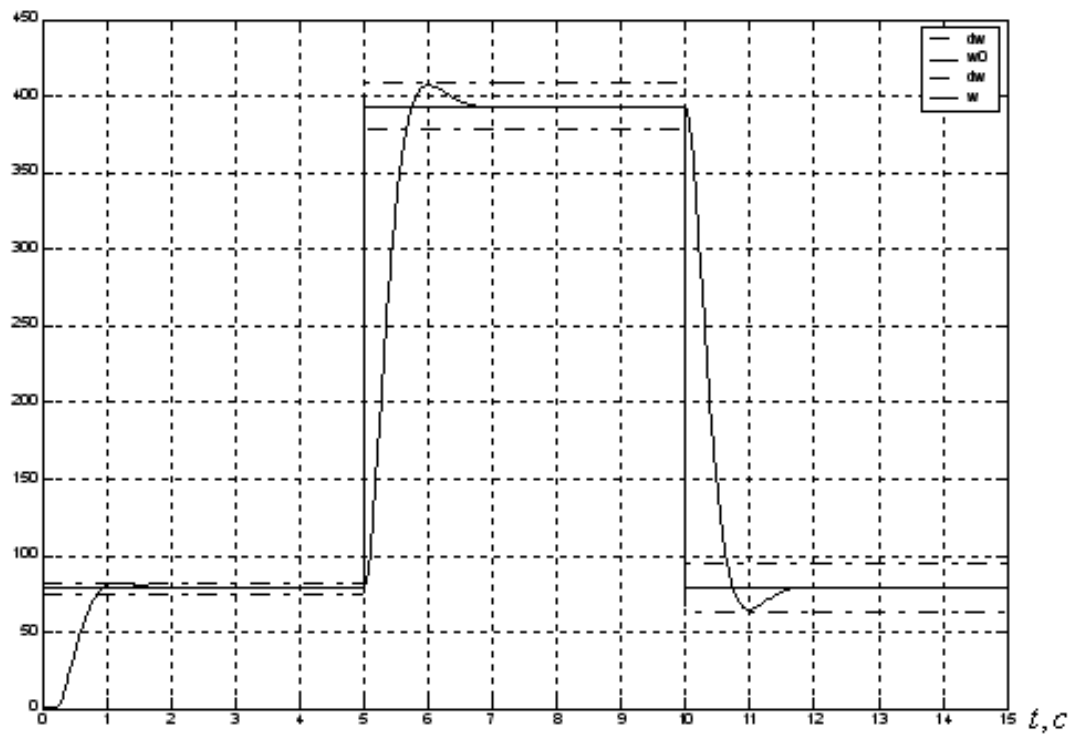


Рисунок 3.2 – Залежність ω від часу

$M, \text{H} \cdot \text{м}$

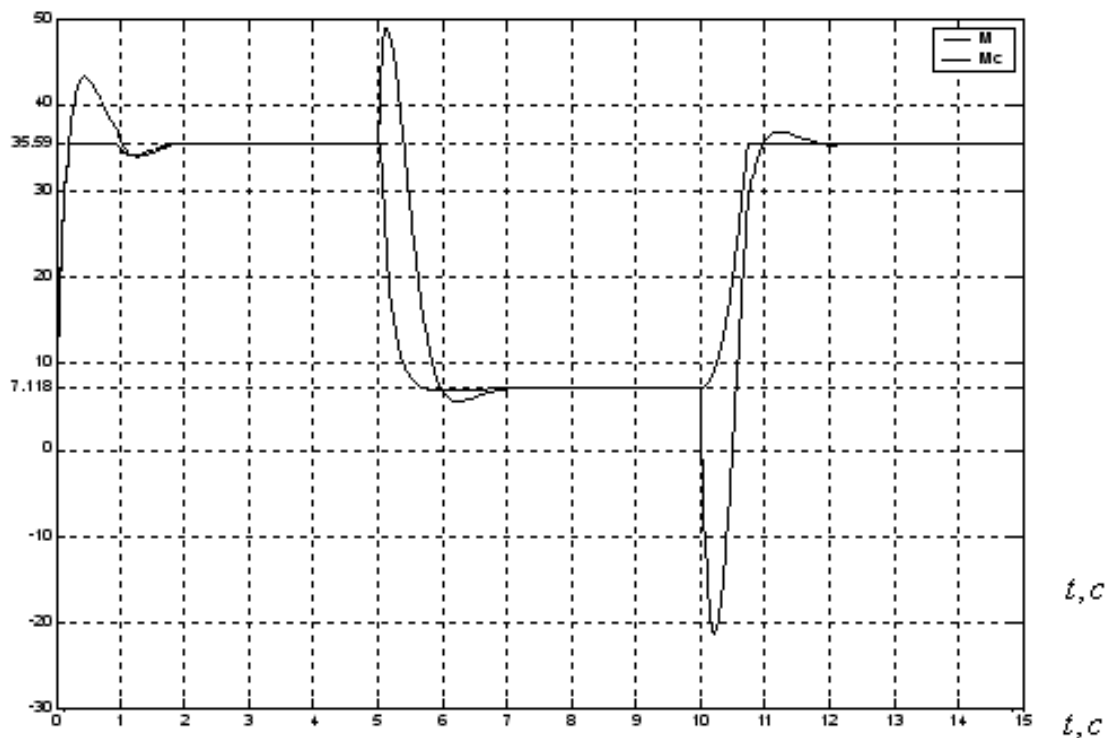


Рисунок 3.3 – Залежність M і M_c від часу

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ

Лист

30

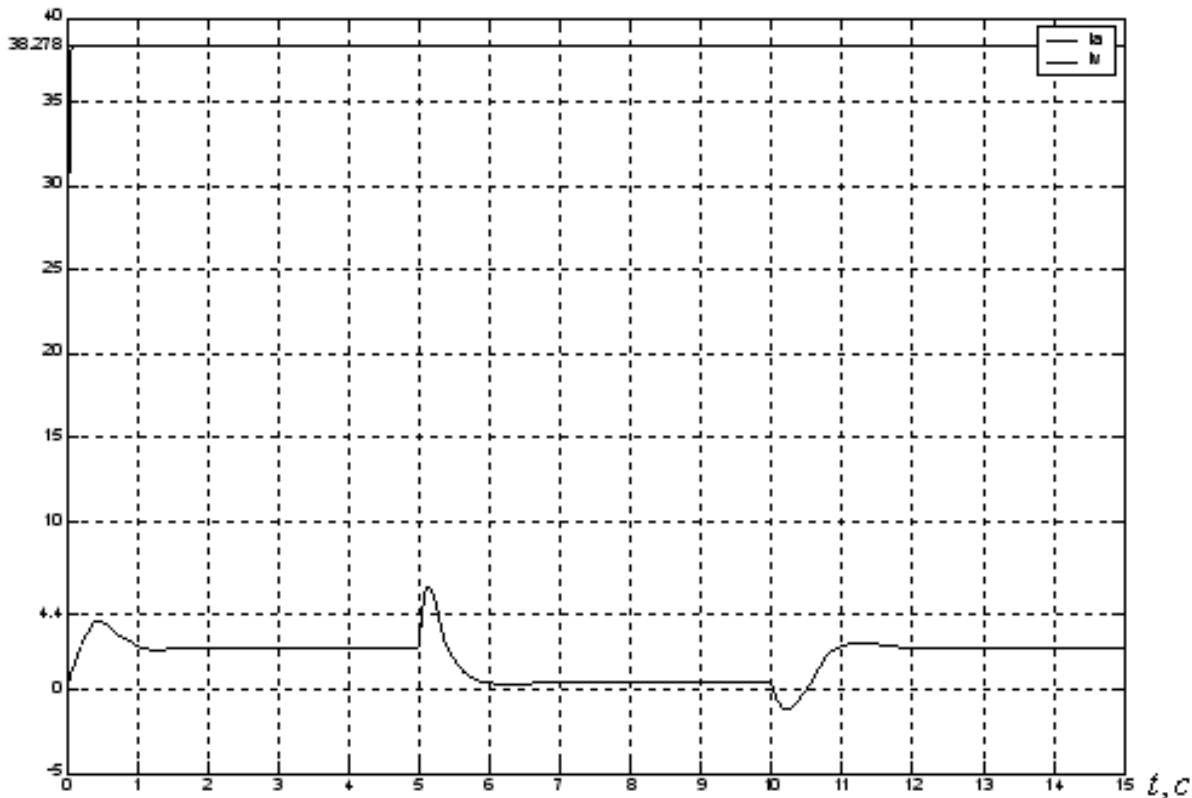


Рисунок 3.4 – Залежність I_z і I_6 від часу

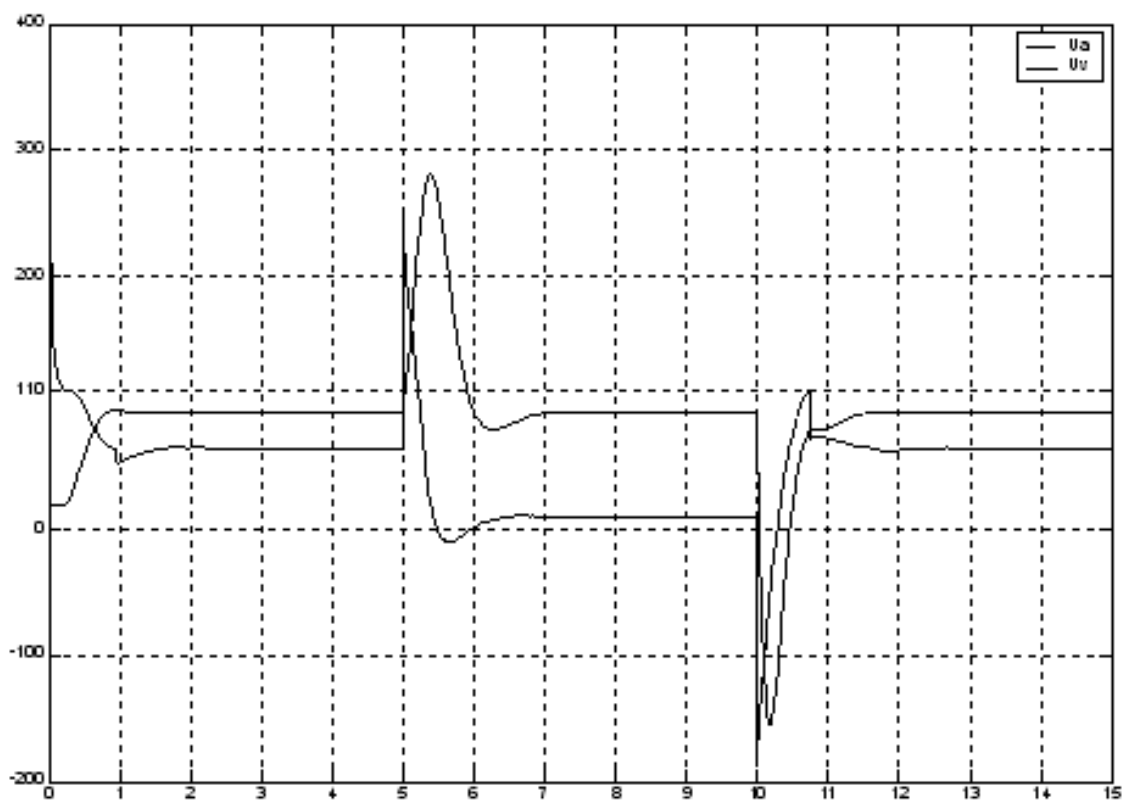


Рисунок 3.5 – Залежність U_z і U_6 від часу

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

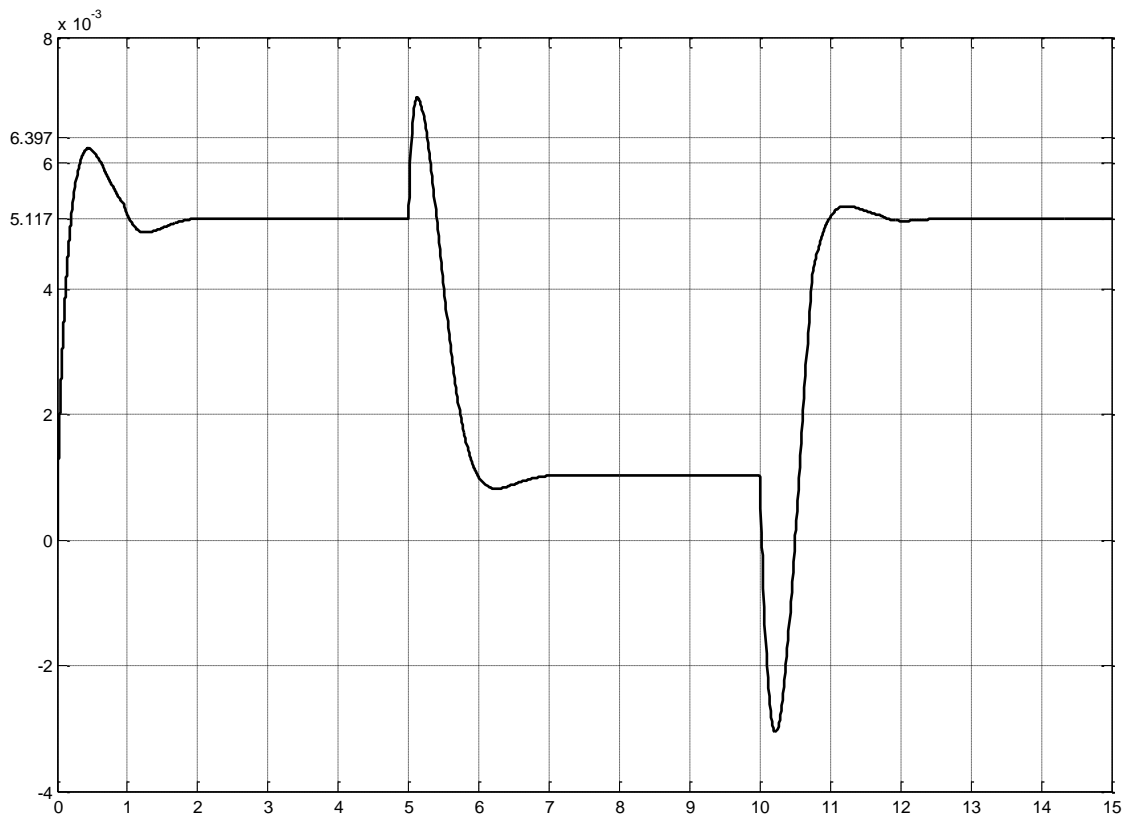


Рисунок 3.6 – Залежність ϕ від часу

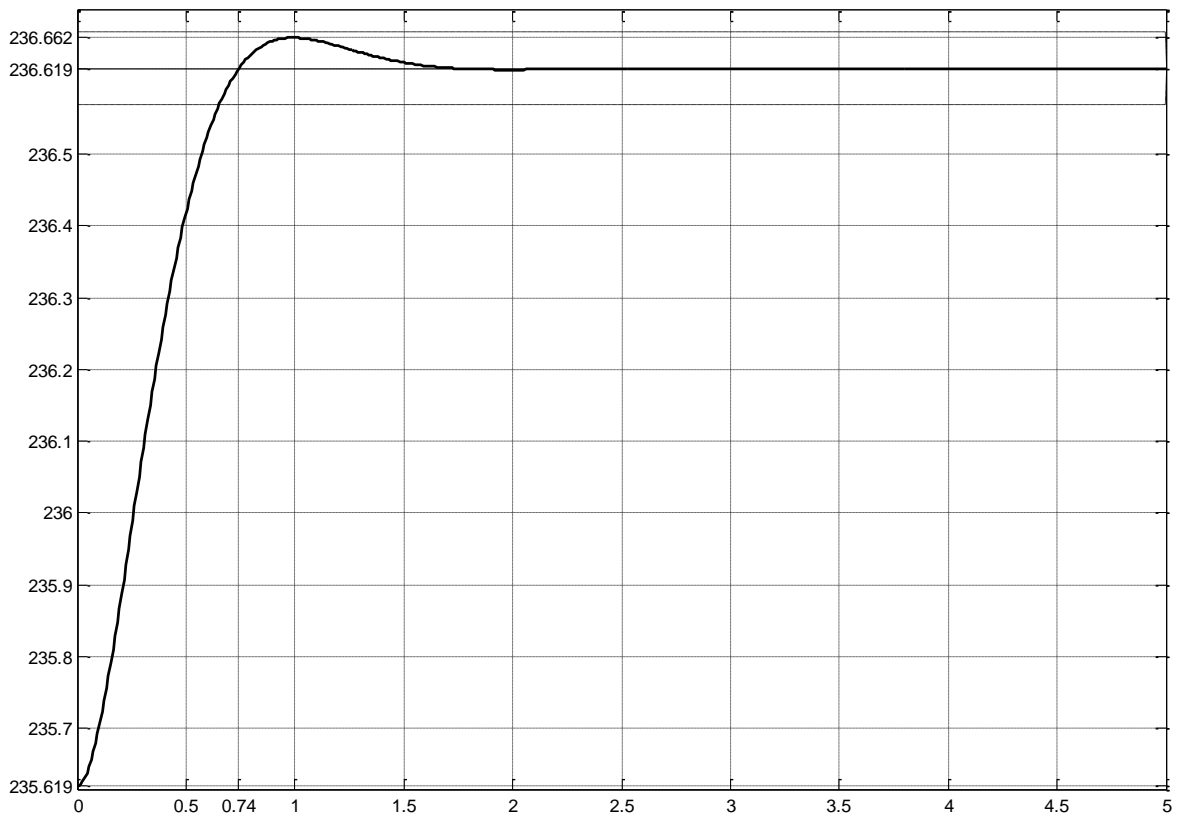


Рисунок 3.7 – Залежність ω від часу

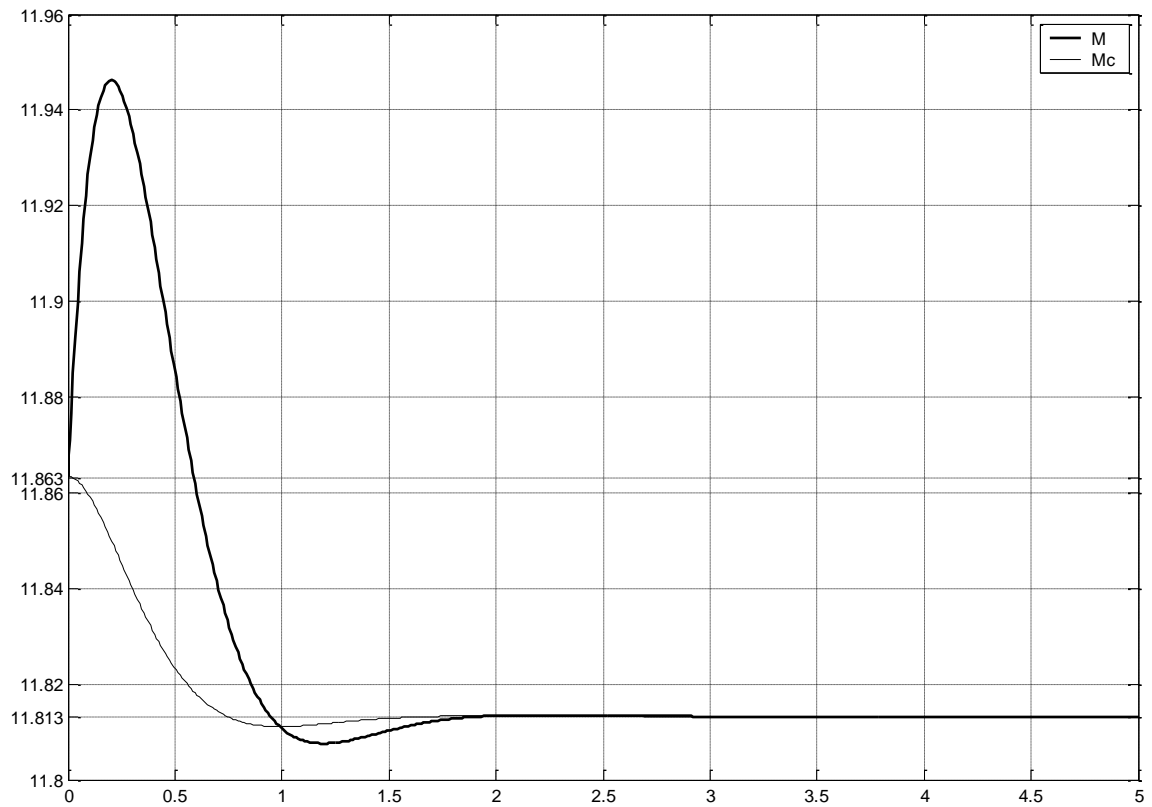


Рисунок 3.8 – Залежність M і M_c від часу

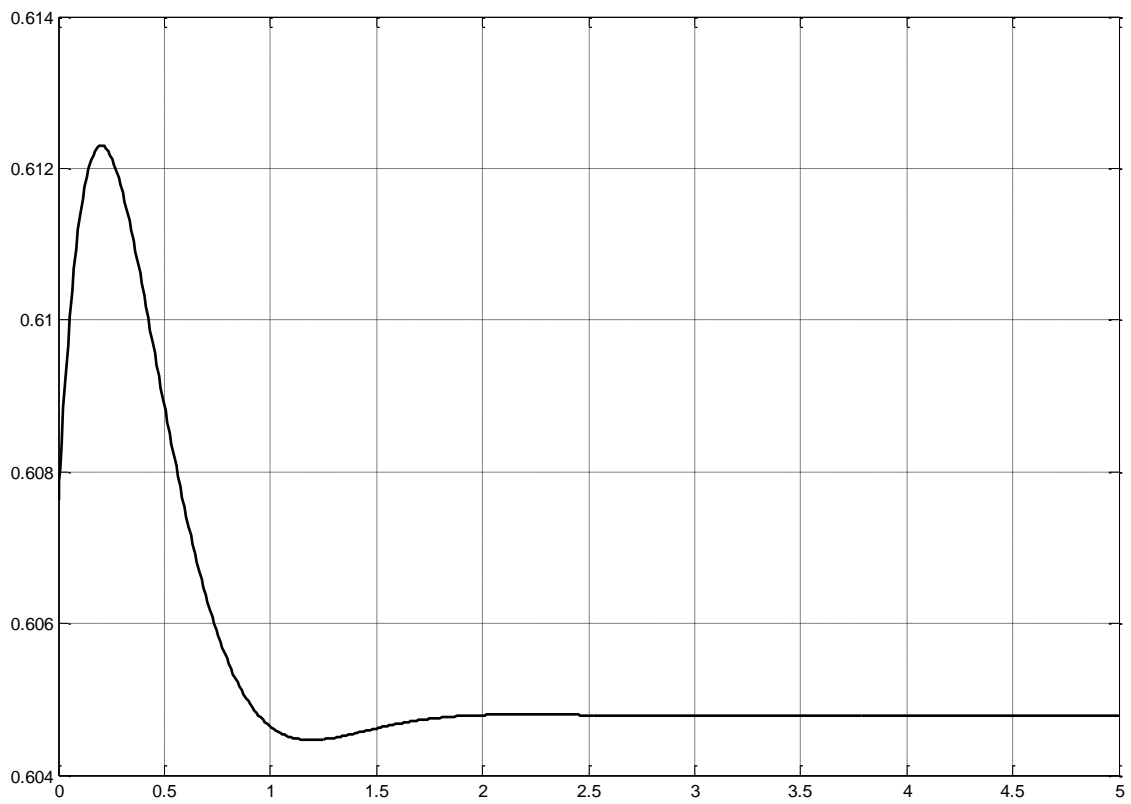


Рисунок 3.9 – Залежність I_g від часу

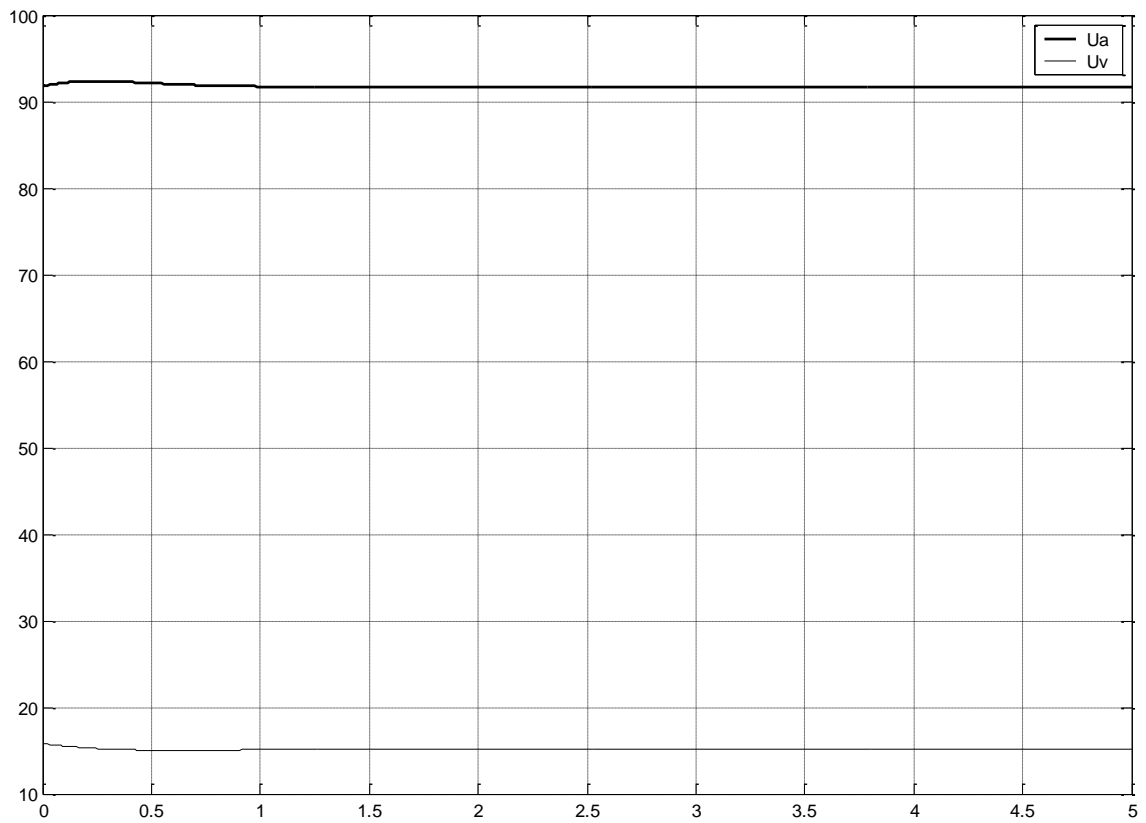


Рисунок 3.10 – Залежність U_z і U_θ від часу

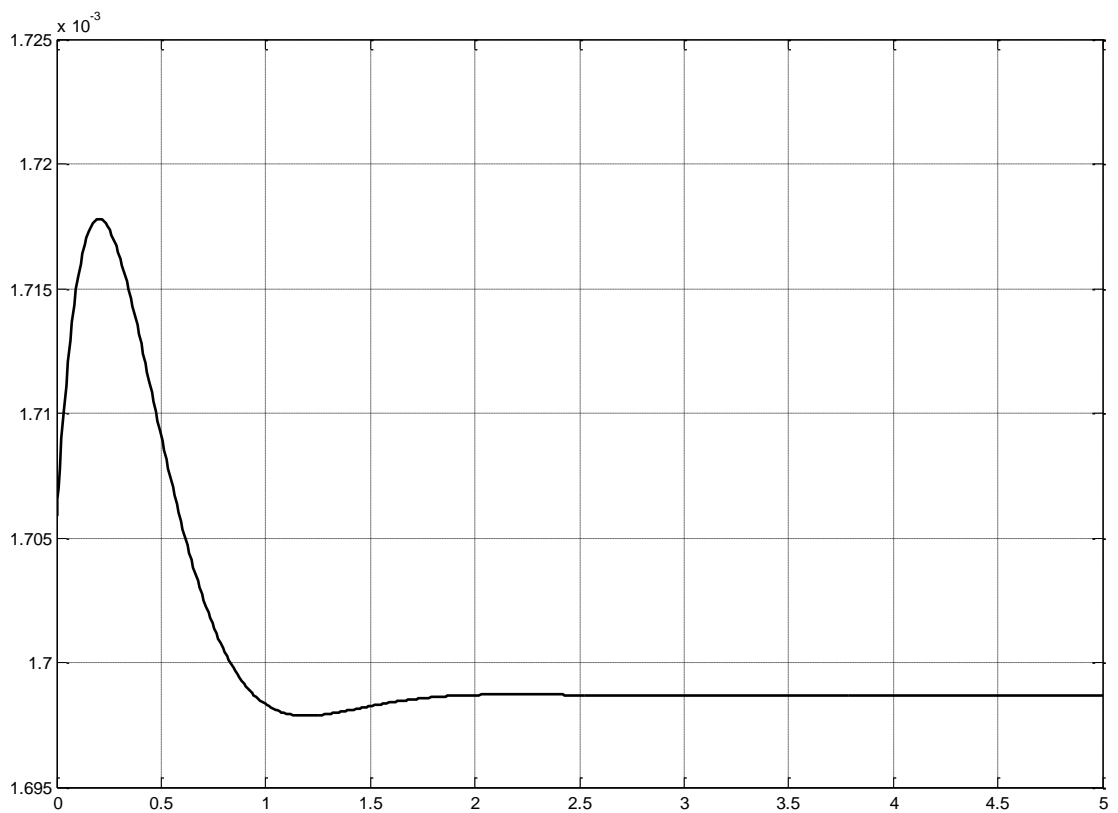


Рисунок 3.11 – Залежність ϕ від часу

4 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ РОЗРОБЛЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

4.1 Вибір елементної бази

Основну увагу слід приділити, при виборі головного керуючого елемента, мікроконтролеру. Завдяки наявності 8-канального 10-розрядного АЦП мікроконтролер (МК) PIC16F676 знайшов широке застосування у вимірювальній техніці, в лабораторних блоках живлення, зарядних пристроях і т.п. При цьому його середня ціна незначно перевищує 1 долар США [9].

Програмувати ці МК можна навіть за допомогою дуже поширеного програматора PonyProg2000, якщо його доопрацювати.

Мікроконтролер PIC16F676 є представником так званого "середнього сімейства" мікроконтролерів (Mid-Range MCU Family) фірми Microchip Technology Inc [9].

Ядром МК цього сімейства є високопродуктивний RISC-процесор, асемблер для якого містить всього 35 інструкцій (команд), що помітно спрощує його освоєння. Саме тому багато фахівців рекомендують починати вивчення програмування мікроконтролерів з МК цього сімейства [9].

Всі команди складаються з одного бінарного 14-розрядного слова і виконуються за один машинний цикл, крім інструкцій переходу, які виконуються за два машинних циклу. Мінімальна тривалість машинного циклу дорівнює 200 нс. Кожен машинний цикл виконується за чотири періоди тактового генератора МК, тобто за чотири такту. Тактова частота як власного генератора МК PIC16F676/630, так і зовнішнього тактового сигналу може бути в межах від декількох Гц до 20 МГц [9].

Програмно можна здійснювати вибір одного з шести джерел тактового сигналу [9]:

- RC – зовнішній RC генератор (два режими);
- INTOSC – внутрішній генератор 4 МГц (два режими);
- EC – зовнішній тактовий сигнал;
- XT – стандартний резонатор;
- HS – високочастотний резонатор;
- LP – низькочастотний резонатор.

Діапазон напруги живлення МК PIC16F676 становить 2,0...5,5 В.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 35 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Мікроконтролер має низьке енергоспоживання [9]:

- менше 1,0 мА при напрузі живлення 5,5 В і тактовій частоті 4 МГц;
- 400 мкА (типове) при напрузі живлення 2,0 В і тактовій частоті 4 МГц;
- 100 мкА (типове) при напрузі живлення 2,0 В і тактовій частоті 1 МГц;
- 8,5 мкА (типове) при напрузі живлення 2,0 В і тактовій частоті 32 кГц;
- менше 1,0 мкА в режимі енергозбереження (SLEEP);
- типове значення струму в черговому (Standby) режимі при напрузі живлення 2 В дорівнює 1 нА.

Ці МК містять два 6-розрядних порту: А (виводи RA0 ... RA5) і С (виводи RC0...RC5). Більшість виводів портів мікроконтролерів є багатофункціональними. Конкретне призначення кожного з них задається програмно [9].

При роботі виводів порту А на вхід для кожного виводу програмно (з окремим бітом включення) можуть бути підключені внутрішні підтягує резистори.

МК PIC16F630/676 містять Flash-пам'ять програм обсягом 1024x14 бінарних слів і пам'ять даних EEPROM об'ємом 64 байта. Flash-пам'ять допускає перезапис 100 000 раз, а EEPROM – 1000000. Записана в EEPROM і FLASH-пам'ять інформація зберігається понад сорок років [9].

Ці контролери підтримують переривання по зміні рівня сигналу, що спрацьовує від чотирьох джерел. Для роботи з перериваннями і підпрограмами PIC16F630/676 мають 8-рівневий апаратний стек. Все це забезпечує прямий, непрямий і відносний режими адресації команд і даних [9].

Периферія PIC16F630/676 включає в себе 8-бітний таймер-лічильник (Timer0), 16-бітний таймер-лічильник (Timer1), 12 потужнострумівих портів введення-виведення, що настроюються індивідуально, один аналоговий компаратор з інтегрованим програмованим джерелом опорного напруги і програмно комутуєними входами і виходом [9].

Крім того, МК PIC16F676 містить 10-розрядний модуль АЦП з 8-ю програмованими каналами. Відразу зауважимо, що головна відмінність PIC16F676 від PIC16F630 – це можливість програмування 8-ми з 12-ти виводів портів як входів АЦП (AN0...AN7). Крім того, PIC16F630 не містить модуль

АЦП [9].

Можна відзначити такі особливості МК PIC16F630/676:

- скидання при включенні живлення (POR);
- скидання по зниженню напруги живлення (BOR);
- наявність таймера включення живлення (PWRT), таймера запуску генератора (OST) і сторожового таймера (WDT) з власним вбудованим RC-генератором (для підвищення надійності роботи МК);
- режим енергозбереження (SLEEP) з швидким виходом з цього режиму при роботі з внутрішнім генератором 4МГц.

PIC16F676 мають комутуємий вивід MCLR і програмований захист коду.

Вони можуть програмуватися прямо на платі пристрою через послідовний інтерфейс ICSPT з використанням всього двох виводів МК. Налагодження цих МК також може проводитися прямо на платі через послідовний двохпровідний інтерфейс ICD [9].

Мікроконтролери PIC16F676 виготовляються в 14-вивідних корпусах DIP, SOIC і TSSOP. Розташування висновків цих МК наведено на рисунку 4.1.

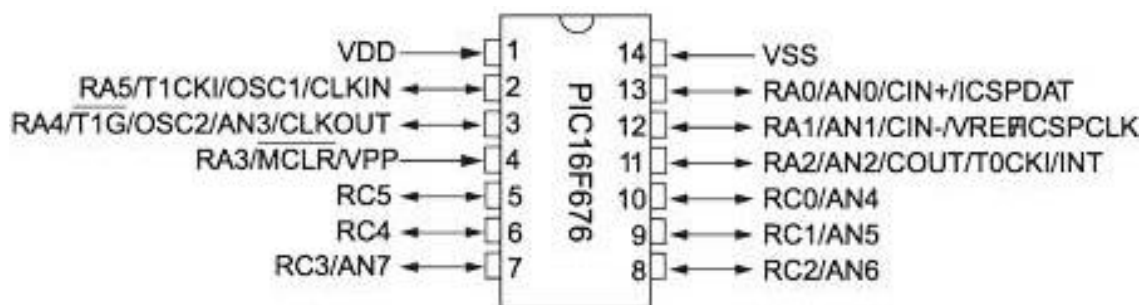


Рисунок 4.1 – Розміщення виводів мікроконтролера PIC16F676 [9]

Схема підключення розроблювальної системи до мережі через провід живлення, що йде від акумуляторної батареї до плати і від плати на двигун. Провід живлення необхідно брати перетином не менше 1-2 мм. Вимикач напруги, краще встановити на кришці ниші акумуляторної батареї на корпусі пристрою. Батарею і плату можна закріпити в будь-якому зручному місці.

MOSFET-транзистори VT5-VT8 можуть бути будь-якими імпортними з літерним індексом L, зі струмом стоку не менше ніж на 10А, вітчизняні з аналогічними параметрами. Чим більше допустимий струм стоку, тим менших розмірів потрібен радіатор для транзистора. При 10-кратному запасі по току, радіатор може взагалі не знадобитися. Звичайно, це за умови, що транзистор

відкривається повністю. Велике навантаження випробовують транзистори, що працюють в ключовому режимі, тобто VT7, VT8.

Транзистори VT1-VT4 можуть бути будь-якими структури n-p-n. Перемикачі швидкостей SA1, SA2 краще замінити одним движковим і встановити його на передній панелі. Як батарею GB1 краще застосувати 2 батареї типу 3R12, яких вистачить на довго.

4.2 Розробка принципової електричної схеми розроблювальної системи

Принципова електрична схема системи блоку керування двигуном постійного струму приведена в додатку Б. Виходи мікроконтролера DD1 RC0-RC3 керують ключами VT1-VT4, які відкривають польові транзистори VT5-VT8, що подають напругу в необхідній полярності на двигун постійного струму M1. На входи RA4, RA5 ІМС DD1 через перемикачі SA1, SA2 подається логічний "0", визначаючи обрану швидкість. Програмно входи RA4, RA5 підтягнуті внутрішніми резисторами мікроконтролера до плюса живлення. Значення обраних швидкостей в залежності від стану входів:

- 00 – 100;
- 01 – 80;
- 10 – 60;
- 11 – 50.

Не закорочені на землю виводи SA1, SA2 відповідають значенню 11.

На входи RC4, RC5 також подається напруга, визначаючи обраний напрям руху. Оскільки при повністю зарядженій акумуляторної батареї напруга на ній перевищує максимально допустимий для входів мікроконтролера, то встановлені подільники напруги R2, R9 і R3, R8.

Для живлення мікроконтролера і ключових транзисторів була встановлена батарея GB1 з напругою 9В. Стабілізатор напруги DA1 необхідний тільки для живлення ІМС мікроконтролера DD1. Струм від батареї GB1 становить 15...25 мА. Менше споживання струму буде при максимальній швидкості обертання двигуна.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 38 |

5 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

5.1 Розробка алгоритму програмного забезпечення розроблювальної системи

Система блоку керування двигуном постійного струму розроблена на мікроконтролері PIC16F676. Програма була написана на мові асемблера і відлагоджена в програмному пакеті MPLAB IDE версії 5.70.40 [10]. Програма керує плавним пуском і зупинкою двигуна постійного струму і має 4 фіксовані швидкості: 50%, 60%, 80%, 100%.

Алгоритм роботи програми мікроконтролера показаний на рисунку 5.1. Після пуску і ініціалізації мікроконтролера визначається встановлена швидкість і включається прапор обраної швидкості. Далі визначається напрямок руху: прямий хід, реверсивний хід, або відсутність руху – стоп, і встановлюються відповідні прапори напрямку.

Якщо напрямок руху не вибрано, то сигналу "Пуск" немає, і програма переходить на очікування переривання. Якщо "Пуск" включений, то по прапору визначається напрямок руху та відпрацьовується прямий хід або зворотній.

Тривалість імпульсу пуску при прямому і зворотному ході формується однаково, але на різні виходи. Один вихід, який включає "загальний" провід двигуна, включається відразу, а на другому виході тривалість імпульсу включення збільшується після кожного переривання. Чим більше число переривань відбулося з моменту початку пуску, тим на більше значення збільшується тривалість імпульсу.

Реалізовано це за допомогою підпрограми затримки 37 мкс, помножене на число регістра "Сек", що має змінне значення, і змінюється після кожного переривання. Переривання по переповненому таймеру TMR0 відбувається через 4 мс, ділиться дільником на 10 і збільшує лічильник "Сек". Таким чином, лічильник "Сек" збільшується на одиницю через 40 мс. Значення цього лічильника під час пуску вибрано рівним 55, але може бути змінено користувачем в будь-яку сторону. При цьому значенні лічильника "Сек" час пуску 2,25 с, а тривалість імпульсу плавно збільшується до 75% повної потужності двигуна.

Після відпрацювання частини пуску очікується переривання, і, якщо пуск ще не завершений, програма повертається на визначення швидкості і напрямку.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 39 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Якщо пуск виконано, то програма відпрацьовує обрану швидкість з частотою ШІМ, що дорівнює 125 Гц. Відпрацювання швидкості виконується аналогічно відпрацюванню пуску, але з постійним часом затримки. Але якщо під час пуску час затримки збільшує тривалість вихідного імпульсу, то при роботі час затримки визначає тривалість паузи. Це необхідно для того, щоб при відпрацюванні "стопа" ще більше збільшувати час паузи, скорочуючи таким чином тривалість вихідного імпульсу.

Якщо включений прапор "Стоп", то при перериванні змінюються значення подільників. Дільник на 10 стає подільником на 1, а значення регістра "Сек" може приймати значення або 50, або 70. Це залежить від включеного прапора швидкості. При швидкості 50% регістр "Сек" приймає значення 50, так як при великих значеннях відбувається перерегулювання і тривалість паузи стає більше тривалості імпульсу. При цьому замість того, щоб зменшувати значення тривалості імпульсу, вона починає зростати. При таких значеннях регістра "Сек" час зупинки двигуна дорівнює 0,2 с (воно може бути змінено користувачем в будь-яку сторону зменшенням або збільшенням до 255 значення регістра "Сек"), а тривалість вихідного імпульсу плавно зменшується до нуля.

Після відпрацювання тривалості імпульсу швидкості або стопа – програма повторюється з етапу визначення швидкості.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 40 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

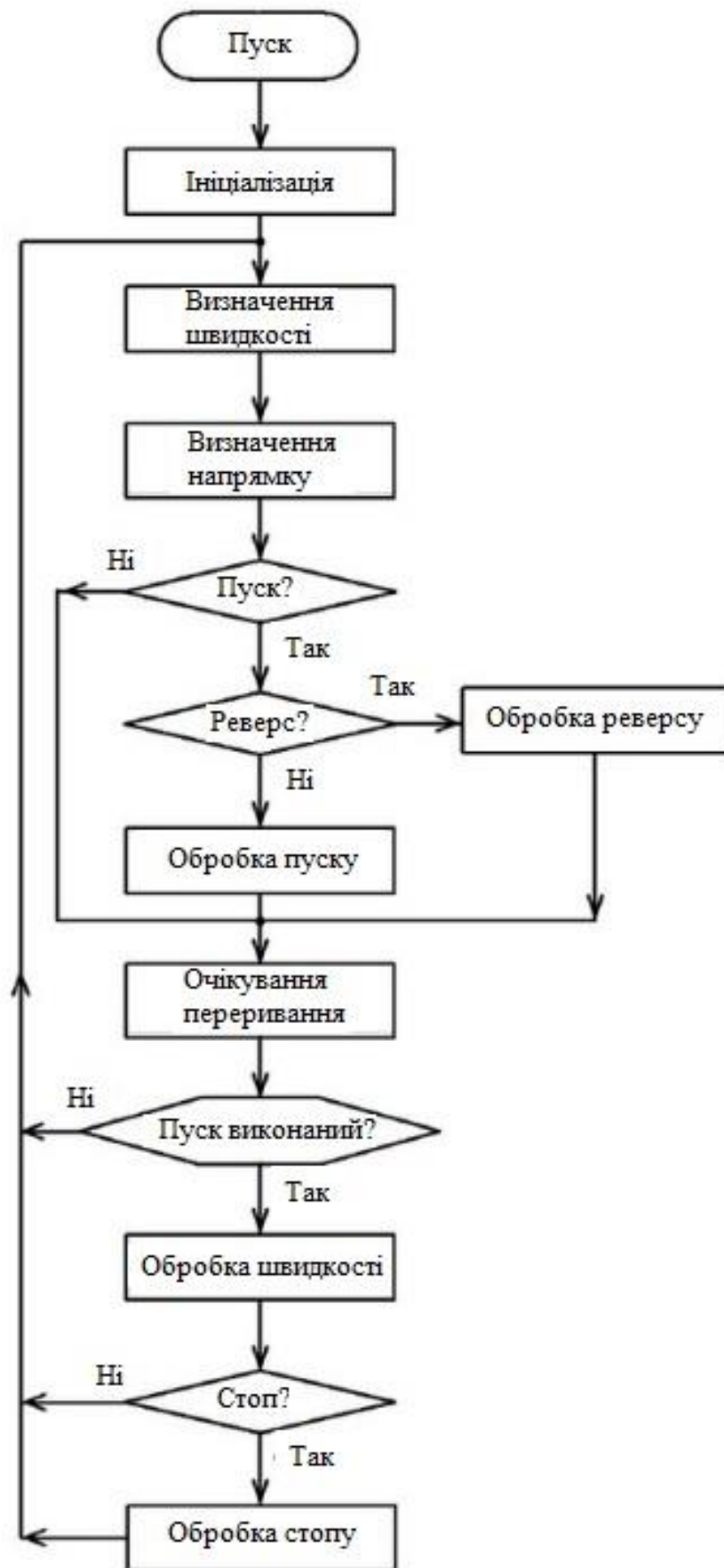


Рисунок 5.1 – Алгоритм програми мікроконтролера

5.2 Лістинг програми

```
LIST P=PIC16F676
```

```
#INCLUDE <P16F676.INC>
```

```
__CONFIG 3194H
```

```
=====
```

```
; використовується внутрішній генератор частотою 4,0 МГц.
```

```
=====
```

```
; RC0 - RC3 - виходи управління ключами
```

```
; RC4, RC5 - входи напруги з БУ
```

```
; RA4, RA5 - кодування швидкості
```

```
=====
```

```
CBLOCK H'20'
```

```
CEK ; час паузи
```

```
MSK ;
```

```
FLAG ; реєстр прапорів
```

```
FLAG1 ;
```

```
WTEMP ; тимчасовий
```

```
TEMP ; тимчасовий
```

```
STEMP ; тимчасовий
```

```
FTEMP ; тимчасовий
```

```
ENDC
```

```
=====
```

```
; FLAG 0-3 сек
```

```
; 1 - пуск
```

```
; 2 - реверс
```

```
; 3 - стоп
```

```
; 4 - 50 %.
```

```
; 5 - 60 %.
```

```
; 6 - 80 %.
```

```
; 7 - переривання
```

```
; FLAG1 1 - робота
```

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 42 |

; 2 – зупинка роботи

;=====

; 1. пуск

;=====

ORG 0

GOTO INIT

ORG 4

GOTO PRER

;=====

; 8. ініціалізація

;=====

INIT

MOVLW 38

BSF STATUS,5 ;переходимо в банк 1.

MOVWF OSCCAL^0x90 ;максимальна частота

MOVLW B'00000011' ;K=16.

MOVWF OPTION_REG^80H ;резистори ввімкнені

MOVLW B'10100000' ;дозвіл на переривання від TMR0.

MOVWF INTCON ;

CLRF PIE1 80H ;заборонені всі периферійні переривання

MOVLW B'00111111' ;всі - входи

MOVWF TRISA 80H ;

MOVLW B'00110000' ;4, 5 - входи

MOVWF TRISC^80H ;0-3 виходи

CLRF ANSEL ;всі входи цифрові

CLRF VRCON ;іон відімкнутий

CLRF PCON 80H ;переривання по живленню заборонені

MOVLW B'00110000' ;

MOVWF WPUA ;підтягуючі резистори ввімкнені

CLRF IOCA ;переривання заборонені

BCF STATUS,5 ;переходимо в банк 0.

CALL ZERO ;виходи відімкнуті

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 43 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

```

CLRf  PORTA      ;
CLRf  T1CON      ;таймер 1 відімкнутий
MOVLW 7
MOVWF CMCON      ;компаратор відімкнутий
MOVF  CMCON,1
CLRf  FLAG       ;все обнуляємо і встановлюємо
CLRf  FLAG1

```

```

;=====

```

```

; 3. мультиплексор

```

```

;=====

```

```

ZDEM

```

```

BCF  FLAG,7      ;переривання
CALL OPA
CALL PEБEPС
BTFSC FLAG1,2    ;якщо робота дозволена
GOTO  $+3
BTFSS FLAG,1     ;то перевіримо пуск
CALL PYCK
BTFSS FLAG,7     ;переривання
GOTO  $-1
BTFSC FLAG1,2    ;якщо нема роботи
GOTO  ZDEM       ;то повернемося
BTFSS FLAG,1     ;якщо пуск не виконався
GOTO  ZDEM       ;то повернемося
BSF  FLAG1,1     ;робота
BTFSC FLAG,2     ;реверс?
GOTO  $+9        ;так
BTFSC FLAG,4     ;ні
GOTO  V50
BTFSC FLAG,5
GOTO  V60
BTFSC FLAG,6

```

GOTO V80
GOTO V100
GOTO ZDEM
BTFSC FLAG,4
GOTO RV50
BTFSC FLAG,5
GOTO RV60
BTFSC FLAG,6
GOTO RV80
GOTO RV100
GOTO ZDEM

PEBEPС

BTFSC PORTC,4 ;якщо 0
GOTO PEVE ;01
BTFSC PORTC,5 ;і 0, то обнуляємо
GOTO PRAM ;10
BTFSC FLAG1,1 ;якщо робота
BSF FLAG,3 ;то ввімкнемо стоп
BTFSC FLAG,3
RETURN
CALL ZERO ;все обнуляємо
BSF FLAG1,2 ;ні роботі
BCF FLAG1,1 ;зупинка роботи
RETURN

PRAM

BTFSC FLAG1,2
BCF FLAG1,2 ;знімаємо заборону роботи
BTFSS FLAG,2
RETURN
BTFSS FLAG1,1 ;якщо була робота
GOTO \$+3
BSF FLAG,3 ;то ввімкнемо стоп

RETURN

BCF FLAG,2 ;прямий хід

BCF FLAG,1 ;потрібен пуск

BSF PORTC,1 ;

BSF PORTC,2 ;

RETURN

PEVE

BTFSC FLAG1,2

BCF FLAG1,2 ;знімаємо заборону роботи

BTFSC FLAG,2

RETURN

BTFSS FLAG1,1 ;якщо була робота

GOTO \$+3

BSF FLAG,3 ;то ввімкнемо стоп

RETURN

BSF FLAG,2 ;ввімкнемо реверс

BCF FLAG,1 ;потрібен пуск

BSF PORTC,3 ;

BSF PORTC,0 ;

RETURN

OPA

BTFSC PORTA,4

GOTO OPA1

BTFSS PORTA,5

GOTO \$+5

BSF FLAG,5 ;10-60

BCF FLAG,6

BCF FLAG,4

RETURN

BCF FLAG,6 ;00-100

BCF FLAG,5

BCF FLAG,4

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 46 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

RETURN

OPA1

BTFSS PORTA,5

GOTO \$+5

BSF FLAG,4 ;11-50

BCF FLAG,5

BCF FLAG,6

RETURN

BSF FLAG,6 ;01-80

BCF FLAG,5

BCF FLAG,4

RETURN

ZERO

BSF PORTC,2

BSF PORTC,1

BSF PORTC,0

BSF PORTC,3

CLRF CEK

CLRF MSK

RETURN

;=====

; пуск

;=====

PYCK

BTFSC FLAG,1

GOTO \$+3

BTFSC FLAG,3

RETURN

BTFSC FLAG,2 ;реверс

GOTO RPYCK

BCF PORTC,3

BCF PORTC,0 ;тривалість збільшується

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 47 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

NOP

BTFSS STATUS,2 ;якщо 0, то пропустимо

GOTO \$.30 ;повернемося на N адреси назад

RETURN

РПУСК

BCF PORTC,1

BCF PORTC,2 ;тривалість збільшується

CALL PUSPY

BSF PORTC,2

BTFSS FLAG,0

RETURN

BCF FLAG,0

BSF FLAG,1

BCF FLAG1,1

RETURN

;=====

; 50

;=====

V50

BTFSS FLAG,1

GOTO ZDEM

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 49 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

```

BCF PORTC,3
BSF PORTC,0 ;тривалість зменшується
CALLPUS100
CALLPUS100
BTFSC FLAG,3 ;стоп
CALLPUSPY
BCF PORTC,0 ;
BTFSS FLAG,0 ;якщо повне відпрацювання стопа
GOTO ZDEM
CALLZERO ;то обнуляємо
BCF FLAG,0
BCF FLAG,1
BCF FLAG,3
BCF FLAG1,1
GOTO ZDEM

```

RV50

```

BCF PORTC,1
BSF PORTC,2 ;тривалість зменшується
CALLPUS100
CALLPUS100
BTFSC FLAG,3 ;стоп
CALLPUSPY
BCF PORTC,2
BTFSS FLAG,0
GOTO ZDEM
CALLZERO
BCF FLAG,0
BCF FLAG,3
BCF FLAG,1
BCF FLAG1,1
GOTO ZDEM

```

PUS100

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 50 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

```

MOVLW    .250    ;число циклів, помножене на 250
ADDLW    -1      ;відніmemo 1
BTFSS    STATUS,2 ;якщо 0, то пропустимо
GOTO     $-2     ;повернемося на 2 адреса назад
RETURN

```

```

;=====

```

```

; 60

```

```

;=====

```

```

V60

```

```

BTFSS    FLAG,1
GOTO     ZDEM
BCF      PORTC,3
BSF      PORTC,0
CALLPUS80
CALLPUS80
BTFSC    FLAG,3    ;стоп
CALLPUSPY
BCF      PORTC,0
BTFSS    FLAG,0
GOTO     ZDEM
CALLZERO
BCF      FLAG,0
BCF      FLAG,1
BCF      FLAG,3
BCF      FLAG1,1
GOTO     ZDEM

```

```

RV60

```

```

BCF      PORTC,1
BSF      PORTC,2
CALLPUS80
CALLPUS80
BTFSC    FLAG,3    ;стоп

```

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 51 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

```

CALL PUSPY
BCF PORTC,2
BTFSS FLAG,0
GOTO ZDEM
CALL ZERO
BCF FLAG,0
BCF FLAG,3
BCF FLAG,1
BCF FLAG1,1
GOTO ZDEM

```

PUS80

```

MOVLW .200 ;число циклів, помножене на 100
ADDLW -1 ;відніmemo 1
BTFSS STATUS,2 ;якщо 0, то пропустимо
GOTO $-2 ;повернемося на 2 адреси назад
RETURN

```

;=====

; 80

;=====

V80

```

BTFSS FLAG,1
GOTO ZDEM
BCF PORTC,3
BSF PORTC,0
CALL PUS40
CALL PUS40
BTFSC FLAG,3 ;стоп
CALL PUSPY
BCF PORTC,0
BTFSS FLAG,0
GOTO ZDEM
CALL ZERO

```

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 52 |

BCF FLAG,0
BCF FLAG,1
BCF FLAG,3
BCF FLAG1,1
GOTO ZDEM

RV80

BCF PORTC,1
BSF PORTC,2
CALLPUS40
CALLPUS40
BTFSC FLAG,3 ;стоп
CALLPUSPY
BCF PORTC,2
BTFSS FLAG,0
GOTO ZDEM
CALLZERO
BCF FLAG,0
BCF FLAG,3
BCF FLAG,1
BCF FLAG1,1
GOTO ZDEM

PUS40

MOVLW .100 ;число циклів, помножене на 100
ADDLW -1 ;відніmemo 1
BTFSS STATUS,2 ;якщо 0, то пропустимо
GOTO \$-2 ;повернемося на 2 адреси назад
RETURN

;=====

; 100

;=====

V100

BTFSS FLAG,1

```

GOTO    ZDEM
BCF     PORTC,3
BTFSS   FLAG,3
BCF     PORTC,0
BTFSS   FLAG,3    ;стоп
GOTO    ZDEM
BSF     PORTC,0
CALLPUSPY
BCF     PORTC,0
BTFSS   FLAG,0
GOTO    ZDEM
CALLZERO
BCF     FLAG,0
BCF     FLAG,1
BCF     FLAG,3
BCF     FLAG1,1
GOTO    ZDEM

```

RV100

```

BCF     PORTC,1
BTFSS   FLAG,3
BCF     PORTC,2
BTFSS   FLAG,3    ;стоп
GOTO    ZDEM
BSF     PORTC,2
CALLPUSPY
BCF     PORTC,2
BTFSS   FLAG,0
GOTO    ZDEM
CALLZERO
BCF     FLAG,0
BCF     FLAG,3
BCF     FLAG,1

```

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 54 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

BCF FLAG1,1

GOTO ZDEM

=====

; 7. збереження і відновлення значень регістрів при перериванні

=====

PRER

MOVWF WTEMP ;збереження значень регістрів W і

MOVFW STATUS ;STATUS

MOVWF STEMP

BTFSS CMCON,6

BCF PORTA,2

BSF FLAG,7

BTFSC FLAG,1

GOTO \$+7

BTFSC FLAG,3 ;стоп

GOTO ZERER

BTFSS FLAG,1 ;пуск

GOTO PERER

BTFSS FLAG,1

GOTO ZERER ;обнулення

BTFSC FLAG,3 ;стоп

GOTO PERER

ZERER CLRf MSK

CLRf CEK

BCF FLAG,0

GOTO REPER

PERER

INCFMSK,1 ;дільник на 10

BTFSS FLAG,3 ;стоп

GOTO \$+3

MOVLW .1 ;час стопа

GOTO \$+2

```

MOVLW    .10
SUBWF    MSK,0
BTFSS    STATUS,2 ;якщо дорівнює
GOTO     REPER
CLRF     MSK
    INCF  CEK,1 ;дільник
BTFSS    FLAG,3 ;стоп
GOTO     $+7
BTFSS    FLAG,4
GOTO     $+3
MOVLW    .50 ;час стопа
GOTO     $+2
MOVLW    .70 ;час стопа
GOTO     $+2
MOVLW    .55 ;час стопа
SUBWF    CEK,0
BTFSS    STATUS,2 ;якщо дорівнює
GOTO     REPER
CLRF     CEK ;обнулимо
BSF     FLAG,0
REPER    ;відновлення збережених значень
    MOVFW  STEMP ;відновлення регістрів
    MOVWF  STATUS ;STATUS
    MOVFW  FTEMP
    MOVWF  FSR ;FSR
    MOVFW  WTEMP ;W
    BCF   INTCON,2 ;скидаємо прапор переривання від TMR0
    RETFIE ;повернення з переривання
;=====
END
;=====

```


6 ПЕРЕВІРКА ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

Для того, щоб перевірити пристрій на працездатність, необхідно:

- підключити напругу і подивитись чи працює індикатор;
- спробувати перевести пристрій в режим програмування;
- запрограмувати, по черзі виконати всі команди;
- запустити один з двигунів та перевірити його роботоспроможність та правильність дій.

Технічне обслуговування, поточний ремонт, зберігання.

6.1 Типові несправності

Основні можливі несправності, занесені в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Перелік можливих несправностей

| Несправність | Можливі причини | Рекомендації по їх усуненню |
|------------------------|--|---|
| Основна плата пристрою | | |
| Пристрій не вмикається | Пошкодження лінії живлення Вихід зі строю стабілізатора | Пропаяти лінію живлення Заміна стабілізатора |
| Не працює індикатор | Перегорів світло діод Немає джерела струму | Замінити світло діод Перевірити лінію живлення |
| Плата з двигуном | | |
| Не вмикається двигун | Пошкодження контактної площадки Вихід зі строю двигуна | Замінити контактну площадку та самі контакти Замінити двигун |

6.2 Поточний ремонт та засоби вимірювання

До технічного обслуговування поточного ремонту пристрою відносять:

- перевірка стану з'єднувальних дротів та мережевого шнура;
- зовнішній огляд пристрою;
- перевірка робочих режимів і виявлення елементів, які потребують заміни.

Поточний ремонт – основний вид профілактичного ремонту – передбачає заміну швидко зносимих деталей, зачистку підгорівши контактів та інші ремонтні роботи, вимагаючи часткової розробки обладнання. Поточний ремонт вимагає зупинки обладнання та вимкнення мережі.

Прилади захисту повинні періодично перевірятися в строки, які встановлені графіком планово-попереджувальних ремонтів та технологічними інструкціями. Відключення захисту для перевірки повинно супроводжуватися записом в оперативному журналі. Забороняються ремонтні і налагоджувальні роботи на працюючому технологічному обладнанні в мережах захисту, що знаходяться в дії. Відключення засобів захисту допускається тільки у випадку виявлення пошкоджень на час, необхідний для їхнього усунення. У цьому випадку повинно бути встановлене безупинне спостереження за контрольованим параметром по вимірювальних приладах. Якщо прямий контроль параметру неможливий, то агрегат зупиняють.

Несправні прилади захисту на працюючому обладнанні можна замінювати тільки у разі відключення за умови від живлення.

Поточний ремонт проводиться шляхом заміни або ремонту елементів і вузлів, які відмовили. Пошук і усунення несправностей, обсяг контрольних перевірок після відновлення повинні здійснюватися відповідно з інструкцією. У складних випадках для пошуку і усунення несправностей залучають ремонтний персонал підприємств, об'єднань, монтажних-налагоджувальних організацій і заводів - виготовлювачів технічних засобів.

6.3 Зберігання та транспортування

Мікроконтролерна система управління ДПС експлуатується та зберігається в приміщенні з:

- природною або штучною вентиляцією;
- температурою від 0°C до +40°C;
- відносною вологістю повітря не більше 80%;
- атмосферному тиску 630-800 мм рт. ст.

У приміщеннях для зберігання не повинно бути пилу, пари кислот і лугів, а також газів, що викликають корозію.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 58 |

При функціонуванні виробу необхідно уникати фізичного впливу та пошкоджень, для цього блок керування розміщуємо на пластмасовій пластині, яка може захистити від певних зовнішніх пошкоджень. Фотографія виробу міститься у додатку В.

Мікроконтролерну систему управління дозволяється транспортувати усіма видами закритого транспорту в упаковці за умови захисту від прямої дії атмосферних опадів, з дотриманням засобів захисту від ударів та вібрації. Кріплення тари в транспортних засобах повинне робитися згідно з правилами, що діють на відповідних видах транспорту.

При виготовленні будь-якого електротехнічного виробу необхідно дотримуватись правил техніки безпеки та охорони праці. Технологічний процес виготовлення виробу не повинен завдавати шкоди довкіллю і людям.

Також сам пристрій має бути безпечним. Він не повинен виділяти неприємного запаху і складатися з радіоактивних елементів та інших хімічних елементів, які можуть шкодити оточуючим його людям і живим істотам.

Забороняється встановлювати блок керування у місцях, де існує небезпека потрапляння на нього води, а також поблизу опалювальних приладів.

Прилад повинен бути встановлений на міцній горизонтальній поверхні.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 59 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

7 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

7.1 Конструкція розроблювальної системи

Конструювання і монтаж радіоапаратури на інтегральних мікросхемах повинен проводитися відповідно до технічних вимог на мікросхеми і відповідно до нормативно-технічною документацією на проектування і виготовлення апаратури. Це робиться з метою дати замовнику, конструктору, технологу в повній мірі оцінити всі вимоги, що пред'являються до виробу.

Однією з найважливіших частин розробки електронної системи – мікроконтролерної системи управління ДПС – є розробка конструкції пристрою, тобто розробка корпусу пристрою, розробка друкованої плати, розробка компоновки і монтажу деталей і вузлів з метою оптимального розташування їх в корпусі пристрою, а також зручного доступу до регулювальним елементам і елементам управління.

Сучасна промислова та побутова радіоапаратура характеризується:

- підвищеними ергономічними показниками, при яких прості дії управління забезпечують досить складні операції по налаштуванню і регулюванню апаратури;
- модульність конструктивно-схемних рішень;
- широким використанням цифрових пристроїв і нових елементів нової елементної бази;
- широким використанням засобів відображення інформації і індикації режимів.

Найбільш характерні конструктивні особливості сучасної апаратури:

- конструкції виконують у вигляді набору функціональних модулів, в кожному з яких кілька великих інтегральних мікросхем і дискретних елементів, що забезпечують необхідний режим роботи великих інтегральних мікросхем;
- широко використовуються електронні шкали настройки і цифрові індикатори;
- поєднання в одному пристрої чутливих підсилювачів і генераторів в багатьох цифрових і аналогових схемах вимагає ретельного опрацювання схем компонування та застосування спеціальних екранів;

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 60 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

- тісне розташування великої кількості радіоелементів вимагає врахування їх допустимих теплових режимів як при експлуатації, так і при монтажі.

Принципова схема дає уявлення тільки про принцип роботи даного пристрою, але не його конструкції. Важливу роль відіграє також компонування елементів і вузлів пристрою.

При компонуванні елементів пристрою необхідно проаналізувати завдання в такому порядку [11, 12, 13]:

- виходячи з призначення пристрою, оцінити очікувану складність компонування;
- оцінити особливості монтажу елементів і регулювань пристрої, що забезпечують нормальну експлуатацію пристроїв;
- передбачити всі механічні місця кріплення і місця по них;
- виконати ескіз компоновки елементів пристрою з органами управління та індикаторами.

На підставі розглянутих вище питань розглянемо конструкцію мікроконтролерної системи управління двигуном постійного струму. Проектована система розробляється у вигляді стандартної плати. Акумуляторна батарея і джерело живлення під'єднуються до розроблювальної системи за допомогою стандартних роз'ємів.

Друкована плата пристрою виготовляється з двостороннього фольгованого склотекстоліту товщиною 1,5 мм. Отвори під установку радіоелементів і перехідні отвори металізовані. Форма друкованої плати обрана прямокутною. Навісні елементи встановлені з урахуванням електричних зв'язків і теплового режиму, із забезпеченням мінімальної довжини електричних зв'язків і кількості перехідних отворів.

При проектуванні і виготовленні друкованої плати повинні виконуватися такі технічні вимоги [11, 12, 13]:

- крок координатної сітки дорівнює 1,25 мм;
- за початок відліку прийнятий верхній лівий кут з боку установки навісних елементів;
- отвори розташовуються у вузлах координатної сітки;
- всі перехідні і монтажні отвори металізовані і мають діаметр не менше $0,33h$, де h – товщина плати;

– діаметр отворів вибирається з наступних співвідношень:

$$D_o = D_v + (0,14 \div 0,3), \quad (7.1)$$

$$D = D_o + (0,1 \div 0,15) \quad (7.2)$$

де D_o – діаметр отвору до металізації, мм;

D_v – діаметр виведення елемента, мм;

D – діаметр металізованого отвори, мм;

– друковані провідники мають у своєму розпорядженні по лінії координатної сітки, розміри друкованих провідників вибирають із співвідношення:

$$A = K + E, \quad (7.3)$$

$$B = 33,3 / K \times E. \quad (7.4)$$

де A – погонна ємність провідника, пФ/см;

K – коефіцієнт пропорційності;

E – діелектрична проникність склотекстоліта;

– монтажні отвори і контактні площадки мають покриття, що забезпечує якісне кріплення радіоелементів пайкою.

В якості покриття застосовують сплав "Розе".

Решта норми і вимоги виконуються відповідно до ОСТ 4.010.022-85.

Установчі розміри і варіанти установки навісних елементів виконуються згідно ОСТ 4.ГО.010.030-81.

Рисунок, який проводить, розробляється в результаті трасування з'єднань і повинен відповідати таким вимогам [11, 12, 13]:

– відповідати схемі електричної принципової;

– забезпечувати нормальну роботу схеми в відповідних умовах експлуатації;

– забезпечувати зручність складально-монтажних робіт.

Основні розміри і крок координатної сітки відповідають ГОСТ 10317-79.

Співвідношення сторін друкованої плати повинне бути не більше 3:1.

Отвори, з'єднані друкованими провідниками і отвори по висновкам навісних елементів, а також металізовані отвори містять контактну площадку, форма якої виконується прямокутною, круглою або близькою до них, в залежності від щільності розташування провідників.

Ширина провідника приймається в залежності від допустимої щільності струму, товщини шару фольги, роздільної здатності устаткування. З огляду на

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 62 |

високу щільність монтажу радіоелементів і друкованих провідників, приймаємо для друкованої плати клас точності 3 згідно ГОСТ 23751-86. Шини живлення виконуються шириною не менше 1 мм, решта провідники 0,5 мм, але не менше 0,25 мм.

Установка елементів на друковану плату проводиться шляхом пропускання виводів елементів в отвори друкованої плати з подальшим паянням. Відстань між корпусами елементів не менше 1 мм, між виводами елементів різних типів не менше 2 мм.

Мікросхеми на платі розташовуються лінійно і пряморядно. Навісні елементи розташовуються або в горизонтальній, або у вертикальній площині, паралельно і вертикально поверхні плати. Електролітичні конденсатори встановлюються за варіантом Пв згідно ГОСТ 4.ГО.010.030-81, мікросхеми за варіантом VIIa. Інші елементи встановлюються за варіантом Ia [11, 12, 13].

7.2 Розробка технологічної частини

Технологічний процес виготовлення мікроконтролерної системи управління ДПС пропонується скласти з наступних етапів [11, 12, 13]:

- розробка друкованої плати;
- отримання фотошаблонів друкованої плати;
- різання заготовки друкованої плати;
- нанесення захисних плівок на друковану плату перед свердлінням;
- свердління отворів;
- металізація отворів;
- нанесення захисних покриттів перед травленням;
- травлення друкованої плати;
- очищення друкованої плати;
- нанесення покриттів;
- пайка елементів;
- збірка пристрою;
- перевірка працездатності та налагодження.

Наведемо типовий технологічний процес виготовлення двосторонньої друкованої плати:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 63 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

- проводиться термостабілізація заготовок прогрівом плат в сушильній шафі при температурі від + 80°C до + 100°C, протягом 1...1,5 години;
- наноситься рисунок схеми емульсійним способом (при сильному окисленні поверхні фольги проводиться деканіровка друкованої плати);
- друкована плата промивається холодною, проточною водою;
- знімаються оксиди з поверхні заготовок друкованої плати шліфувальним порошком М40 ГОСТ 3647-80 і зубним порошком ГОСТ 5972-77 в співвідношенні 2:1 за допомогою повстяного тампона або поролоною губки;
- заготовки промиваються проточною водою;
- сушка на повітрі до повного висихання;
- на фольговану поверхню наноситься світлочутлива емульсія;
- заготовки зі світлочутливим шаром сушаться від 7 до 30 хв. при температурі від 40°C до 50°C;
- на другу сторону плати наноситься шар світлочутливої емульсії;
- проводиться експонування, тобто заготовку друкованої плати поміщають в копіювальну рамку емульсійної стороною вгору, зверху кладуть негатив емульсійної стороною до фоторезистом;
- прояв рисунка схеми;
- зображення забарвлюється з використанням метилового фіолетового індикатора ТУ6-05-945-76;
- промивка заготовки проточною водою;
- хімічне дублення;
- промивка проточною водою;
- знімається вуаль з побілілих місць ватним тампоном, змоченим водою, або зубним порошком ГОСТ 5972-77;
- промивка проточною водою;
- сушка стисненим повітрям;
- термічне дублення;
- ретушування;
- сушка на повітрі;
- травлення міді за допомогою хлорного заліза ГОСТ 11159-76;

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 64 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

- промивка холодною водою;
- видалення захисного шару;
- нанесення захисної плівки перед свердлінням;
- свердління;
- проводиться гідроабразивна обробка;
- проводиться гальванічна обробка (обміднення);
- знежирення;
- промивка гарячою проточною водою;
- обробляється в розчині сірчаної кислоти ГОСТ 4204-71;
- проводиться активація соляною кислотою ГОСТ 3118-77;
- сенсibiliзація;
- промивка гарячою проточною водою;
- проводиться хімічне обміднення;
- промивка проточною водою;
- видаляється захисна лакова плівка;
- промивається проточною водою;
- проводиться сушка;
- проводиться покриття друкованої плати сплавом "Розі" ГОСТ 33864-79;
- наноситься захисне покриття – лак ПН-9.

Після кожної операції проводиться контроль якості її виконання.

Друкована плата повинна задовольняти вимогам за зовнішнім виглядом, електричним параметрам, стійкості при механічних і технологічних впливах, надійності. Вимоги до надійності означають, що друкована плата повинна зберігати конструкцію, зовнішній вигляд і електричні параметри в межах норми, а також відповідати технічним умовам на виріб протягом гарантійного терміну служби.

Вигляд друкованої плати мікроконтролерної системи керування двигуном наведений у додатку В.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 65 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

8 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

8.1 Комерційне використання Internet

Раніше WWW використовувався в основному світовим науковим співтовариством для обміну інформацією, проведення спільних досліджень і електронних публікацій. У першій половині 90-х починається комерційне використання "Всесвітньої павутини" – виникає так звана "Інтернет-комерція" (i-commerce) або "електронна комерція" (e-commerce).

У найпростішому випадку, продаж товарів і послуг через Інтернет не відрізняється від продажів по каталогах з використанням пошти або телемагазину. Web-документи компанії-продавця виконують роль сторінок поштового каталогу товарів, користувач за допомогою браузера переглядає їх, вибирає товар, заповнює бланк замовлення, який також представляє собою web-документ, і пересилає його компанії-продавцеві (пересилання здійснюється автоматично браузером або по електронній пошті). Висока швидкість зв'язку дозволяє відразу ж отримати відповідь від комп'ютера продавця (про прийом замовлення, про відвантаження і т.д.) [17, 18, 19, 20].

Для здійснення операцій через Інтернет, промислове або торгове підприємство повинно як мінімум забезпечити своє "присутність" в Інтернет – відкрити свій "віртуальний офіс" (створити "домашню сторінку", встановити комп'ютер, який буде обслуговувати клієнтів, "зв'язати" його з обліковою системою і т.п.), а це пов'язано з додатковими витратами. Але "віртуальний офіс" являє собою не більш ніж сукупність програмного та апаратного забезпечення (причому, апаратне забезпечення в Інтернет не відіграє суттєвої ролі – TCP / IP дозволяє зв'язати будь-які комп'ютери). Ця обставина викликала до життя нову категорію посередників, що забезпечують роботу підприємств в Інтернет - постачальників спеціалізованих Інтернет-додатків, які забезпечують не просто "підключення до Інтернет" як Інтернет-провайдери, а функціонування повноцінних бізнес-додатків. Прикладом такого сервісу є "електронний торговельний майданчик" (e-marketplace), яку звичайне підприємство може орендувати або купити. Збірна назва таких посередників – "постачальники прикладних сервісів" (ASP – Application Service Provider). Часто ASP є невеликими "віртуальні компанії", оскільки їх продукти і послуги реалізовані у вигляді програмного забезпечення (докладніше про "оренду

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 66 |

додатків" можна дізнатися на спеціалізованому web-сайті www.aspbusiness.ru). Прототипом постачальників прикладних сервісів були так звані "пошукові системи" і "служби каталогів", що надають безкоштовні послуги пошуку інформації в Інтернет. Сукупність різних ASP і ISP і являє собою економічну інфраструктуру світу інтернет-комерції. Функціональна класифікація всіх основних агентів ринку електронної комерції наведена нижче.

Розвиток електронної комерції ініціювало розробку механізмів оплати при здійсненні покупок через Інтернет. Спочатку для оплати товарів і послуг через Інтернет використовувалися кредитні та дебетові картки (реквізити картки пересилаються разом із замовленням продавцю). З середини 90-х рр. для здійснення платежів в Інтернет стали використовуватися системи типу "банк-клієнт" (home banking, PC-banking), адаптовані до Інтернет (в російськомовній літературі їх називають системами "Інтернет-клієнт" або "Інтернет-банк-клієнт"), і з'явилися електронні аналоги чеків і банкнот – "електронні гроші" (e-money), спеціально створені для розрахунків через Інтернет.

Необхідність створення спеціальних платіжних інструментів була обумовлена специфікою Інтернет-торгівлі. Наприклад, при здійсненні роздрібною торгівлі через Інтернет (інтернет-комерція почалася саме з роздрібною торгівлі) кількість покупців в цілому не обмежена, їх число непередбачувано і про них нічого не відомо. Тому платіжна система в Інтернет повинна бути здатна обробити велику кількість транзакцій, причому більша частина цих транзакцій – "мікроплатежі" (платежі на невеликі суми – оскільки "роздріб"). Оскільки існуючі електронні платіжні системи (з використанням пластикових карт і банківських переказів) абсолютно не годяться для мікроплатежів – сума комісії за транзакцію в них може перевищувати обсяг платежу, – необхідно використовувати нові електронні платіжні інструменти - щось на кшталт готівки (так виникає концепція електронних або цифрових готівки грошей - digital money, e-cash) і т.д.

Найбільшого поширення в сфері електронної комерції отримала продаж послуг, не пов'язаних з переміщенням матеріальних активів: постачання інформації, консультаційні та фінансові послуги можна надавати безпосередньо в момент замовлення, використовуючи Інтернет як канал доставки. Як наслідок, найбільш розвиненим сектором електронної комерції в даний час є, продаж фінансових послуг і обслуговування розрахунків через Інтернет – "електронні фінанси" (e-finance). Саме вплив "електронних фінансів" на

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 67 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

банківську справу і є предметом цієї роботи. Крім фінансових, через Інтернет сьогодні надаються послуги дистанційної освіти, юридичні, медичні послуги ("телемедицина") та ін. Надання банківських послуг через Інтернет отримало назву "Інтернет-банкінг" (i-banking), послуги з проведення операцій на ринку цінних паперів – "Інтернет-трейдинг" (i-trading), а послуги зі страхування – "Інтернет-страхування" (i-insurance). Іноді замість приставки "Інтернет" використовують термін "онлайн": "онлайн-банкінг" (online banking) – синонім "Інтернет-банкінгу".

В даний час з 10 млн. Web-сайтів тільки 31% не мають комерційної спрямованості [16], а сукупний річний оборот на ринку електронної комерції оцінюється в 30-50 млрд. доларів США.

Сучасний ринок Інтернет-комерції включає в себе наступні "гравців" (приклади запозичені з різних джерел) [17, 18, 19, 20]:

1. Постачальники технології (technology providers) – комунікаційні компанії, Інтернет-провайдери (ISP), компанії виробники апаратного та програмного забезпечення (ІТ-компанії – компанії сектора інформаційних технологій (ІТ – Information Technology)) і ін.

2. Постачальники контенту (content providers – дослівно "постачальники змісту") – компанії, що займаються постачанням оперативної інформації та наданням послуг. До них відносяться:

Власники послуг (owners) – власне постачальники послуг, підприємці та продавці. Більша частина банків представляє свої інтернет-послуги в формі каталогів на web-сайтах та відноситься до цієї категорії учасників ринку електронної комерції.

Електронні брокери (e-brokers) – підприємства, що пропонують кінцевому споживачеві доступ до різних продуктів і послуг. Електронні брокери пропонують продукти і послуги, що належать третім фірмам (власникам), оцінюють їх, роблять пропозиції і поради про придбання того чи іншого продукту і, тим самим, полегшують процес продажів. Окремий різновид електронних брокерів – інформаційні брокери. Інформаційні брокери забезпечують доступ до різних інформаційних баз даних. Як приклади електронних брокерів в сфері фінансових послуг можна назвати компанію E-Loan (www.e-loan.com), яка займається в Інтернет наданням позик і компанію E-Trade (www.e-trade.com), що забезпечує торгівлю цінними паперами . Більшість інформаційних і аналітичних агентств є інформаційними брокерами,

в цій же ролі виступають і деякі банки – на їх web-сайтах публікуються курси, фондові індекси і інша економічна інформація.

Постачальники електронних послуг (e-services providers) – це не "віртуальні офіси" підприємств в Інтернет, а підприємства, діяльність яких повністю або більшою частиною здійснюється в Інтернет. Зазвичай, вони пропонують послуги учасника Інтернет-комерції. У своєму крайньому вираженні це справжні "віртуальні" або "онлайнні" підприємства (ім протиставляються традиційні або "офлайнні" підприємства).

Одним з найвідоміших постачальників електронних послуг є віртуальний книжковий магазин – Amazon.com (www.amazon.com). Прикладом таких організацій є і так звані "Інтернет-банки", їх так само називають "віртуальні банки" (virtual bank), "мережеві банки" (net-only banks), "електронні банки" (e-banks) і "онлайнні банки (on-line banks). Інтернет-банк – організація, що надає весь спектр банківських послуг через Інтернет і не має філій та відділень. У Західній Європі та Північній Америці Інтернет-банків досить багато: www.electronicbanker.com, www.open-vision .com, www.firstdirect.co.uk, www.egg.co.uk, www.advance-bank.de, www.sovereignbank.com і інші. Інтернет-банки пропонують своїм клієнтам віддалене банківське самообслуговування (home banking), їх послуги істотно дешевше, ніж у традиційних банків, оскільки всі операції автоматизовані і, відповідно, ці організації не несуть витрат на оплату праці і споруд [17, 18, 19, 20].

Постачальники додаткових відомостей ("add-on" material providers) – зазвичай це різні інформаційно-аналітичні агентства, що публікують оголошення, рекламу та іншу інформацію для споживачів, і проводять маркетингові дослідження "на замовлення". Банки можуть виступати як в ролі постачальників, так і в ролі споживачів "додаткових відомостей", рекламуючи свою продукцію і послуги на web-сайтах третіх фірм і оплачуючи при цьому "рекламне місце", або пропонуючи третім особам розмістити рекламу на своїх web-сайтах за комісійні.

3. Постачальники контексту або постачальники оточення (context providers) – нова категорія посередників, викликана до життя розвитком Інтернет-комерції. Зазвичай це власники так званих "порталів" (portal). Портали – це web-сайти, призначені для специфічної аудиторії, і забезпечують для неї доступ до додатків і послуг. Портали, орієнтовані на специфічну ринкову нішу і обслуговуючі вузькоспеціалізовані співтовариства користувачів називають

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 69 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

вертикальними, орієнтовані на різні групи людей і різні ринки – горизонтальними або Мегапорталу. Основною відмінною рисою порталів є "персоналізація" – оскільки портал є, по суті, комп'ютерною програмою, він може бути налаштований під конкретного користувача і виглядати по-різному для різних відвідувачів. Портали діляться на дві категорії – "інформаційні портали" (information portal) і "електронні торгові майданчики" (e-marketplace) [17, 18, 19, 20].

Інформаційні портали та "служби каталогів" (directory services) забезпечують персоніфікований доступ групам користувачів до пред-метно орієнтованим і класифікованих інформаційних ресурсів. Вони є найбільш відомими постачальниками "контексту". Крім доступу до інформації вони об'єднують різні прикладні сервіси Інтернет і забезпечують кінцевому користувачеві доступ до новинних каналах, до електронної пошти, службам пошуку інформації, інтернет-магазинам і т.п. Портали є своєрідною "точкою входу" в Інтернет для більшості користувачів. Приклади: Yahoo! (www.yahoo.com), Lycos (www.lycos.com), America OnLine (www.aol.com), "Россия-Он-Лайн" (www.online.ru), "Кирило і Мефодій" (www.km.ru), "Яндекс" (www.yandex.ru) і ін. [17, 18, 19, 20].

Електронні торгові майданчики (e-marketplace, purchasing platforms) представляються собою портали, призначені для організації електронної торгівлі. Це web-сайти, які зводять разом покупців і продавців. Торгові майданчики класифікуються за галузевою ознакою і відрізняються зазвичай за способом організації торгівлі. Галузеві майданчики: DirectAg.com (www.directag.com) – сільське господарство, Chemdex.com – хімічна промисловість, MetalSite (www.metalsite.com) і e-Steel.com – металургія. Горизонтальні: TradeOut.com - продаж надлишків обладнання різних галузей і ін. За способом організації торгівлі можна виділити "електронні торгові ряди" (e-mall), "агрегатори" (aggregator), "електронні аукціони" (e-auction house) і "біржі" [17, 18, 19, 20].

Агрегатори – web-сайти схожі на універсальні магазини. Вони збирають (агрегує) каталоги безлічі постачальників і пропонують їх цільовим групам користувачів. Наприклад, DirectAg.com є агрегатором в сільському господарстві США, а Yachoo! Finance – агрегатором фінансових послуг. У сфері фінансових послуг агрегатори надають користувачеві доступ до однотипних послуг від різних постачальників фінансових послуг, наприклад до

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 70 |

рахунків, які відкриті в різних фінансових інститутах ("агрегація рахунків" – account aggregation) [17, 18, 19, 20].

Електронні аукціони – "торговельні майданчики" для проведення аукціонів [16]. Найбільшого поширення набули в оптовій торгівлі при продажу надлишків промислових підприємств. Через електронні аукціони здійснюється сьогодні до половин всіх угод в електронній комерції. Приклади: eBay (www.ebay.com), MetalSite.com, "Ставка РУ" (www.stavka.ru), "Доставка РУ" (www.dostavka.ru) і ін.

Електронні біржі – сайти, які виконують функції подібні до NASDAQ і терміновими товарними біржами. Це анонімні торгові майданчики, що дозволяють виробникам здійснювати купівлю/продаж товарів і стандартизованих фінансових інструментів на спот-ринку. Наприклад, CheMatch.com є онлайн-спот-ринком для торгівлі нафтехімічними товарами. Російська інтернет-біржа "Індекс" (INDX, www.indx.ru) торгує борговими зобов'язаннями і т.п. [17, 18, 19, 20].

На практиці послуги постачальників контексту часто об'єднані, багато інформаційні портали пропонують проведення інтернет-аукціонів і послуги агрегації. Наприклад, аукціони проводять такі Мегапортали як Yahoo! (Auctions.yahoo.com), Netscape (shop.netscape.com/auctions), Lycos (auctions.lycos.com). Галузевий інформаційний портал "Металургійна галузь Росії" (www.rusmet.ru) включає електронну біржу металопродукції (www.rusmet-trade.ru). Вітчизняний фінансовий портал "Російська біржа" (www.re.ru) пропонує доступ до електронної біржі INDX (www.indx.ru), моніторинг торгів, фінансові новини і телеконференції для учасників біржі, послуги з навчання, а також послуги з обміну цифрових грошей системи WebMoney на готівку і назад (WebMoney використовується забезпечення розрахунків по операціях на INDX) [17, 18, 19, 20].

Деякі постачальники контексту створені спільно традиційними ("офлайн-ними") і "віртуальними" організаціями. Наприклад, аукціон sothebys.amazon.com – спільний проект Sotheby's і Amazon.com, www.skinner.lycos.com – спільний проект порталу Lycos і четвертого за величиною аукціонного дому США Skinner. Вітчизняна інтернет-біржа INDX (www.indx.ru) – спільний проект ВАТ "Гарантійне агентство", International Media Bank AD і Градобанку. INDX пропонує не тільки прямий доступ до торгів короткостроковими інструментами (trade.indx.ru), але і проводить

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 71 |

аукціони (auction.indx.ru) і надає позики під забезпечення (zalog.indx.ru) [17, 18, 19, 20].

4. Постачальники забезпечення (enablers, enabling service providers - дослівно "ті, хто забезпечує можливість працювати") забезпечують здійснення трансакцій в Інтернет-комерції. Це постачальники електронних платіжних послуг (e-payment service provider), клірингові будинки та організації, що гарантують виконання зобов'язань. До категорії постачальників забезпечення також відносяться сертифікаційні організації (certification authorities), що забезпечують безпеку трансакцій за допомогою управління розподілом і обігом цифрових сертифікатів або SET-сертифікатів. Найвідоміші центри сертифікації – VISA (www.visa.com), VeriSign (www.verisign.com) і CyberTrust (www.gte.com). До інших послуг забезпечення відносяться забезпечення авторського права та інтелектуальної власності [17, 18, 19, 20].

У традиційному ("оффлайновом") бізнесі підприємства зазвичай самостійно займаються технологічним забезпеченням своєї діяльності і виробництвом продуктів і послуг ("контенту"). Дистрибуція вироблених товарів і послуг здійснюється підприємствами самостійно або через мережу брокерів і дилерів, а забезпечення виконання угод виконується зазвичай банківської і правовою системою. Нарешті, всі економічні відносини прив'язані до певного "контексту": виробництво та операції здійснюються в умовах конкретних суспільних відносин, в певному правовому та інформаційному полі. Таким чином, наведена вище функціональна класифікація агентів ринку електронної комерції насправді є відображенням традиційних бізнес-процесів. Просто Інтернет зробив можливим їх диверсифікацію діяльності ("поділ праці") [17, 18, 19, 20].

Найбільш екзотичними посередниками виглядають постачальники контексту. Однак наявність таких агентів пояснюється досить просто. Економічні відносини в реальному світі є частиною громадських і "занурені" в них (суспільні відносини є необхідною умовою економічних). Інформаційне середовище Інтернет являє собою імітацію (модель) реальних суспільних відносин, постачальники контексту і створюють подібні необхідні умови для економічної взаємодії.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 72 |

8.2 Розрахунок трудомісткості та заробітної плати

Трудомісткість – це витрати робочого часу на виготовлення одиниці продукції або послуг. Показник трудомісткості відображає прямий зв'язок між обсягом виробництва та трудовитратами. Використання трудомісткості дозволяє пов'язати проблему вимірювання продуктивності праці з факторами і резервами її росту, дозволяє співставити витрати праці на однакові вироби в різних цехах підприємства [21, 22].

Продуктивність праці характеризує ефективність, результативність витрат праці й визначається кількістю продукції, виробленої в одиницю робочого часу, або витратами праці на одиницю виробленої продукції, або виконаних робіт [21, 22].

Розрізняють продуктивність живої і продуктивність суспільної праці. Продуктивність живої праці визначається витратами робочого часу в кожному окремому виробництві. Продуктивність суспільної праці – витратами живої і уречевленої праці [21, 22].

Трудомісткість визначає витрати живої праці на виготовлення продукції. В неї включається не тільки час виконання роботи, але й час перерв, що регламентувалися на відпочинок і особисті потреби, а також перерв, зумовлених технологією і організацією виробництва.

На підприємствах продуктивність праці визначається як ефективність витрат тільки живої праці і розраховується через показники виробітку і трудомісткості продукції, між якими є зворотно пропорційна залежність.

Види трудомісткості: технологічна (витрати праці, основних робітників відрядників і по годинникових); трудомісткість обслуговування (витрати праці допоміжних робітників); виробнича трудомісткість; трудомісткість управління (витрати праці керівників, фахівців, технічних виконавців) [21, 22].

Розрахунок трудомісткості виготовлення виробу приведено у таблиці 9.1. Заробітна плата – це винагорода, яка вимірюється, як правило у грошовому виразі і яку за трудовим договором власник виплачує працівнику за виконувану ним роботу [21, 22].

Фонд основної заробітної плати включає нарахування за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці (норми часу, вироблення, обслуговування) по тарифних ставках, відрядних розцінках або посадових

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 73 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

окладах (для керівників, фахівців, технічних службовців), включаючи в повному об'ємі внутрішню сумісницю [23, 24].

Таблиця 8.1 – Трудомісткість виготовлення виробу

| № операції | Назва операції | Штучний час, н-хв | Програма випуску, шт. | Об'єм, н-хв |
|------------|--------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------|
| 005 | Заготівельна | 0,00336 | | 0,00336 |
| 010 | Контрольна | 0,00408 | | 0,00408 |
| 015 | Отримання заготовок | 0,00552 | | 0,00552 |
| 020 | Свердлування | 0,0168 | | 0,0168 |
| 025 | Контрольна | 0,01104 | | 0,01104 |
| 030 | Підготовка поверхні | 0,01608 | | 0,01608 |
| 035 | Нанесення світлочутливого шару | 0,036 | 1 | 0,036 |
| 040 | Експонування | 0,02232 | | 0,02232 |
| 045 | Проявлення рисунку | 0,0096 | | 0,0096 |
| 050 | Хімічне травлення міді | 0,066 | | 0,066 |
| 055 | Контрольна | 0,01464 | | 0,01464 |
| 060 | Хімічна металізація отворів | 0,041208 | | 0,041208 |
| | | | Разом: | 0,246648 |

Фонд додаткової заробітної плати включає доплати, за працю понад встановлену норму в розмірах, передбачених чинним законодавством, премії і винагороди, що мають систематичний характер, оплата роботи в наднормовий час, в святкові і вихідні дні (у розмірах, встановлених чинним законодавством) і ін. Інші заохочувальні і компенсаційні виплати включають винагороди і премії, що мають одноразовий характер [23, 24]. Розрахунок основної заробітної плати виробничих робітників наведено у таблиці 8.2.

Додаткова зарплата $ЗП_{д}$, грн. (оплата відпусток, часу виконання державних обов'язків, доплати за виконання додаткових функцій та ін.) обчислюється за формулою:

$$ЗП_{д} = \frac{ЗП_{осн} \times K_{д\%}}{100}, \quad (8.1)$$

де $ЗП_{осн}$ – основна заробітна плата, грн.;

$K_{д\%}$ – процент витрат на додаткову заробітну плату, %.

$$ЗП_{д} = \frac{2,78 \times 19}{100} = 0,53 \text{ грн.}$$

Таблиця 8.2 – Розрахунок основної заробітної плати виробничих робітників

| № опер. | Назва операції | Розряд | Трудоміст., н-год | Годинна тарифна ставка, грн. | Сума, грн. |
|---|-----------------------------------|--------|----------------------|------------------------------------|------------|
| 1 | Заготівельна | 3 | 0,00336 | 9,64 | 0,0323904 |
| 2 | Контрольна | 3 | 0,00408 | 9,64 | 0,0393312 |
| 3 | Отримання заготовок | 3 | 0,00552 | 9,64 | 0,0532128 |
| 4 | Свердлування | 3 | 0,0168 | 9,64 | 0,161952 |
| 5 | Контрольна | 3 | 0,01104 | 9,64 | 0,1064256 |
| 6 | Підготовка поверхні | 3 | 0,01608 | 9,64 | 0,1550112 |
| 7 | Нанесення світлочутливого шару | 3 | 0,036 | 9,64 | 0,34704 |
| 8 | Експонування | 3 | 0,02232 | 9,64 | 0,2151648 |
| 9 | Проявлення рисунку | 3 | 0,0096 | 9,64 | 0,092544 |
| 10 | Хімічне травлення міді | 3 | 0,066 | 9,64 | 0,63624 |
| 11 | Контрольна | 3 | 0,01464 | 9,64 | 0,1411296 |
| 12 | Хімічна металізація отворів | 3 | 0,041208 | 9,64 | 0,39724512 |
| Разом | | | | | 2,37768672 |
| Тарифна заробітна плата | | | | | 2,38 |
| Доплати до тарифної заробітної плати, 17% | | | | | 0,40 |
| Основна заробітна плата | | | | | 2,78 |

8.3 Розрахунок собівартості виробу

Собівартість – це сума витрат на виробництво і реалізацію одиниці продукції. Вона відбиває вартість спожитих фондів (матеріали, що комплектують, амортизації будинків і фондів). Собівартість – зовнішній показник, тому що від неї залежить прибуток і рентабельність [21, 22].

Розрахунок собівартості може вироблятися декількома способами [21, 22]:

- калькулювання;
- укрупнені методи (параметричний, питомих ваг, агрегатний і інші).

Стаття "Сировина й матеріали" містить витрати на сировину, основні, допоміжні матеріали, закуплені вироби та напівфабрикати, тобто витрати, які

можна безпосередньо обчислити на одиницю продукції на підставі витратних норм і цін. Також приведені можливі одиниці вимірювання, норми витрат та підсумкові суми на той чи інший матеріал. Марка використаного матеріалу також приведена і має досить важливий вплив на ціну, якість а також процес розробки будь-якого етапу в створенні виробу. Розрахунок витрат на матеріали приведено у таблиці 9.3.

Таблиця 8.3 – Розрахунок витрат на матеріали, покупні вироби та півфабрикати

| Найменування матеріалів | Одиниця виміру | Марка | Норма витрат | Ціна за один., грн. | Сума, грн. |
|---------------------------|-----------------|-------------|--------------|---------------------|------------|
| Основні матеріали | | | | | |
| Припій | г | ПОС-61 | 10 | 0,50 | 5,00 |
| Флюс | мл | ТАГС | 10 | 0,34 | 3,40 |
| Хлорне залізо | г | ТУ600 | 50 | 0,28 | 14,00 |
| Каніфоль | г | ВК-220 | 11 | 0,52 | 5,72 |
| Спирт | мл | техн. | 50 | 0,065 | 3,25 |
| Склотекстоліт | мм ² | СТЕФ | 0,010 | 1090,00 | 10,90 |
| Разом: | – | – | – | – | 42,27 |
| Покупні компоненти виробу | | | | | |
| Резистор | шт | RX 24 | 1 | 0,70 | 0,70 |
| Резистор | шт | CFR 360 | 8 | 0,50 | 4,00 |
| Резистор | шт | МЛТ 3к | 2 | 0,40 | 0,80 |
| Резистор | шт | МЛТ 10к | 2 | 0,40 | 0,80 |
| Транзистор | шт | КТ315В | 4 | 2,00 | 8,00 |
| Транзистор | шт | КП507 | 4 | 3,00 | 12,00 |
| Перемикач | шт | ЕТ01МД1СА1 | 2 | 5,00 | 10,00 |
| Стабілізатор | шт | 78L05 | 1 | 2,50 | 2,50 |
| Мікроконтролер | шт | PIC16F676 | 1 | 45,00 | 45,00 |
| Батарея | шт | GB/T18287 | 1 | 40,00 | 40,00 |
| Конденсатор | шт | ST4-0,1-50В | 1 | 1,50 | 1,50 |
| Разом | – | – | – | – | 125,3 |
| Всього: | – | – | – | – | 167,57 |

Таблиця 8.4 – Розрахунок транспортно-заготівельних витрат

| Назва витрат | Сума, грн. |
|---------------------------------------|------------|
| Основні та допоміжні матеріали | 42,27 |
| Покупні, комплектуючі вироби | 125,3 |
| Разом: | 167,57 |
| Транспортно-заготівельні витрати, 14% | 23,46 |
| Зворотні відходи, 2,1% | 0,89 |
| Всього: | 191,92 |

8.4 Розрахунок матеріальних витрат

Витрати на енергію, яка безпосередньо використовується в технологічному процесі для зміни стану або форми предметів праці, обчислюється за нормами витрат і тарифами на енергії [22].

Витрати на енергію C_E , грн., що споживається на технологічні цілі, визначаються за формулою:

$$C_E = \sum_{i=1}^n H_E \times C_E, \quad (8.2)$$

де n – вид енергії;

C_E – витрати на енергію, грн.;

H_E – норми витрат окремих видів енергії (теплова, електрична, ...);

C_E – середня ціна одиниці енергії.

$$C_E = 21 \times 1,4906 = 31,30 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні потреби містять відрахування на соціальне страхування, у пенсійний фонд та на інші соціальні заходи.

Відрахування на соціальні заходи $C_{\text{соц}}$, грн., розраховуються за формулою:

$$C_{\text{соц}} = \frac{(ЗП_{\text{осн}} + ЗП_{\text{д}}) \times K_{\text{сз}\%}}{100}, \quad (8.3)$$

де $K_{\text{сз}\%}$ – процент відрахувань на соціальні заходи, %.

$$C_{\text{соц}} = \frac{(2,78 + 0,53) \times 22}{100} = 0,73 \text{ грн.}$$

На одиницю кожного різновиду продукції витрати на утримання та експлуатацію машин і устаткування обчислюються методом розподілу, зазвичай, пропорційно основній зарплаті робітників.

Витрати на експлуатацію машин і устаткування ВУЕО, грн., обчислюються за формулою:

$$\text{ВУЕО} = \frac{ЗП_{\text{осн}} \times \%_{\text{ВУЕО}}}{100}, \quad (8.4)$$

де $\%_{\text{ВУЕО}}$ – процент витрат по утриманню і експлуатації обладнання, %.

$$\text{ВУЕО} = \frac{2,78 \times 106}{100} = 2,95 \text{ грн.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 77 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

Загальновиробничі витрати – це витрати на управління, виробниче й господарське обслуговування в межах цеху.

Загальновиробничі витрати ЗВВ, грн., розраховуються за формулою:

$$ЗВВ = \frac{ЗП_{\text{осн}} \times \%_{\text{ЗВВ}}}{100}, \quad (8.5)$$

де $\%_{\text{ЗВВ}}$ – процент загальновиробничих витрат, %

$$ЗВВ = \frac{2,78 \times 52}{100} = 1,45 \text{ грн.}$$

Загальногосподарські витрати є такими самими, як і загальновиробничі, тільки на рівні підприємства як єдиної системи. Загальногосподарські витрати ЗГВ, грн., обчислюються за формулою:

$$ЗГВ = \frac{ЗП_{\text{осн}} \times \%_{\text{ЗГВ}}}{100}, \quad (8.6)$$

де $\%_{\text{ЗГВ}}$ – процент загальногосподарських витрат, %.

$$ЗГВ = \frac{2,78 \times 56}{100} = 1,56 \text{ грн.}$$

8.5 Розрахунок виробничої та повної собівартості виробу

У залежності від складу витрат, що включаються в собівартість та місця їх виникнення існує кілька видів собівартості продукції. Виробнича собівартість продукції – це виражені у грошовій формі поточні витрати підприємства на виробництво продукції, виконані роботи та надані послуги [21, 22].

Технологічна собівартість включає всі прямі витрати, які виникають під час виготовлення виробу: основні сировина і матеріали, основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями основних виробничих робітників.

Виробнича собівартість включає технологічну собівартість та витрати на утримання та експлуатацію машин і обладнання, і загальновиробничі витрати.

Повна собівартість виробу включає виробничу собівартість, витрати, пов'язані з продажем виробу (витрати на збут), адміністративні, а також інші операційні витрати [23, 24].

Розрахуємо виробничу собівартість за формулою:

$$СВ_{\text{в}} = С_{\text{м}} + С_{\text{е}} + ЗП_{\text{осн}} + ЗП_{\text{дод}} + С_{\text{соц}} + ВУЕО + ЗВВ \quad (8.7)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 78 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

$$СВ_{\text{в}} = 191,92 + 31,30 + 2,78 + 0,53 + 0,73 + 2,95 + 1,45 = 231,66 \text{ грн.}$$

Витрати на збут продукції $C_{\text{збут}}$, грн., розраховуються за формулою:

$$C_{\text{збут}} = \frac{С_{\text{в}} \times \%_{\text{збут}}}{100}, \quad (8.8)$$

де $\%_{\text{збутові}}$ – процент збутових витрат, %.

$$C_{\text{сзбут}} = \frac{231,66 \times 2,2}{100} = 5,1 \text{ грн.}$$

8.6 Калькуляція собівартості виробу

Калькуляцію собівартості виробу заносимо в таблицю 8.5.

Таблиця 8.5 – Калькуляція виробу

| № | Назва статті | Сума, грн. |
|----|---|---------------|
| 1 | Сировина та матеріали | 42,27 |
| 2 | Купівельні напівфабрикати, комплектуючі вироби | 125,3 |
| 3 | Транспортно-заготівельні витрати | 23,46 |
| 4 | Зворотні відходи (вираховуються) | 0,89 |
| 5 | Енергія технологічна | 31,30 |
| | Разом матеріальні витрати: | 223,22 |
| 6 | Основна заробітна плата | 2,78 |
| 7 | Додаткова заробітна плата | 0,53 |
| 8 | Відрахування на соціальні заходи | 0,73 |
| 9 | Витрати на утримання та експлуатацію машин і обладнання | 2,95 |
| 10 | Загальновиробничі витрати | 1,45 |
| | Виробнича собівартість: | 231,66 |
| 11 | Загальногосподарські (адміністративні) витрати | 1,56 |
| 12 | Позавиробничі витрати (витрати на збут) | 5,10 |
| | Повна собівартість: | 238,32 |

8.7 Визначення оптової ціни виробу

Ціна – це грошовий вираз вартості товару, кількість грошей, що сплачується за одиницю товару або послуги [21, 22].

Одночасно ціна відображає споживчі властивості (корисність) товару, купівельну спроможність грошової одиниці, ступінь рідкості товару, силу конкуренції, державного контролю, економічну поведінку ринкових суб'єктів та інші суб'єктивні моменти.

В практиці роботи підприємств застосовуються численні різновидності цін, зокрема залежно від особливостей процесу купівлі-продажу та сфери економіки розрізняють такі ціни [21, 22]:

– світові ціни – це ціни, за якими реалізуються товари на світовому ринку; визначаються рівнем цін країни - експортера, цінами бірж та аукціонів, цінами провідних фірм-виробників світу.

– оптові (відпускні) ціни – це ціни, за якими державні, колективні та приватні підприємства розраховуються між собою з гуртовими посередниками за великі партії товарів. Гуртові ціни поділяються на гуртові ціни підприємства та гуртові ціни промисловості.

– закупівельні ціни, за якими сільськогосподарські виробники (кооперативні, колективні, державні, фермерські, особисті підсобні господарства) продають свою продукцію державним, кооперативним, переробним, торговельним та іншим фірмам. Закупівельні ціни включають гуртову ціну підприємства-виробника, податок на додану вартість, акцизний та ліцензійний збори, а також витрати зазначених підприємств для закупівлі, збереження, фасування, транспортування і реалізації продукції та прибутку.

– кошторисні ціни – ціни та розцінки, які використовуються для визначення розрахункової вартості нового будівництва, реконструкції будівель та споруд, їх розширення та переоснащення.

– роздрібні ціни – ціни, за якими здійснюється продаж товарів населенню торговельними підприємствами або закладами громадського харчування.

Такі ціни встановлюються підприємствами самостійно, виходячи із якості товару, кон'юнктури ринку, ціни закупівлі. Тарифи на платні послуги – це розмір оплати житлових, юридичних, комунальних, туристичних, банківських, побутових та інших послуг, які надаються юридичними або фізичними особами.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 80 |

Крім того, в сучасній практиці господарювання застосовують різні види, ринкових цін, які класифікуються без певної ознаки: демпінгові, продажні, тверді, паритетні, базисні, престижні та інші ціни.

В основі формування будь-яких цін лежать повна собівартість, величина прибутку та податок на додану вартість .

Величина прибутку встановлюється, виходячи із норми рентабельності на продукцію. Величина прибутку П, грн., розраховується за формулою [23, 24]:

$$П = СВ_{п} \times \frac{R}{100}, \quad (8.9)$$

де П – величина прибутку, грн.;

СВ_п – сумарні витрати на виготовлення і реалізацію продукції, грн.;

R – рентабельність продукції, %.

$$П = 238,32 \times \frac{22}{100} = 52,43 \text{ грн.}$$

Оптова ціна випуску виробу без ПДВ Ц_{гурт}, грн., розраховується за формулою:

$$Ц_{гурт} = СВ_{п} + П,$$

$$Ц_{гурт} = 238,32 + 52,43 = 290,75 \text{ грн.}$$

Податок на додану вартість(ПДВ) – це непрямий податок, який включаються до ціни товару та сплачується незалежно від результатів діяльності підприємства.

При продажу товарів підприємство закладає в його ціну суму податку на додану вартість.

Грошове вираження ПДВ, грн., розраховується за формулою:

$$ПДВ = Ц_{гурт} \times \frac{\%_{ПДВ}}{100}, \quad (8.10)$$

де %_{ПДВ} – податок на додану вартість, %.

$$ПДВ = 290,75 \times \frac{20}{100} = 58,15 \text{ грн.}$$

Вільна відпускна ціна з урахуванням ПДВ Ц_{гурт}(з ПДВ), грн., розраховується за формулою:

$$Ц_{гурт}(з ПДВ) = Ц_{гурт} + ПДВ, \quad (8.11)$$

$$Ц_{гурт}(з ПДВ) = 290,75 + 58,15 = 349 \text{ грн.}$$

Отже для встановлення відповідної норми рентабельності потрібно встановити ціну в 349 грн. за один пристрій.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 81 |

ВИСНОВКИ

В процесі дипломного проектування створена мікроконтролерна система керування ДПС, яка здійснює плавний пуск, плавні регулювання кількості обертів та зупинення обертання електродвигуна. У ході розроблення і практичної реалізації застосована сучасні елементна база та мікросхеми, які забезпечили зниження енергоспоживання при роботі проектованої системи.

Побудовані принципова схема мікроконтролерної системи керування ДПС, а також створене програмне забезпечення проектованої системи, яке буде працювати на базі мікроконтролера. Здійснено розрахунок вузлів принципової схеми мікроконтролерної системи з точки зору забезпечення робочих режимів елементів розроблювальної системи.

Призначення отриманої мікроконтролерної системи керування ДПС є інтегрування у дитячі іграшки, наприклад електричні транспортні засоби з живленням від акумуляторної батареї 6В-10А*год, які можуть керуватися по радіоканалам з дистанційних пультів (для того, щоб діти не лякалися початку руху автомобіля з великої швидкості, реалізовані апаратні й програмні засоби для забезпечення плинного регулювання і перемикання швидкостей). Інший приклад застосування проектованої мікроконтролерної системи – це системи закриття та відкриття жалюзі, підйому та опускання ролетів тощо.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| | | | | | | 82 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | |

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

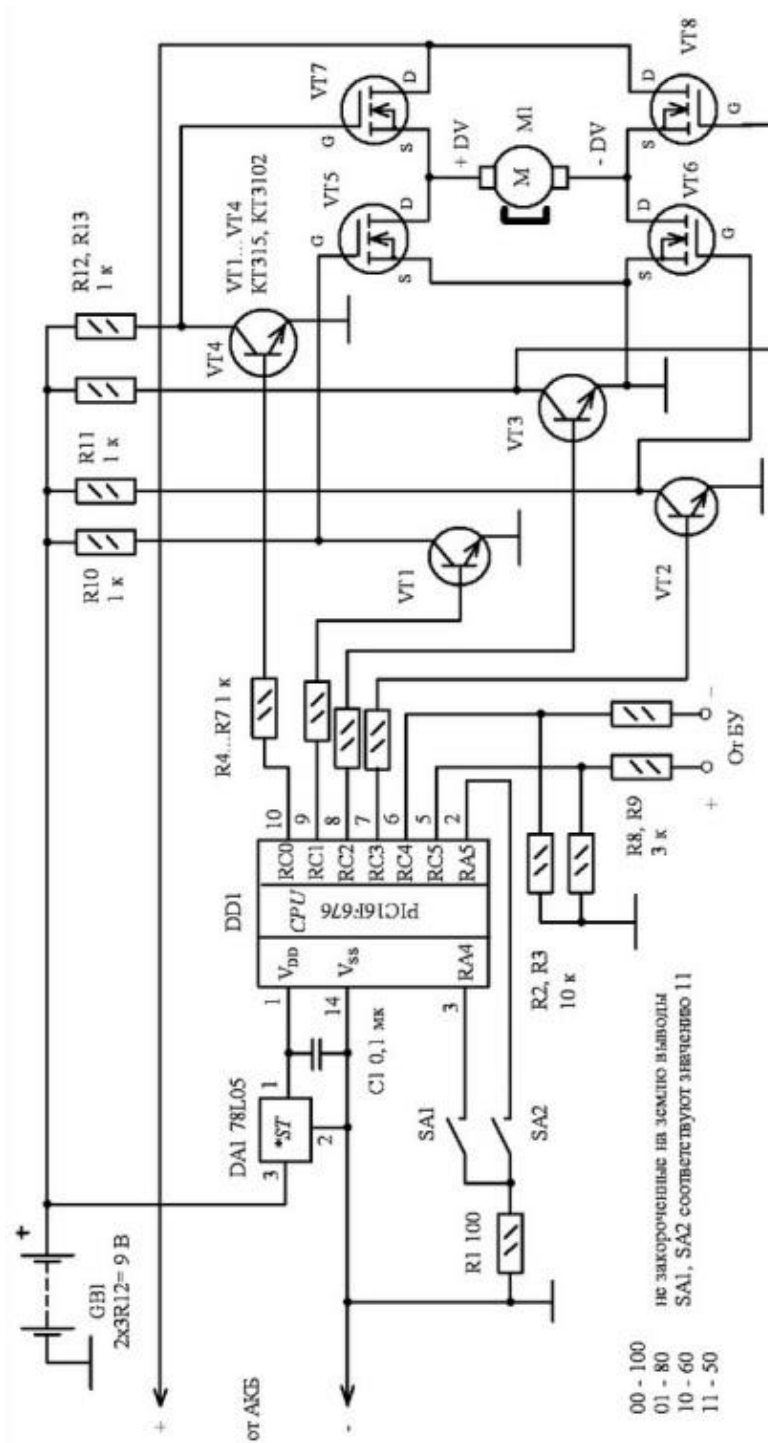
1. ДСТУ 2815-94 Електричні й магнітні кола та пристрої. Терміни та визначення.
2. Пилипчук Р.В.. 17755 Електродвигун // Енциклопедія сучасної України: у 30 т / ред. кол. І. М. Дзюба [та ін.]; НАН України, НТШ, Координаційне бюро енциклопедії сучасної України НАН України. – К., 2003-2019.
3. Автоматизация, электроприводы, ультразвук в статьях, анимациях и видео: просто о сложном. <https://engineering-solutions.ru/motorcontrol/motor/> (оновлено у 2019 р.)
4. Яцун М.А. Електричні машини / М.А. Яцун. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2011. – 428 с.
5. Глебова М.Л. Синхронные машины. Машины постоянного тока: Конспект лекций / М.Л. Глебова, А.И. Кузнецов, И.Т. Карпалюк и др. – Харьков: ХНАГХ, 2009. – 245 с.
6. Заборщикова А.В. Двигатели постоянного тока для автоматизированного электропривода: Учебное пособие / А.В. Заборщикова, В.И. Мельников. – СПб: Петербургский гос. ун-т путей сообщ., 1994. – 84 с.
7. Башарин А.В. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов / А.В. Башарин, В. А. Новиков, Г. Г. Соколовский. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. – 392 с.
8. Ключев В.И. Теория электропривода: Учеб. для вузов / В.И. Ключев. – М.: Энергоатомиздат, 2011. – 704 с.
9. DS40039C. Data Sheet. PIC16F630/676. 14-Pin FLASH-Based 8-Bit CMOS Microcontrollers. Microchip Technology Inc. 2013.
10. Microchip, MPLAB IPE (Integrated Programming Environment) User's Guide, 2013-2017.
11. ДСТУ 2646-94 Плати друковані. Терміни та визначення.
12. ГОСТ 2.413-72(2002) ЕСКД. Правила выполнения конструкторской документации изделий, изготовляемых с применением электрического монтажа.
13. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры: Справочник / Э. Т. Романычева, А. С. Куликов и др.; Под ред. Э. Т. Романычевой – М.: Радио и связь, 1989. – 448 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 83 |

14. Гандзюк М.П. Основи охорони праці / М.П. Гандзюк, Є.П. Желібо, Халімовський М.О. – Київ: Каравела, 2014. – 408 с.
15. Ткачук К. Н. Основи охорони праці: підручник. / К.Н. Ткачук, В.В. Зацарний, О.І. Полукаров – К.: "Основа". 2011. – 448 с.
16. IDC 2001a. eWorld 2001 // International Data Center (IDC), 2011 (<http://www.idc.com>).
17. Ляпоров В. Финансисты // Инфо-бизнес, #11, 2011 (<http://www.internet-finance.ru/publications/read/122.stm>).
18. Grief Stuart, Wetenhall P., Matre Bjorn. Banking in Internet Time. BCG, 2010.
19. Stamoulis D.S. How Banks Fit in an Internet Commerce Business Activities Model // JIBC, June 2010, vol. 5, No. 1 (<http://www.arraydev.com/commerce/jibc/0001-03.htm>).
20. Viner N., Marsh D., Kappagoda Sunil. Payments in a Virtual World: Capturing the E-Commerce Opportunity. BCG, 2010.
21. Економіка підприємства: Підручник / За заг. ред. д.е.н., проф. Л.Г. Мельника. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2004. – 648 с.
22. Економіка підприємства: Підручник. – В 2 т. / За ред. С.Ф. Покропівного. – К.: Вид-во "Хвиля-Прес", Донецьк: МП "Пошук", 2015. – 280 с.
23. Типове положення з планування, обліку і калькулювання собівартості продукції. Затверджено КМУ від 26 квітня 1996 № 473 // Бізнес. – № 32-35.
24. Методичні рекомендації з формування собівартості продукції – Київ, 2001. – 246с.

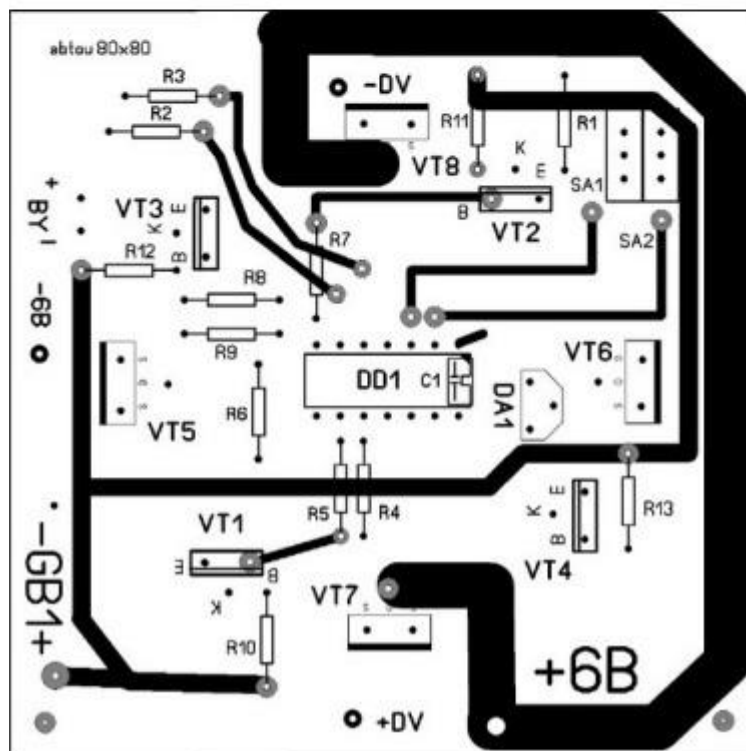
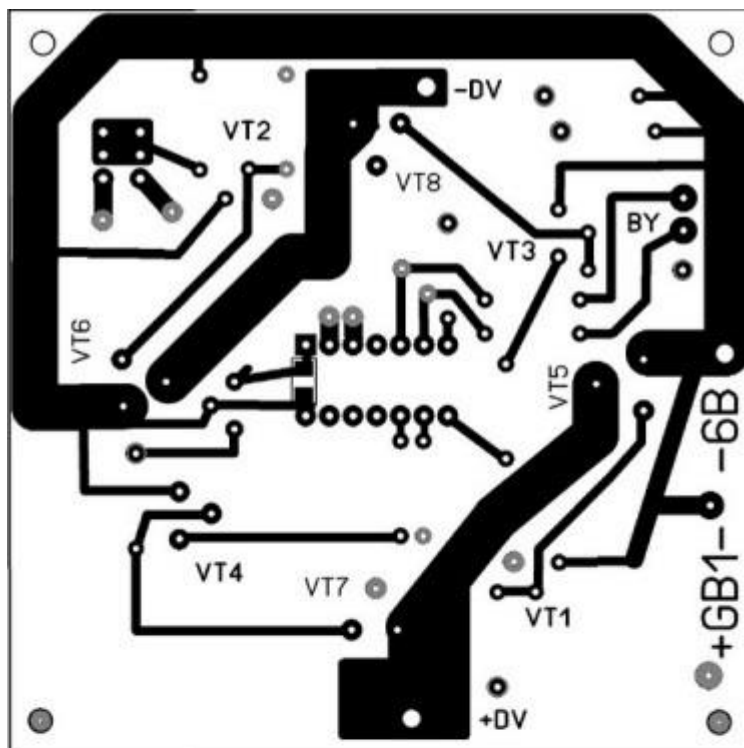
| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--------------------------|------|
| | | | | | ЦЗДВН 8.171.00.10.352 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 84 |

СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ



| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| | | | | |

ВИГЛЯД ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ



| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

