

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І СИСТЕМ
УПРАВЛІННЯ



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
**«СПЕЦІАЛЬНЕ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ
ЕНЕРГОЄМНИХ ВИРОБНИЦТВ»**
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ
ЗА НАПРЯМОМ
6.050702 – «ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»
(У ТОМУ ЧИСЛІ СКОРОЧЕНИЙ ТЕРМІН НАВЧАННЯ)

КРЕМЕНЧУК 2015

Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Спеціальне електромеханічне обладнання енергоємних виробництв» для студентів денної та заочної форм навчання за напрямом 6.050702 – «Електромеханіка» (у тому числі скорочений термін навчання)

Укладач старш. викл. А. М. Артеменко

Рецензент к. т. н., доц. Д. Г. Мамчур

Кафедра систем автоматичного управління та електропривода

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол №_____ від_____

Голова методичної ради _____ проф. В. В. Костін

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Перелік лабораторних робіт.....	6
Лабораторна робота № 1 Дослідження системи непрямого пуску у функції часу приводного двигуна системи Г–Д.....	6
Лабораторна робота № 2 Дослідження системи непрямого пуску у функції струму приводного двигуна системи Г–Д.....	19
Лабораторна робота № 3 Дослідження системи непрямого пуску у функції ЕРС приводного двигуна системи Г–Д.....	22
Лабораторна робота № 4 Дослідження роботи системи ТПН-АД за допомогою комп'ютеризованого вимірювального комплексу на базі ADC 16-32.....	25
Лабораторна робота № 5 Дослідження мікропроцесорної системи керування непрямим пуском двигуна системи Г–Д.....	38
2 Критерії оцінювання знань студентів.....	49
Список літератури.....	50

ВСТУП

Вивчення дисципліни «Спеціальне електромеханічне обладнання енергоємних виробництв» зумовлене метою навчання, що, відповідно до кваліфікаційної характеристики напряму 6.050702 – «Електромеханіка», полягає у підготовці фахівців, здатних самостійно і творчо розв'язувати задачі дослідження, та раціонального використання електромеханічного обладнання енергоємних виробництв, яке широко використовують у різних галузях вітчизняної промисловості.

Метою дисципліни «Спеціальне електромеханічне обладнання енергоємних виробництв» є поглиблення спеціальної підготовки фахівця широкого профілю, набуття студентами цілісного підходу під час аналізу режимів функціонування механізмів машин та інших електромеханічних систем, сприяння закріпленню та поглибленню теоретичних знань, одержання практичних навичок з даного питання.

Дисципліна «Спеціальне електромеханічне обладнання енергоємних виробництв» базується на знанні предметів: «Теоретичні основи електротехніки», «Теорія автоматичного керування», «Теорія електропривода», «Системи керування електроприводами», «Моделювання електромеханічних систем», «Електропостачання промислових підприємств».

Після вивчення дисципліни студент повинен знати:

- особливості проектування і експлуатації спеціального електромеханічного обладнання енергоємних виробництв;
- принципи формування статичних та динамічних характеристик електроприводів спеціального технологічного призначення;
- принципи побудови силового та інформаційного каналів, технічні характеристики спеціального електромеханічного обладнання;

– принципи моделювання електроприводів спеціального технологічного призначення на персональному комп'ютері з метою визначення статичних і динамічних характеристик спеціального електромеханічного обладнання;

– особливості енергопостачання та захисту спеціального електромеханічного обладнання енергоємних виробництв.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен уміти:

– визначати вимоги до спеціального електромеханічного обладнання з урахуванням особливостей технологічного процесу;

– виконувати розрахунок, обґрунтований вибір, дослідження режимів роботи спеціального електромеханічного обладнання конкретного технологічного механізму;

– використовувати персональний комп'ютер для багатоваріантних розрахунків під час проектування та при визначенні техніко-економічних показників спеціального електромеханічного обладнання;

– визначати енергетичні характеристики та показники спеціального електромеханічного обладнання;

– розраховувати показники надійності, обґрунтовувати та вибирати структуру та апаратуру систем захисту спеціального електромеханічного обладнання.

1 ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Лабораторна робота № 1

Тема. Дослідження системи непрямого пуску у функції часу приводного двигуна системи Г-Д

Мета: вивчення системи непрямого пуску у функції часу приводного двигуна системи Г-Д (АД чи СД).

Короткі теоретичні відомості

У промислових системах за наявності обмежень на регульований електропривод першорядної вагомості набувають пускові системи електроприводів. Основною задачею цього напрямку є створення пристроїв запуску потужних високовольтних СД і АД. Вибір способу пуску СД і АД визначають такими умовами:

– зниження напруги мережі під час пуску СД не має впливати на нормальну роботу приєднаних до тієї самої мережі споживачів. Відповідно до СН 174–75 зниження напруги під час пуску на шинах 6–10 кВ джерела живлення не має перевищувати 10–15 % від номінального – при живленні від змішаного навантаження і до 20–25 % – при живленні суто силового навантаження;

– перевантаження трансформаторів пусковими струмами не має перевищувати визначеного заданого значення, яке залежить від числа пусків за добу та їх тривалості. За динамічним впливом на трансформатор допускають три пуски при чотириразовому струмі перевантаження для трансформаторів потужністю до 25 МВ·А включно.

Нині найбільш поширеним є прямий пуск АД, а для СД – прямий асинхронний пуск. За впливом на мережу прямий пуск допускається за умови, що напруга на шинах джерела живлення не буде нижче межі, зумовленої СН 174-75. Однак для широкого ряду типорозмірів високовольтних двигунів такий вид пуску неприйнятний.

Важливо розуміти, що пускові системи, по суті, являють собою новий клас енергозберігаючого обладнання. Багато задач енергозбереження може бути розв'язано з використанням пускових пристроїв, що забезпечують розгін двигуна, обмеження струмових, механічних і теплових навантажень. Основними вимогами, пропонованими до таких систем, є:

- можливість необмеженого числа запусків без небезпеки перегріву обмоток двигуна;
- обмеження динамічних моментів і струмового навантаження;
- можливість тривалої роботи на знижених швидкостях (для прогріву деяких технологічних механізмів);
- достатня величина пускового моменту для створення підвищеного моменту під час рушання;
- мала (порівняно з регульованим приводом) вартість;
- можливість одночасного пуску декількох двигунів.

Нині існують різні схемні розв'язання проблеми пуску високовольтних двигунів, що реалізують найбільш доцільні методи:

- а) прямого пуску;
- б) пуску за допомогою допоміжних розгінних машин і механізмів;
- в) пуску з використанням засобів, що змінюють параметри електроенергії.

Недоліки прямого пуску

Розглянемо питання запуску потужних АД і СД на прикладі використання їх у гірничорудній промисловості. Сучасний кар'єрний екскаватор – це складний технологічний комплекс. Його основні механізми, оснащено двигунами постійного струму, що одержують живлення від індивідуальних керованих генераторів. На екскаваторах поширено систему Г-Д, приводним двигуном якої є високовольтний двигун змінного струму. Асинхронні двигуни змінного струму напругою 3–6 кВ використовують для привода перетворювальних агрегатів екскаваторів з об'ємом ковша до 5 м³

включно. Перетворювальні агрегати інших одноківшевих екскаваторів оснащують винятково синхронними двигунами напругою 6–10 кВ.

Синхронні двигуни екскаваторів, режими їх роботи і живильна кар'єрна мережа знаходяться в тісній залежності один від одного. Пускові режими синхронних двигунів супроводжуються п'яти–семиразовими струмовими перевантаженнями, зростанням несиметрії напруги, перегрівом обмоток двигунів.

Факторами, що визначають надійність приводного СД, є часті пуски й зупинки. Під час транспортування гірської маси екскаватор працює послідовно на навантаженні складу, очищенні габариту, підготовці вибою й чеканні порожняка. У більшості випадків дані процеси складають 50–60 % від часу загального циклу роботи. При такому режимі приводні СД працюють за несприятливих умов. При тривалому чеканні залізобетонного складу з метою скорочення холостої роботи агрегата значна частина екскаваторів відключається від електромережі. За статистикою пуск і зупин агрегатів екскаваторів ЕКГ – 8І, ЕКГ – 12,5 досягає 6 разів за зміну, драглайнів ЕШ 15/90, ЕШ 20/90 – 3 рази на добу. Така частота комутаційних оперативних операцій призводить до швидкого виходу двигуна з ладу.

Відмовлення СД відбувається внаслідок пошкодження обмотки статора і руйнування пускової (демпферної) обмотки. Відмовлення СД через пошкодження обмотки статора, як правило, відбувається в результаті пробою ізоляції обмотки. Ділянки зниженої електричної міцності в ізоляції можуть з'являтися внаслідок дефектів виготовлення, пошкоджень під час монтажу в процесі експлуатації, включаючи ремонтні роботи. На руйнування ізоляції, що прискорює, чинять вплив концентрації навантажень під час пусків: підвищені механічні зусилля, перевантаження за струмом, перенапруги, вібрації. У даній ситуації наявність ділянок зі зниженою електричною міцністю призводить до пошкодження обмотки, тому що амплітуди можливих перенапруг недостатні для пробою доброякісної ізоляції. На старіння ізоляції значною мірою

впливають механічні й термомеханічні фактори. Термомеханічні навантаження виникають у результаті періодичного нагрівання й охолодження обмоток. Механічні – є наслідком електродинамічних сил, що виникають у машині, зусиль, ударів і поштовхів.

Під час обчислення сил, що діють на лобові частини обмотки, вважають, що лобові частини – нерухомі, а струми незмінні й дорівнюють максимальним амплітудним значенням. Ці допущення характеризують статичний метод розрахунків. У реальності ж струм безупинно змінюється, а обмотки та їх елементи під дією змінних у часі сил переміщуються. При цьому динамічні сили, що змінюються в часі за ще більш складними законами, які залежить від різних сполучень електромагнітних сил і сил інерції, що виникають під час прискорень елементів лобових частин обмоток у процесі коливальних переміщень, можуть істотно перевершувати сили, значення яких отримано в статичному розрахунку. Динамічні сили значною мірою залежать від механічних властивостей ізоляційних матеріалів, сил інерції, пружності й тертя. Взаємодія пружних елементів конструкції обмоток з електродинамічними силами може створити своєрідні електродинамічні процеси.

Усі викладені вище фактори, що впливають на термін служби ізоляції (температура обмотки, вплив електричного поля, механічні зусилля), мають місце під час пусків СД. У багатьох випадках домінуючим фактором є температура. Особливості нагрівання масивного ротора синхронного двигуна такі, що під час асинхронного пуску СД ротор знаходиться під впливом обертального магнітного поля, у результаті чого в масивній бочці наводяться струми, що проходять уздовж осі ротора. Ці струми замикаються по торцях через системи клинів і бочку ротора. Струми, що наводяться в роторі, й магнітний потік поширюються в порівняно тонкому поверхневому шарі, товщина якого залежить від частоти струмів, що наводяться. Чим менше частота, тим більше глибина проникнення струму вглиб ротора. Частина

теплоти, зумовленої енергією, що виділяється в цьому шарі, поширюється вглиб ротора. Якщо втрати в поверхневому шарі під час асинхронного пуску будуть значні, то може мати місце і значне нагрівання поверхневого шару. Крім того, по торцях бочки ротора можуть виникнути місцеві нагрівання. Усі ці фактори зумовлюють прискорений знос ізоляції (теплове старіння).

Ступінь впливу пускового режиму на двигун залежить також від тривалості розгону двигуна під час пуску. Опір лінії знижує напругу на затискачах двигуна, що запускають. При цьому пусковий струм також знижується, порівняно з пусковим струмом, при номінальній напрузі пропорційно до напруги під час пуску. Зменшення пускового струму знижує густину струму в обмотках двигуна. Однак істотне збільшення тривалості розгону при зниженій напрузі призводить до того, що загальний знос ізоляції за час пуску не зменшується, порівняно з пуском при номінальній напрузі. Зниження напруги на затискачах, що пускає СД, й істотне збільшення тривалості розгону приводить до збільшення в роторі двигуна втрат, що сприяє перегріву пускової обмотки.

Значне зниження напруги в живильній мережі помітно впливає на роботу інших приймачів, приєднаних до загальної, із СД ЛЕП, що пускають, зокрема, до лінії, що живить потужний екскаватор, може приєднуватися ще один, більш дрібний, наприклад ЕКГ-4,6. При цьому в режимі пуску мережного двигуна потужного екскаватора може відбутися «перекидання» мережного асинхронного двигуна екскаватора ЕКГ – 4,6, у результаті значного зниження останнім моментом, що розвивається. Те саме стосується і асинхронних двигунів бурових верстатів, що живляться від пересувних трансформаторних підстанцій, приєднаних до загального ЛЕП з потужним екскаватором. Крім того, ці двигуни можуть бути відключені власним мінімальним захистом. У результаті зниження напруги на трансформаторах власних потреб можуть також відключатися пускачами й контакторами двигуни допоміжних приводів екскаватора, у якого запускається мережний двигун, і в сусідніх екскаваторів.

Негативно пусковий режим позначається на роботі освітлювальних приладів через різке зниження світлового потоку ламп, що особливо несприятливо в нічний час.

Вплив пускових режимів на живильну мережу не обмежується якістю напруги. Великі кидки струму ускладнюють настроювання й умови функціонування релейного захисту.

Виходячи з вищевикладеного матеріалу, можна зробити висновок, що прямий пуск АД і СД має негативні наслідки як для самої машини, яку запускають, так і для живильної мережі.

Непрямий пуск

За існуючих умов пуску основний критерій, який враховують, – припустиме зниження живильної напруги під дією пускового струму. Для реальних електричних мереж необхідно враховувати як цей фактор, так і умови роботи систем захисту. Селективність її роботи з ростом відношення пускового струму до струму короткого замикання знижується. Це досягається установкою живильного трансформатора більшої потужності чи лінії з двома рівнобіжними ланцюгами. Усе це призводить до істотного подорожчання обладнання систем живлення. Однак існує принципово інший шлях вирішення питання, при якому відпадає необхідність завищувати потужність живильних трансформаторів і збільшувати пропускну здатність лінії живлення. Перехід на принципово нові пускові системи, системи непрямого пуску створює реальну перспективу істотного покращання показників надійності СД і електропостачальних мереж.

Непрямий пуск СД складається з двох етапів. Перший, попередній етап непрямого пуску СД, полягає в розгоні ротора знеструмленого СД до підсинхронної чи навіть синхронної частоти обертання за допомогою допоміжного розгінного двигуна. При непрямому пуску СД перетворювальних агрегатів Г–Д кар'єрних екскаваторів як допоміжний розгінний двигун використовують один із генераторів постійного струму, що працює в руховому режимі.

Другий, безпосередній етап пуску СД, починається з моменту, коли двигун обертається із частотою, наближеною до синхронної. Підключення СД до мережі можна здійснити двома методами: самосинхронізацією і точною синхронізацією.

Увімкнення СД методом самосинхронізації здійснюється подачею напруги на обмотку статора при частоті обертання, близької до синхронної, та по закінченні перехідних процесів – подачею струму порушення. Під час підключення до мережі цим методом ковзання, при якому провадять вмикання, звичайно ставлять у залежність від прискорення машини, що вмикається: чим більше прискорення, тим при більшому позитивному ковзанні можна здійснювати увімкнення. При цьому час перехідних процесів не перевищує 1,2 с. Використовуючи систему керування пуском генератора постійного струму, що розкручує СД, можна одержувати як завгодно довго практично синхронну частоту обертання СД. Однак і в цьому випадку неможливо уникнути ударного струму увімкнення, що досягає приблизно таких самих величин, що і під час прямого асинхронного пуску.

Увімкнення СД методом точної синхронізації здійснюють у такий спосіб: попередньо збуджений СД розганяється до синхронної частоти обертання, пускова система впливом на порушення ГПС і СД здійснює точну синхронізацію СД із мережею і ненаголошеною комутацією обмотки статора СД. Отже, останній метод є кращим в експлуатації, однак, схемне рішення цього методу більш складне й дороге, ніж рішення методу пуску СД із самосинхронізацією.

Нині створено більше восьми різновидів пускових систем СД. Залежно від потужності електричних машин, характеристик живильної мережі може бути використано ті чи інші схеми.

Методичні рекомендації щодо виконання роботи

Лабораторний стенд складається зі стола-пульта й електричних машин. Принципову схему стенда наведено на рис. 1.1.

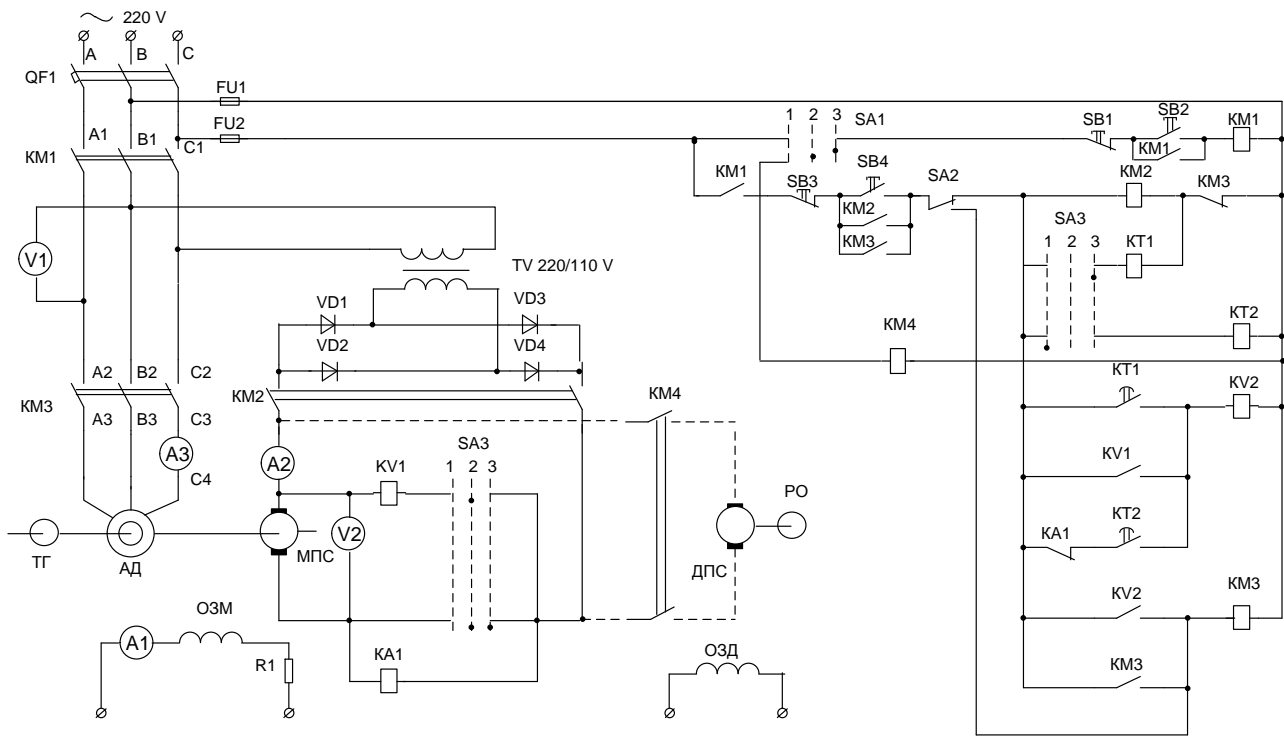


Рисунок 1.1 – Схема електрична принципова системи непрямого пуску АД

Живлення лабораторного станда здійснюється від трифазної мережі змінного струму напругою 220 В. Комутація електрообладнання лабораторного станда з мережею живлення здійснюється автоматичним вимикачем QF1 кола керування, що живляться з виходу автоматичного вимикача QF1 через запобіжники FU1 і FU2. Нульовий захист електрообладнання лабораторного станда реалізований магнітним пускачем KM1, що своїми основними контактами підготовлює до роботи силовий ланцюг, а блок-контактом – коло керування системи полегшеного пуску АД. Живлення котушка магнітного пускача KM1 одержує через універсальний перемикач SA1, нормально замкнений контакт кнопки SB1 і під час натискання кнопки SB2, що KM1 блокує своїм нормально розімкнутим блоком-контактом. Так само одержує живлення знижувальний трансформатор напруги TV і блок випрямлячів VD1–VD4. Залежно від положення тумблера SA2 можна реалізувати прямий і непрямий пуск АД. Під час реалізації прямого пуску котушка магнітного пускача KM3 одержить живлення через замкнений блок-контакт KM1, нормально замкнений контакт кнопки SB3, натиснуту кнопку SB4 і тумблер

SA2, поставлений у положення прямого пуску. Під час спрацьовування КМ3 блокує своїм нормально розімкнутим блок-контактом кнопку SB4 і подає напругу через силові контакти на статор АД. Для зупинки АД необхідно натиснути кнопку SB3, що знеструмить котушку магнітного пускача КМ3 і схема набуде передпускового вигляду.

Реалізацію непрямого пуску АД може бути здійснено у функції часу, струму та ЕРС. Режим вибирають за допомогою універсального перемикача SA3. Під час непрямого пуску котушка магнітного пускача КМ2 одержує живлення через замкнений блок-контакт КМ1, нормально замкнений контакт кнопки SB3, натиснуту кнопку SB4, тумблер SA2, поставлений у положення непрямого пуску, і нормально замкнений блок-контакт КМ3. Під час спрацьовування КМ2 блокує своїм нормально розімкнутим блок-контактом кнопку SB4, а своїми силовими контактами в колі постійного струму подається напруга на МПС. Під час реалізації непрямого пуску АД у функції часу, одночасно з КМ2 одержить живлення через SA3 котушка реле часу КТ1, що з уповільненням, необхідним для розгону МПС до необхідної частоти обертання, замкне свій контакт у колі живлення котушки проміжного реле KV2. Одержавши живлення проміжне реле KV2 замкне свій контакт у ланцюзі живлення котушки магнітного пускача КМ3, що, у свою чергу, подасть живлення на АД, який зашунтує кнопку SB4 і знеструмить своїм нормально замкненим контактом котушку магнітного пускача КМ2, що, у свою чергу, призведе до знеструмлення МПС.

Для виміру і контролю електричних параметрів АД і МПС схема передбачає установку вимірювальних приладів. Напругу мережі вимірюють вольтметром V1, установленим на виході магнітного пускача нульового захисту КМ1. Для виміру струму статора АД у фазовий провід після магнітного пускача КМ3 врізано амперметр А3. Для контролю напруги якоря МПС, паралельно підключено вольтметр V2. Амперметром А2 проводять вимір

струму якiрного ланцюга. Струм, що тече через обмотку збудження МПС, вимiрюють амперметром А1.

Пульт являє собою стандартний металевий короб, у якому розміщено електрообладнання. На лицьовій панелі пульта розташовано органи керування, вимірювальні прилади, реле струму, напруги, часу і принципову схему електрообладнання лабораторного стенда зі світловою індикацією. Реле струму, напруги й часу розміщено на лицьовій панелі для зручності настроювання параметрів системи. Органи керування і вимірювальні прилади мають пояснювальні написи й позначення. Опис обладнання, розміщеного на лицьовій панелі стенда, наведено в табл. 1.1

Електричні машини встановлено на загальній станині, їх вали з'єднані за допомогою жорсткої муфти. Живильні кабелі укладено у тверду пластикову броню. Електричні машини та корпус пульта лабораторного стенда заземлено на загальний контур заземлення лабораторії.

Для проведення роботи із системою пуску АД необхідно подати напругу на лабораторний стенд. Для цього необхідно ручку перемикача УП1, розташованого в нижній частині пульта лабораторного стенда, перевести в крайнє праве положення, що відповідає напису «Стенд 2». Потім необхідно увімкнути автоматичний вимикач АВ1, натиснувши білу пускову кнопку автоматичного вимикача. Після цього натисканням кнопки «Пуск», розташованої поруч з АВ1, подаємо напругу на лабораторний стенд. Наявність напруги визначають вольтметром V1.

Реалізація прямого пуску АД здійснюється під час постановки тумблера вибору режимів пуску в положення «Прямий пуск» і натискання пускової кнопки кнопкового поста керування. Струм статора АД показує амперметр А3, швидкість обертання визначають за тахометром. Для зупинки АД необхідно натиснути «стопову» (червоного кольору) кнопку кнопкового поста керування.

Таблиця 1.1 – Опис функцій органів керування й виміри лабораторного стенда

Позначення на принциповій схемі	Найменування	Виконувані функції	Позначення й написи, що пояснюють, на лицьовій панелі
A1	Амперметр М381 500 мА	Вимір струму МПС	A1 – струм ОЗМ
A2	Амперметр М381 10 А	Вимір струму якірного ланцюга МПС	A2 – струм якірного кола
A3	Амперметр Е377 6,5 А	Вимір фазного струму статора АД	A3 – струм АД
V1	Вольтметр Э365-1 600 V	Вимір лінійної напруги живильної мережі	V1 – напруга мережі
V2	Вольтметр М381 500 V	Вимір напруги якоря МПС	V2 – ЕРС якоря
SB1	Кнопка КЕ-011/2	Вимикання магнітного пускача нульового захисту КМ1	Стоп
SB2	Кнопка КЕ-011/2	Увімкнення магнітного пускача КМ1	Пуск
SB3...4	Кнопковий пост КУ-120	Увімкнення і вимкнення системи пуску АД	
SA1	Універсальний перемикач ПКУ-3	Перемикання електричних машин між лабораторними стендами	УП 0 Стенд1 Стенд2
SA2	Тумблер П-5112	Перемикання режимів прямого й непрямого пуску АД	Прямий пуск Непрямий пуск

Продовження таблиці 1.1

SA3	Універсальний перемикач ПКУ-3	Вибір режимів непрямого пуску в функціях струму, напруги й часу	УП2 f (EPC) f (I _я) f (t)
QF1	Автоматичний вимикач АП-50-16	Подача, зняття напруги на електрообладнання лабораторного стенда, захист від аварійних режимів роботи	AB1

Для реалізації непрямого пуску АД тумблер вибору режиму пуску ставлять у положення «Непрямий пуск». Потім універсальним перемикачем УП2 вибирається режим пуску МПС у функції часу. Запуск системи здійснюють натисканням пускової кнопки кнопочного поста. Після розгону МПС автоматично вимикається та подається напруга на статор АД. Для зупинки АД необхідно натиснути стопову кнопку поста керування. Знеструмлення стенда здійснюють натисканням кнопки «Стоп» і вимиканням автоматичного вимикача АВ1.

Крім електричних машин, до конструкції входять різні комутаційні апарати. Їх функція – керування електричними машинами й захист електроустановки від аварійних режимів роботи. Вибір обладнання проводимо за номінальним значенням струму і напруги найпотужнішого електроприймача лабораторного стенда. У даному лабораторному стенді найпотужнішим електроприймачем є асинхронний двигун з короткозамкненим ротором типу 4АХБ2П100М. За табл. 1.2 беремо значення струму і напруги такими, що дорівнюють $I_n = 14$ А і $U_n = 220$ В. Відповідно, за даними значеннями роблять вибір електричних апаратів.

Таблиця 1.2 – Технічні параметри двигуна 4АХБ2П100М

Р _{ном} , кВт	U _{ном} , У	I _{ном} , А	n _{нгом}	η, %	cosφ	S _{ном} , %	M _{max} /M _{ном}	M _п /M _{ном}	I _п /I _{ном}
4	220/380	15/8,7	1420	84	0,84	5,3	2,2	2	6

Хід роботи

1. Вивчити теоретичний матеріал.
2. Ознайомитися з принциповою схемою стенда.
3. Вивчити розташування органів керування, що знаходяться на лицьовій панелі стенда.
4. З дозволу викладача здійснити запуск двигуна.
5. Розрахувати значення параметрів обладнання.

Зміст звіту

1. Титульна сторінка.
2. Мета та програма роботи.
3. Принципова схема системи непрямого пуску АД.
4. Розрахунок і вибір електрообладнання схеми.
5. Висновок до роботи.

Контрольні питання

1. Дайте класифікацію систем непрямого запуску.
2. У яких галузях промисловості застосовують вивчену вами систему?
3. Розкажіть про порядок роботи зі стендом.
4. Яке додаткове обладнання необхідно для реалізації систем непрямого запуску?
5. Переваги та економічна ефективність систем непрямого запуску.

Література: [10, с. 32–60, 138–191].

Лабораторна робота № 2

Тема. Дослідження системи непрямого пуску у функції струму приводного двигуна системи Г-Д

Мета: вивчення системи непрямого пуску у функції струму приводного двигуна системи Г-Д (АД чи СД).

Короткі теоретичні відомості

Короткі теоретичні відомості до лабораторної роботи № 2 наведено в лабораторній роботі № 1 даних методичних вказівок.

Методичні рекомендації щодо виконання роботи

Реалізацію непрямого пуску АД може бути здійснено у функції часу, струму і ЕРС. Режим вибирають за допомогою універсального перемикача SA3 (рис. 1.1). При непрямому пуску котушка магнітного пускача KM2 одержує живлення через замкнений блок-контакт KM1, нормально замкнений контакт кнопки SB3, натиснуту кнопку SB4, тумблер SA2, поставлений у положення непрямого пуску, і нормально замкнений блок-контакт KM3. Під час спрацьовування KM2 блокує своїм нормально розімкнутим блок-контактом кнопку SB4, а своїми силовими контактами у колі постійного струму подається напруга на ГПС.

Для реалізації непрямого пуску АД у функції струму якірного кола МПС, крім реле струму KA1, вводимо в коло керування ще одне реле часу KT2. У цьому режимі універсальним перемикачем SA2 підготуємо коло живлення котушки реле часу KT2 і знімаємо шунт з котушки реле струму KA1, встановленого в якірному коло МПС. Наявність реле часу KT2 зумовлюється тим, що в перший момент подачі напруги до якірного кола МПС реле струму ще не спрацьовує і за відсутності нормально розімкнутого контакту KT2, послідовно ввімкненого після нормально замкнутого контакту KA1, призвело б до передчасного спрацьовування проміжного реле KV2. Тому в момент пуску МПС реле струму ще не спрацювало, а реле часу KT2 почало з уповільненням замикає свій контакт у колі живлення котушки проміжного реле часу KV2. У

наступний момент часу під дією пускового струму спрацьовує струмове реле КА1 і розмикає свій контакт у колі живлення KV2. У наступний момент часу замикається контакт реле часу KT2, що підготує коло живлення котушки проміжного реле KV2. При зниженні струму якірного кола до сталого значення реле струму КА1 вимкнеться і подасть напругу своїм нормально замкненим контактом на котушку проміжного реле KV2, що, у свою чергу, приведе до ввімкнення магнітного пускача KM3. Зупинку системи непрямого пуску здійснюють натисканням стопової кнопки SB3. Відключення електрообладнання лабораторного стенда здійснюють натисканням кнопки аварійної зупинки SB1, яка знімає струм з котушки магнітного пускача нульового захисту KM1, і вимиканням автоматичного вимикача QF1.

Для виміру і контролю електричних параметрів АД і МПС схема передбачає установку вимірювальних приладів. Напругу мережі вимірюють вольтметром V1, установленим на виході магнітного пускача нульового захисту KM1. Для виміру струму статора АД у фазовий провід після магнітного пускача KM3 врізано амперметр А3. Для контролю напруги якоря МПС, паралельно підключено вольтметр V2. Амперметром А2 проводять вимір струму якірного кола. Струм, що тече через обмотку збудження МПС, вимірюють амперметром А1.

Хід роботи

1. Вивчити теоретичний матеріал.
2. Ознайомитися з принциповою схемою стенда.
3. Вивчити розташування органів керування, що знаходяться на лицьовій панелі стенда.
4. З дозволу викладача здійснити запуск двигуна.
5. Розрахувати значення параметрів обладнання.

Зміст звіту

1. Титульна сторінка.
2. Мета та програма роботи.

3. Принципова схема системи непрямого пуску АД.
4. Розрахунок і вибір електрообладнання схеми.
5. Висновок до роботи.

Контрольні питання

1. Які недоліки прямого пуску АД?
2. У яких галузях промисловості застосовують вивчену вами систему?
3. Розкажіть про порядок роботи зі стендом.
4. У чому особливість непрямого пуску у функції струму приводного двигуна системи Г-Д?
5. Які умови вибору способу пуску АД?

Література: [10, с. 32–60, 138–191].

Лабораторна робота № 3

Тема. Дослідження системи непрямого пуску у функції ЕРС приводного двигуна системи Г-Д

Мета: вивчення системи непрямого пуску у функції ЕРС приводного двигуна системи Г-Д (АД чи СД).

Короткі теоретичні відомості

Короткі теоретичні відомості до лабораторної роботи № 3 наведено в лабораторній роботі № 1 даних методичних вказівок.

Методичні рекомендації щодо виконання роботи

Реалізація непрямого пуску АД може бути зроблена у функції часу, струму та ЕРС. Режим вибирають за допомогою універсального перемикача SA3 (рис. 1.1). Під час непрямого пуску котушка магнітного пускача КМ2 одержує живлення через замкнений блок-контакт КМ1, нормально замкнений контакт кнопки SB3, натиснуту кнопку SB4, тумблер SA2, поставлений у положення непрямого пуску, і нормально замкнений блок-контакт КМ3. Під час спрацьовування КМ2 блокує своїм нормально розімкнутим блок-контактом кнопку SB4, а своїми силовими контактами у колі постійного струму подає напругу на МПС.

Під час реалізації непрямого пуску АД у функції ЕРС універсальним перемикачем SA3 паралельно якорю МПС вмикається реле напруги KV1. Під час пуску МПС спада напруги на якорі уповільнюється пропорційно до швидкості розгону і під час виходу на необхідну частоту обертання має сталі значення. Відповідно під час розгону МПС напруга на щітках якоря буде зростати до сталого значення, на яке настроєне реле напруги KV1. Під час спрацьовування KV1 своїм нормально замкненим контактом подасть напругу на котушку реле KV2, що, у свою чергу, подасть напругу на котушку магнітного пускача КМ3.

Для виміру і контролю електричних параметрів АД і МПС схема передбачає установку вимірювальних приладів. Напругу мережі вимірюють

вольтметром V1, установленим на виході магнітного пускача нульового захисту КМ1. Для виміру струму статора АД у фазовий провід після магнітного пускача КМ3 врізано амперметр А3. Для контролю напруги якоря МПС паралельно підключено вольтметр V2. Амперметром А2 проводять вимір струму якійного кола. Струм, що тече через обмотку збудження МПС, вимірюють амперметром А1.

Електричні машини встановлено на загальній станині, їх вали з'єднано за допомогою жорсткої муфти. Живильні кабелі укладено у тверду пластикову броню. Електричні машини та корпус пульта лабораторного стенда заземлено на загальний контур заземлення лабораторії.

Для проведення роботи із системою пуску АД необхідно подати напругу на лабораторний стенд. Для цього необхідно ручку перемикача УП1, розташованого в нижній частині пульта лабораторного стенда, перевести в крайнє праве положення, що відповідає напису «Стенд 2». Потім необхідно ввімкнути автоматичний вимикач АВ1, натиснувши білу пускову кнопку автоматичного вимикача. Після цього натисканням кнопки «Пуск», розташованої поруч з АВ1, подаємо напругу на лабораторний стенд. Наявність напруги визначають вольтметром V1.

Для реалізації непрямого пуску АД тумблер вибору режиму пуску ставлять в положення «Непрямий пуск». Потім універсальним перемикачем УП2 вибирають режим пуску МПС у функції ЕРС. Запуск системи здійснюють натисканням пускової кнопки кнопкової поста. Після розгону МПС автоматично відключається та подається напруга на статор АД. Для зупинки АД необхідно натиснути стопову кнопку поста керування. Знеструмлення стенда здійснюється натисканням кнопки «Стоп» і вимиканням автоматичного вимикача АВ1.

Хід роботи

1. Вивчити теоретичний матеріал.
2. Ознайомитися з принциповою схемою стенда.

3. Вивчити розташування органів керування, що знаходяться на лицьовій панелі стенда.

4. З дозволу викладача здійснити запуск двигуна.

5. Розрахувати значення параметрів обладнання.

Зміст звіту

1. Титульна сторінка.

2. Мета та програма роботи.

3. Принципова схема системи непрямого пуску АД.

4. Розрахунок і вибір електрообладнання схеми.

5. Висновок до роботи.

Контрольні питання

1. Укажіть, які існують вимоги до пускових систем?

2. У яких галузях промисловості застосовують вивчену вами систему?

3. Розкажіть про порядок роботи зі стендом.

4. У чому особливість непрямого пуску у функції ЕРС приводного двигуна системи Г-Д?

5. Які існують етапи непрямого пуску АД?

Література: [10, с. 32–60, 138–191].

Лабораторна робота № 4

Тема. Дослідження роботи системи ТПН-АД за допомогою комп'ютеризованого вимірювального комплексу на базі ADC 16-32

Мета: вивчити можливості використання комп'ютеризованого вимірювального комплексу на базі ADC 16-32 для дослідження роботи системи ТПН-АД.

Короткі теоретичні відомості

Одним з найважливіших напрямів наукової роботи в галузі автоматизованого електропривода є розроблення принципів побудови та використання вимірювально-діагностичних комплексів (ВДК). Дані комплекси використовують у таких сферах, як розроблення систем динамічного навантаження, створення систем діагностики параметрів електричних машин, дослідження способів покращання пускових характеристик та ін. Комп'ютеризовані комплекси дозволяють ефективно досліджувати статичні та динамічні характеристики розімкнутих і замкнутих систем електропривода.

Установка складається з двох електромашинних агрегатів, що включають АД і навантажувальну машину постійного струму; тиристорний перетворювач напруги (ТПН); систему імпульсно-фазного керування (СІФК), яка формує імпульси керування для тиристорного комутатора; персональний комп'ютер з платою АЦП; блок датчиків електричних величин; блок гальванічної розв'язки.

Компоновку системи керування ТПН (рис. 4.1) спроектовано, виходячи з необхідності досягнення максимальної гнучкості та універсальності системи керування електроприводом. СІФК побудовано на базі програмованої логічної інтегральної схеми (ПЛІС) і програмованого мікроконтролера (МК), що припускають внутрішньосхемне програмування та налагодження. За необхідності плата керування припускає використання для формування імпульсів керування або лише мікроконтролер, або лише ПЛІС, або одночасне використання обох елементів.

Асинхронний двигун М1 типу АОЛ-126УЗ (таблиця 4.1) підключено до живильної мережі через трансформатор і силовий модуль тиристорного

перетворювача напруги (ТПН), складеного на тиристорах. Вимірювальні трансформатори струму і напруги знаходяться в блоці датчиків (БД), підключеному до обмоток статора М1. Як навантажувальну машину (М2), використовують двигун постійного струму 2ПБ, що має вбудований тахогенератор G. Керування тиристорним перетворювачем напруги виконує мікроконтролер (МК) PIC16F877. Керування пуском і останком АД здійснюють шляхом подачі з паралельного порту ПЕОМ сигналів керування на плату мікроконтролера.

Таблиця 4.1 – Технічні параметри двигуна

$P_{\text{ном}},$ кВт	$U_{\text{ном}},$ У	$\eta,$ %	$\cos\varphi$	$S_{\text{ном}},$ %	$M_{\text{мах}}/M_{\text{ном}}$	$M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}$	p
0,55	220/380	68,5	0,7	8,5	2,2	2	2

Схему електричну принципову силового каналу та кіл керування зображено на рис. 4.2. Живлення силової схеми та трифазного асинхронного короткозамкнутого двигуна здійснюється через трифазний трансформатор напруги. Як силові елементи, включені у статорне коло двигуна, використовують тиристири в сполученні з релейно-контактними апаратами в колі керування. Тиристири VS1–VS6 виконують роль силових комутаторів і, крім того, дозволяють здійснювати необхідний темп зміни напруги статорної обмотки двигуна шляхом регулювання кута відкриття тиристорів.

Під час безперервної зміни кута вмикання тиристорів у процесі пуску так, щоб прикладена до статора напруга змінювалася від нуля до номінального значення, можна обмежувати струми та моменти двигуна.

Автоматичний вимикач QF1 призначено для комутації напруги живлення до силових кіл. Вимірювальний комплект К-50, включений до силового кола, дозволяє виконувати вимірювання потрібних величин під час роботи двигуна. Для випадку, коли виникає потреба приєднати двигун безпосередньо до мережі живлення, використовують магнітний пускач КМ1, що своїми контактами

шунтує силові тиристори VS1–VS6. Подача імпульсів керування тиристорами від системи керування (СУ) здійснюється через зовнішній роз'єднувач.

Автоматичним вимикачем QF2 SA виконують підключення нульового проводу трансформатора до нульового проводу з'єднання обмоток. У кожній фазі силового кола двигуна ввімкнено вимірювальні датчики струму ТА1–ТА3 і напруги TV1–TV3.

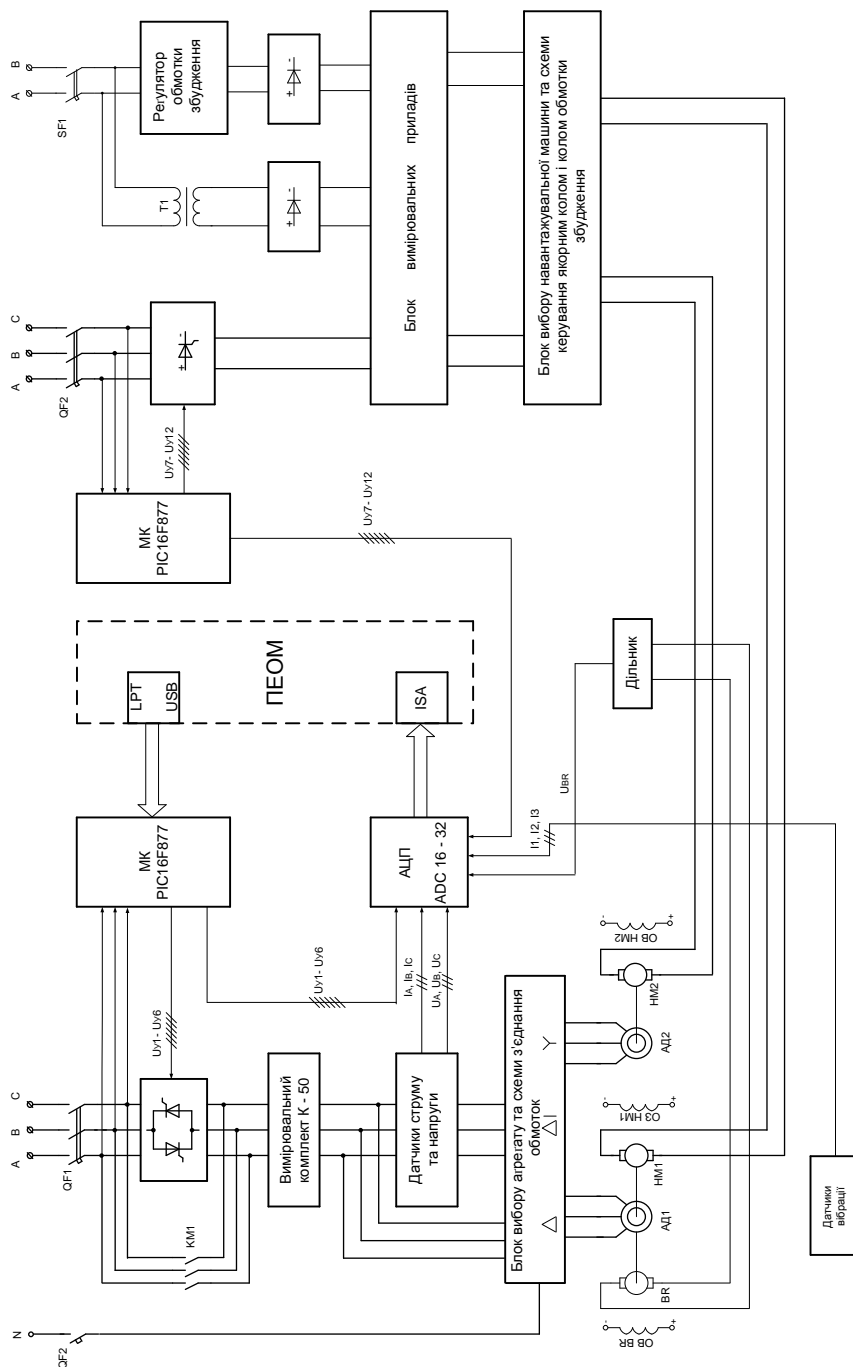


Рисунок 4.1 – Функціональна схема лабораторної установки

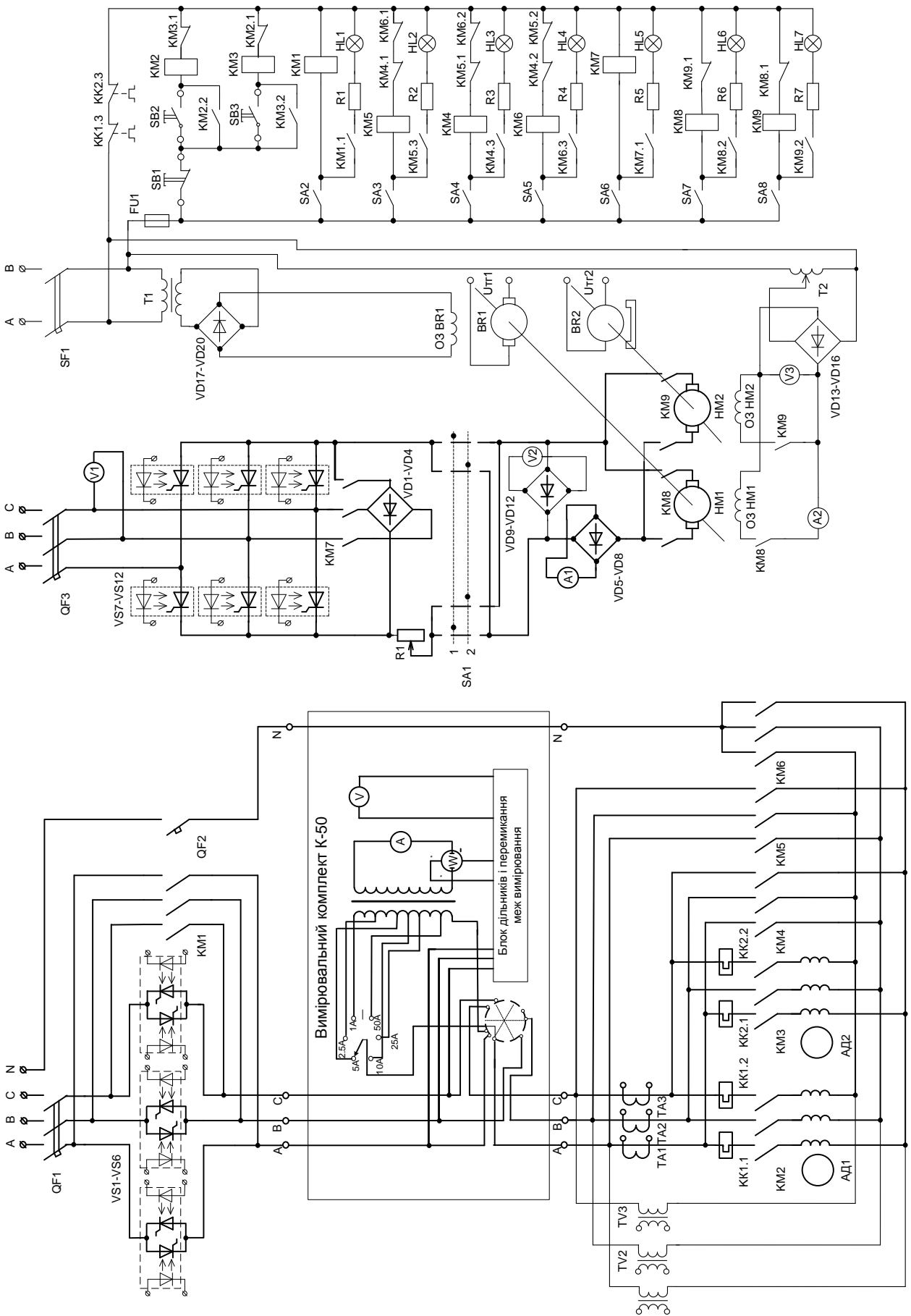


Рисунок 4.2 – Електрична принципова схема лабораторної установки

Вихідні сигнали з датчиків струму і напруги надходять на плату АЦП через зовнішнє роз'єднання. Для вимірювання частоти обертання АД на його валу розміщено тахогенератор BR.

Як навантажувальну машину використовують двигун постійного струму незалежного збудження. Живлення електричної машини здійснюється від мережі змінного струму через тиристорний перетворювач напруги (ТПН) або випрямний міст. У ТПН вентилі VS7-VS12 виконують роль електричних ключів, що пропускають струм під час незначного спаду напруги протягом провідної частини періоду.

Регулювання напруги здійснюють шляхом зміни тривалості роботи вентиля протягом провідної частини періоду. Автоматичний вимикач QF3 виконує комутацію силових кіл електричної машини. Автоматичний вимикач SF1 забезпечує комутацію напруги живлення до кіл керування асинхронного двигуна та навантажувальної машини, живить обмотки збудження навантажувальної машини через ЛАТР L1, а також тахогенератора через трансформатор T1.

Керування двигуном здійснюється командоконтролером SA1, що має два положення. Під час переведення рукоятки командоконтролера в положення «1» задається руховий режим роботи, під час перемикання у положення «2» – режим гальмування противмиканням, при якому слідом за гальмуванням виконується пуск двигуна у зворотному напрямку. Для вимірювання значень сили струму і напруги в колі обмотки збудження та якірному колі двигуна використовують стрілкові амперметри та вольтметри.

Для запуску асинхронного двигуна без використання квазічастотного керування підготовку схеми виконують з дотриманням певної послідовності. Вимикач SA2 переводиться в положення «Увімкнено», одержує живлення котушка магнітного пускача KM1, замикаються силові контакти KM1, шунтуючи ТРН, і статор двигуна підключається до живильної мережі. Обмотки статора асинхронного двигуна може бути з'єднано зіркою або трикутником.

Для підключення обмоток статора за схемою «зірка» необхідно перемкнути вимикач SA5 у положення «увімкнено», тоді одержує живлення котушка магнітного пускача KM6, розмикаються нормально-замкнуті блок-контакти KM6.1 і KM6 у колах живлення котушок KM5 і KM4, виконуючи електричне блокування від неправильних вмикань, а також замикається нормально розімкнутий контакт KM6.3 у колі світлової індикації. Одночасно в силовому колі замикаються силові контакти KM6, з'єднуючи обмотки статора зіркою. Після підключення схеми натискають пускову кнопку SB2. При цьому напруга живлення надходить на котушки магнітного пускача KM2, розмикається нормально замкнутий блок-контакт KM2.1, блокуючи котушку магнітного пускача KM3 від увімкнення. Нормально розімкнутий контакт KM2.2 шунтує кнопку SB2. Замикаються силові контакти KM2, і відбувається запуск двигуна.

При схемі з'єднання зіркою датчики струму вимірюють фазні струми кожної фази статора асинхронного двигуна. Під час натискання кнопки SB1 розмикаються силові контакти KM2 і двигун зупиняється. Для приведення схеми у вихідне положення встановлюють перемикач SA5 у положення «Вимкнено».

З'єднання обмоток статора АД трикутником виконують шляхом перемикач SA3 у положення «увімкнено», при цьому живлення надходить на котушку магнітного пускача KM5, розмикаються нормально замкнуті блок-контакти KM5.1 та KM5.2, виконуючи електричне блокування від неправильних вмикань. Замикаються силові контакти KM5, утворюючи схему з'єднання обмоток статора трикутником. Подальший запуск АД відбувається аналогічно до запуску для схеми з'єднання обмоток зіркою. Датчики струму при такій схемі з'єднання вимірюють лінійні струми в кожній фазі статора двигуна.

Для вимірювання фазних струмів статора асинхронного двигуна при з'єднанні обмоток трикутником потрібно встановити перемикач SA4 у

положення «увімкнено». Котушка магнітного пускача КМ4 одержує живлення, розмикаються нормально замкнуті блок-контакти КМ4.1 і КМ4.2, виконуючи блокування від неправильного вмикання. Замикаються силові контакти, КМ4 і подальший запуск двигуна виконується аналогічно. Пускову кнопку SB2 призначено для запуску іншого досліджуваного двигуна.

Для запуску навантажувальної машини необхідно вимикач SA7 переключити в положення «увімкнено», при цьому одержує живлення котушка магнітного пускача КМ8, розмикається нормально замкнутий контакт КМ 8.1 у колі живлення котушки КМ9, виконуючи блокування від неправильних вмикань. У силовій частині замикаються силові контакти КМ8. Після цього переводять вимикач SA6 у положення «увімкнено», одержує живлення котушка магнітного пускача КМ7, замикаючи силові контакти в колі випрямного моста VD1–VD4 і відбувається запуск двигуна.

Методичні рекомендації щодо виконання роботи

Під час роботи з лабораторним стендом необхідно дотримуватись такої послідовності підключення:

1. Перед умиканням автоматичних вимикачів QF1, QF2, QF3, SF1 потрібно пересвідчитись, що вимикачі SA2–SA8 вимкнено.

2. Умиканням автоматичного вимикача SF1 подається напруга живлення до кола керування.

3. Вимикачами SA3–SA5 здійснюється вибір схеми з'єднання обмоток статора асинхронного двигуна:

– SA3 – з'єднує обмотки статора за схемою « Δ » з вимірюванням лінійних струмів;

– SA4 – з'єднує обмотки статора за схемою « Δ » з вимірюванням фазних струмів;

– SA5 – з'єднує обмотки статора за схемою «Y» з вимірюванням фазних струмів.

4. Вимикачами SA7, SA8 вибирають потрібну навантажувальну машину НМ1 або НМ2, відповідно.

5. Вимикачем SA9 вибирають датчик швидкості електромашинного агрегата:

- угору – для АД1 і НМ1;
- униз – для АД2 і НМ2.

6. У разі необхідності проведення досліджень схем з нульовим проводом вмикають автоматичний вимикач QF2.

7. Вимикачем SA1 вибирають напрямок обертання навантажувальної машини:

- положення 1 – напрямок обертання, протилежний до обертання АД;
- положення 2 – напрямок обертання збігається з напрямком обертання АД.

8. Для подачі напруги живлення на силові контакти магнітних пускачів, що вмикають двигуни, слід увімкнути автоматичні вимикачі QF1 і QF3.

9. Для запису даних, що надходять з датчиків до пам'яті ПЕОМ, слід підключити інформаційний кабель від плати АЦП до роз'єднувача XS4.

10. Порядок роботи без використання системи імпульсно-фазового керування.

Послідовність увімкнення асинхронного двигуна:

– умикають вимикач SA2, який виконує шунтування тиристорного перетворювача напруги;

– натисканням на кнопки SB2–АД1 або SB3–АД2 здійснюють запуск відповідного двигуна.

– за допомогою кнопки SB1 здійснюють зупинку двигуна.

Порядок увімкнення навантажувальної машини:

– попередньо, за допомогою вимикачів SA7, SA8, має бути вибрано навантажувальну машину;

– далі необхідно перевірити за допомогою амперметра А2 значення струму обмотки збудження.

– якщо амперметр показує наявність струму, то можна вмикати навантажувальну машину вимикачем SA6, подаючи напругу до кола якоря навантажувальної машини.

11. Порядок роботи із системою імпульсно-фазового керування.

Увімкнення асинхронного двигуна.

– підключити систему імпульсно-фазового керування до роз'єднувача XS2 і перевірити, щоб вимикач SA2 було вимкнено;

– за допомогою кнопок «Частота +», «Частота –», «Кут α +», «Кут α –» установити необхідні параметри для роботи тиристорного перетворювача напруги;

– кнопками SB2 і SB3 увімкнути потрібний двигун.

– натиснувши на кнопку «Пуск» або «Стоп» системи імпульсно-фазового керування, запустити або зупинити асинхронний двигун.

Увімкнення навантажувальної машини:

– підключити систему імпульсно-фазного керування до роз'єднувача XS3;

– перевірити за амперметром А2 наявність струму НМ;

– за допомогою кнопок на блоці системи імпульсно-фазового керування «Кут α +», «Кут α » установити необхідні параметри роботи тиристорного перетворювача;

– натиснути на кнопку «Пуск» для запуску, або кнопку «Стоп» для зупинки навантажувальної машини.

Вимірювання частоти обертання АД

Для вимірювання частоти обертання на валу АД розміщено тахогенератор BR. Напруга тахогенератора вимірюється вольтметром V4. Як навантажувальну машину, використовують двигун постійного струму незалежного збудження. Навантажувальну машину підключено до живильної

мережі через тиристорний перетворювач напруги. Її вмикання здійснюють за допомогою вимикачів SA7–SA8.

Комутація силових кіл здійснюється автоматичним вимикачем QF3. Регулювання напруги обмотки збудження двигуна постійного струму здійснюється за допомогою ЛАТР L1. Перемикачем SA1 вибирається режим роботи навантажувальної машини. Для вимірювання значень сили струму і напруги в якірному колі та в обмотці збудження двигуна використовують стрілкові амперметри A1, A2 і вольтметри V2, V3. У лабораторному стенді є захист від короткого замикання та від перевантаження. Передбачено також світлову індикацію режимів роботи.

Робота з програмним забезпеченням (підготовка стенда до роботи, реєстрація даних).

Інструкція для користувача щодо роботи з програмою:

1. Перед увімкненням комп'ютера слід переконатися, що всі роз'єднання підключено та надійно зафіксовано, що дотримано всіх вимог техніки безпеки.
2. Після вмикання комп'ютера і завершення його самотестування з меню менеджера завантаження вибрати операційну систему MS–DOS.
3. У файловому менеджері (наприклад: VC, або NC) установити поточний каталог C:\ADC, у якому розміщуються файли програми керування АЦП, а також конфігураційні файли та файли настроювання. Для роботи програми необхідні файли ADC.EXE та ADC.INI. Структуру і правила заповнення конфігураційного файла ADC.INI наведено далі по тексту.
4. Переконатися, що всі необхідні комутації на стенді виконано коректно, вибрано необхідні режими роботи АД.
5. Запустити програму, дочекатися закінчення її роботи. Усі етапи виконання вимірювання відображуються у вигляді повідомлень на екрані монітора.

Алгоритм роботи програмного забезпечення вимірювально-діагностичного комплексу зображено на рис. 4.3.

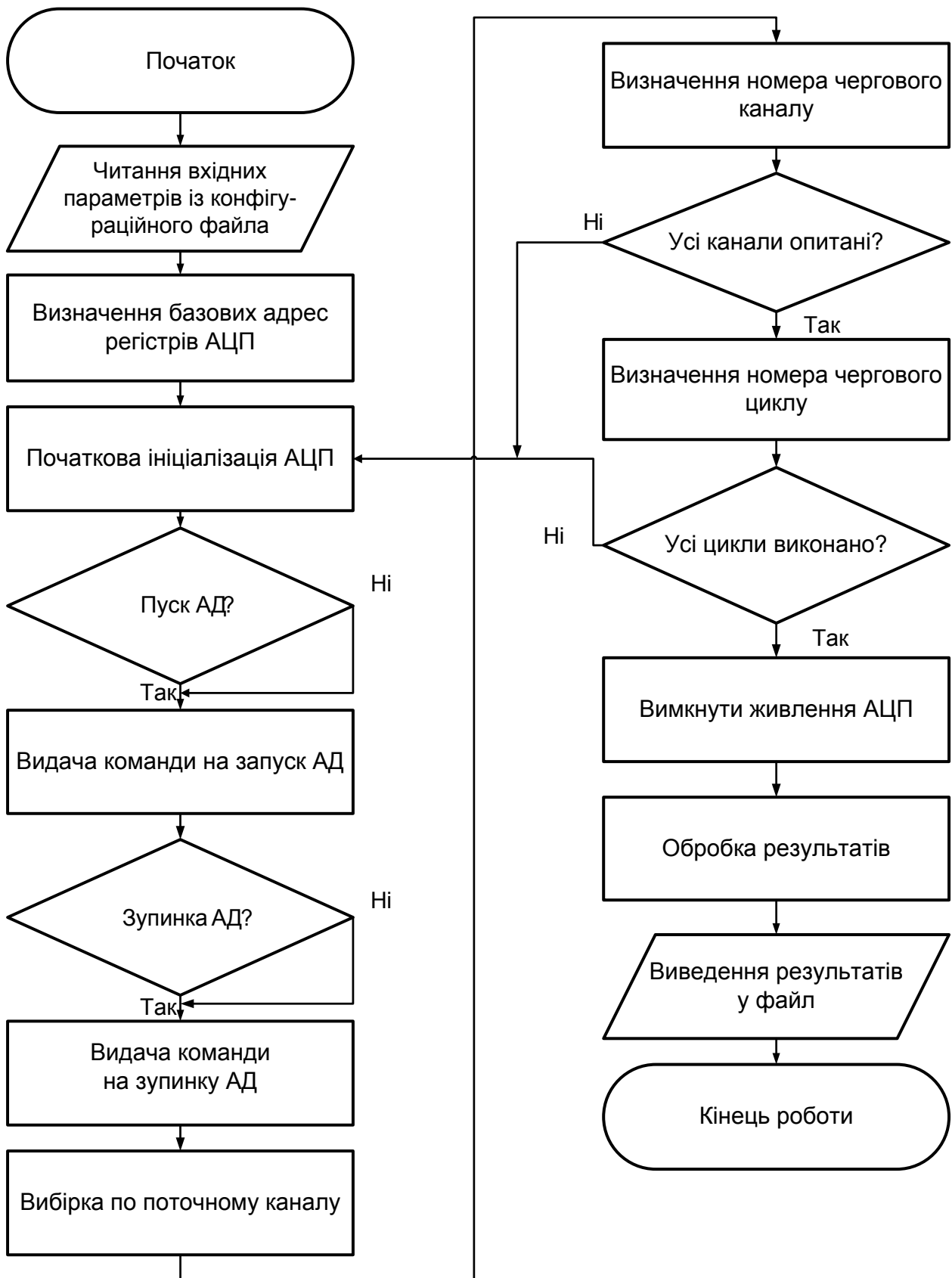
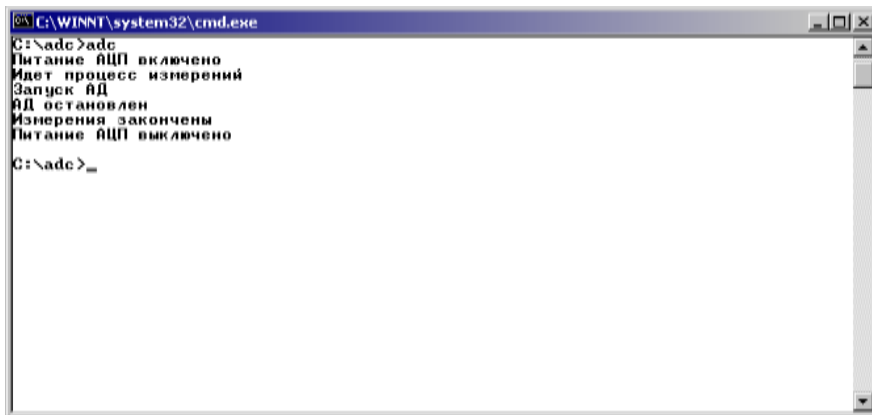


Рисунок 4.3 – Алгоритм роботи програмного забезпечення вимірювально-діагностичного комплексу



```
C:\WINNT\system32\cmd.exe
C:\adc>adc
Питання АЦП включено
Мдет процесс измерений
Запуск АД
АД остановлен
Измерения закончены
Питание АЦП выключено
C:\adc>
```

Рисунок 4.4 – Вигляд екрана після закінчення роботи програми

На рис. 4.4 зображено вигляд екрана після успішного закінчення роботи програми. У випадку виникнення помилок на екран виводяться відповідні повідомлення. Програма тестує коректність можливості розміщення даних у пам'яті й правильність заповнення конфігураційного файлу.

6. У результаті роботи програми формуються два файли – двійковий службовий файл з результатами вимірів, збережений у каталозі, зазначеному в розділі DATA_FILE конфігураційного файлу ADC.INI, і текстовий файл, збережений у каталозі, зазначеному в командному рядку RESULT_FILE конфігураційного файлу ADC.INI. Для подальшого оброблення використовують саме текстовий файл.

7. Якщо виконують декілька послідовних вимірювань, необхідно забезпечити збереження отриманих результатів поточного експерименту перед повторним запуском програми. Це можна зробити одним з двох способів:

- перейменувати текстовий файл (RESULT_FILE). Наприклад, файл test.txt перейменувати в test1.txt, після подальшого запуску програми – у test2.txt і т. д.

- перед повторним запуском програми відредагувати конфігураційний файл ADC.INI, змінивши розділ RESULT_FILE.

Попередження! Без необхідності не слід перезавантажувати або вмикати-вимикати комп'ютер при поданій на тиристорний перетворювач напрузі живлення. Це може призвести до несанкціонованого запуску АД.

Хід роботи

1. Вивчити теоретичний матеріал.
2. Ознайомитися з принциповою схемою стенда.
3. Вивчити розташування органів керування, що знаходяться на лицьовій панелі стенда.
4. З дозволу викладача здійснити запуск двигуна та вимірювального комплексу.
5. Записати текстовий файл характеристики пуску двигуна.
6. Оформити звіт.

Зміст звіту

1. Назва та мета лабораторної роботи.
2. Схема лабораторної установки.
3. Результати роботи програми на базі плати ADC 16-32.
4. Висновки до роботи.

Контрольні питання

1. Опишіть призначення органів керування і порядок увімкнення лабораторного стенда.
2. Які ви знаєте плати АЦП?
3. У чому відмінність між інтерфейсами плат АЦП?
4. Які існують методи оброблення текстових файлів з даними перехідних процесів ЕП?
5. Переваги та недоліки плати ADC 16-32.

Література: [5, с. 87–132; 7, с. 178–194].

Лабораторна робота № 5

Тема. Дослідження мікропроцесорної системи керування непрямим пуском двигуна системи Г-Д

Мета: вивчити можливості використання в системі керування непрямим пуском двигуна системи Г-Д мікроконтролерів PICmicro.

Короткі теоретичні відомості

При існуючих умовах пуску основний критерій, що враховують, – допустиме зниження живильної напруги під дією пускового струму. Для реальних електричних мереж необхідно враховувати як цей чинник, так і умови роботи систем захисту. Селективність її роботи зі збільшенням відношення пускового струму до струму короткого замикання знижується. Це досягається установкою живильного трансформатора більшої потужності чи лінії із двома рівнобіжними колами. Усе це приводить до істотного подорожчання обладнання систем живлення. Однак існує принципово інший шлях вирішення питання, при якому відпадає необхідність завищувати потужність живильних трансформаторів і збільшувати пропускну здатність лінії живлення. Перехід на принципово нові пускові системи, системи непрямого пуску, створює реальну перспективу істотного покращення показників надійності СД і електропостачальних мереж.

Непрямий пуск СД складається з двох етапів. Перший, попередній етап непрямого пуску СД полягає в розгоні ротора знеструмленого СД до підсинхронної чи навіть синхронної частоти обертання за допомогою допоміжного розгінного двигуна. Під час непрямого пуску СД перетворювальних агрегатів Г–Д кар’єрних екскаваторів як допоміжний розгінний двигун використовують один з генераторів постійного струму, що працює в руховому режимі.

Другий, безпосередній етап пуску СД, починається з моменту, коли двигун обертається із частотою, наближеною до синхронної. Підключення СД

до мережі можна здійснити двома методами: самосинхронізацією і точною синхронізацією.

Увімкнення СД методом самосинхронізації здійснюється подачею напруги на обмотку статора при частоті обертання, наближеній до синхронної, і по закінченні перехідних процесів – подачею струму порушення. При підключенні до мережі цим методом ковзання, при якому проводять увімкнення, зазвичай ставлять у залежність від прискорення машини, що вмикають: чим більше прискорення, тим при більшому позитивному ковзанні можна проводити увімкнення. При цьому час перехідних процесів не перевищує 1,2 с. Використовуючи систему керування пуском генератора постійного струму, що розкручує СД, можна одержувати як завгодно довго практично синхронну частоту обертання СД. Однак і в цьому випадку неможливо уникнути ударного струму увімкнення, що набуває приблизно таких самих величин, що і під час прямого асинхронного пуску.

Увімкнення СД методом точної синхронізації здійснюється в такий спосіб: попередньо збуджений СД розганяється до синхронної частоти обертання, пускова система впливом на порушення ГПТ і СД здійснює точну синхронізацію СД із мережею і ненаголошеною комутацією обмотки статора СД. Отже, останній метод є кращим в експлуатації, однак, схемне вирішення цього методу більш складне й дороге, ніж вирішення методу пуску СД із самосинхронізацією.

Нині створено більше восьми різновидів пускових систем СД. Залежно від потужності електричних машин, характеристик живильної мережі можуть бути використано ті чи інші схеми.

Одним із сучасних шляхів подолання недоліків релейно-контакторної системи керування є перехід до використання систем керування, виконаних на основі перепрограмувальних мікроконтролерів серії PIC (Peripheral Interface Controller). Ці інтегральні схеми з нескладними математичними обчисленнями

здатні здійснювати введення-виведення сигналів з великою швидкістю, мають низьке енергоспоживання і розвинуту периферією.

40-вивідні FLASH CMOS мікроконтролери PIC16F877 входять до складу поширеного сімейства PICmicro PIC16F8xx. Мікроконтролери цього сімейства мають 8-розрядну, високопродуктивну і цілком статичну RISC (Reduced Instruction Set Computer) архітектуру, виготовляються фірмою Microchip Technology. Це сімейство мікроконтролерів вирізняється невисокою вартістю, низьким енергоспоживанням і високою швидкістю. PIC16F877 мають 8-рівневий апаратний стек і велику кількість внутрішніх і зовнішніх переривань.

Мікроконтролери PIC16F8xx мають три види пам'яті. Пам'ять програм і пам'ять даних мають роздільні шини даних і адреси, що дозволяє виконувати рівнобіжний доступ. Мікроконтролери мають убудований електрично перепрограмувальний постійний запам'ятовувальний пристрій (ЕППЗП) програми, оперативний запам'ятовувальний пристрій (ОЗП) даних і випускаються у 40 вивідних корпусах. PIC OTP (One-time programmable) – це однократно програмувальні користувачем контролери, призначені для цілком відтестованих і завершених виробів, у яких не буде відбуватися подальших змін коду внутрішньої програми. Ці контролери випускають у дешевих пластикових корпусах з попередньо заданим типом зовнішнього генератора – кварцовим чи RC. Для налагодження програм і макетування випускають варіант мікроконтролерів з ультрафіолетовим стиранням. Ці контролери допускають велику кількість циклів запису/стирання і мають незначний час стирання (зазвичай 1–2 хвилини). Однак ціна таких контролерів істотно вища, ніж одноразово програмувальних, тому їх не вигідно встановлювати в серійну продукцію. Для виробів, програма яких може мінятися в процесі експлуатації, або містить які-небудь змінні частини, таблиці, параметри калібрування, ключі й т. д., випускають перепрограмувальні контролери з електричним стиранням –

PIC16F877. Вони також містять електрично перепрограмувальні постійні запам'ятовувальні пристрої (ПЗП) даних.

Сімейство зазначених контролерів досить велике. Орієнтуючись на функції керування, що має виконувати процесор, найкраще підійде контролер PIC16F877. Цей кристал має пам'ять програм, що стирається електрично (або «Flash»). Це 8-розрядний мікроконтролер з RISC архітектурою.

Конструктивні особливості мікроконтролерів PIC16F877 дозволяють скоротити число зовнішніх компонентів, що, у свою чергу, знижує вартість кінцевого пристрою, підвищує надійність системи і зменшує енергоспоживання. Додаткову гнучкість у розробках дає широкий вибір режимів роботи тактового генератора: ER – генератор, найбільш дешево вирішення; LP – генератор, що мінімізує споживаний струм; XT – генератор для підключення стандартного резонатора; INTRC внутрішній RC генератор; HS – генератор для високошвидкісних режимів роботи.

Енергозберігаючий режим SLEEP дозволяє ефективно використовувати ці мікроконтролери в пристроях із живленням від акумуляторів чи батарейок. Вихід з режиму SLEEP відбувається під час виникнення зовнішніх і деяких внутрішніх переривань і скидання мікроконтролера.

Мікроконтролери PIC16F8xx мають убудований сторожовий таймер WDT, що працює від окремого RC генератора та не вимагає зовнішніх компонентів. Це дозволяє працювати сторожовому таймеру WDT при вимкненому тактовому генераторі (виводи OSC1, OSC2) у SLEEP режимі мікроконтролера. У нормальному режимі роботи під час переповнення WDT відбувається скидання мікроконтролера. Якщо мікроконтролер перебуває в SLEEP режимі, переповнення WDT виводить його з режиму SLEEP із продовженням нормальної роботи. WDT вимкнено, якщо WDTEN = 0 у слові конфігурації. Час переповнення залежить від температури, напруги живлення V_{DD} і розкиду технологічних параметрів мікроконтролера. Якщо потрібно більший час переповнення WDT, необхідно програмно підключити

переподільник у регістрі OPTION_REG з максимальним коефіцієнтом розподілу 1:128.

Мікроконтролери PIC16F8xx мають 13-розрядний лічильник команд PC, здатний адресувати 8Кх14 слів пам'яті програм. Фізично реалізовано FLASH пам'ять програм 8Кх14. Звертання до фізично не реалізованої пам'яті програм призведе до адресації реалізованої пам'яті. Адреса вектора скидання – 0000h. Адреса вектора переривань – 0004h.

У таблиці 5.1 наведено основні характеристики мікроконтролерів PIC16F8xx.

Таблиця 5.1 – Основні характеристики мікроконтролерів PIC16F8xx

Параметр	PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
Тактова частота	DC – 20 МГц	DC – 20 МГц	DC – 20 МГц	DC – 20 МГц
Скидання (затримка скидання)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH пам'ять програм (14-розрядних слів)	4К	4К	8К	8К
Пам'ять даних (байт)	192	192	368	368
EEPROM пам'ять даних (байт)	128	128	256	256
Переривань	13	14	13	14
Порти введення/виведення	Порти А,В,С	Порти А,В,С,Д,Е	Порти А,В,С	Порти А,В,С,Д,Е
Таймери	3	3	3	3
Модуль захоплення/порівняння/ІІІ М	2	2	2	2
Модулі послідовного інтерфейсу	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Модулі рівнобіжного інтерфейсу	–	PSP	–	PSP
Модуль 10-розрядного АЦП	5 каналів	8 каналів	5 каналів	8 каналів
Інструкцій	35	35	35	35

Методичні рекомендації щодо виконання роботи

Лабораторний стенд складається зі стола-пульта й електричних машин.

Принципову схему стенда наведено на рис. 5.1.

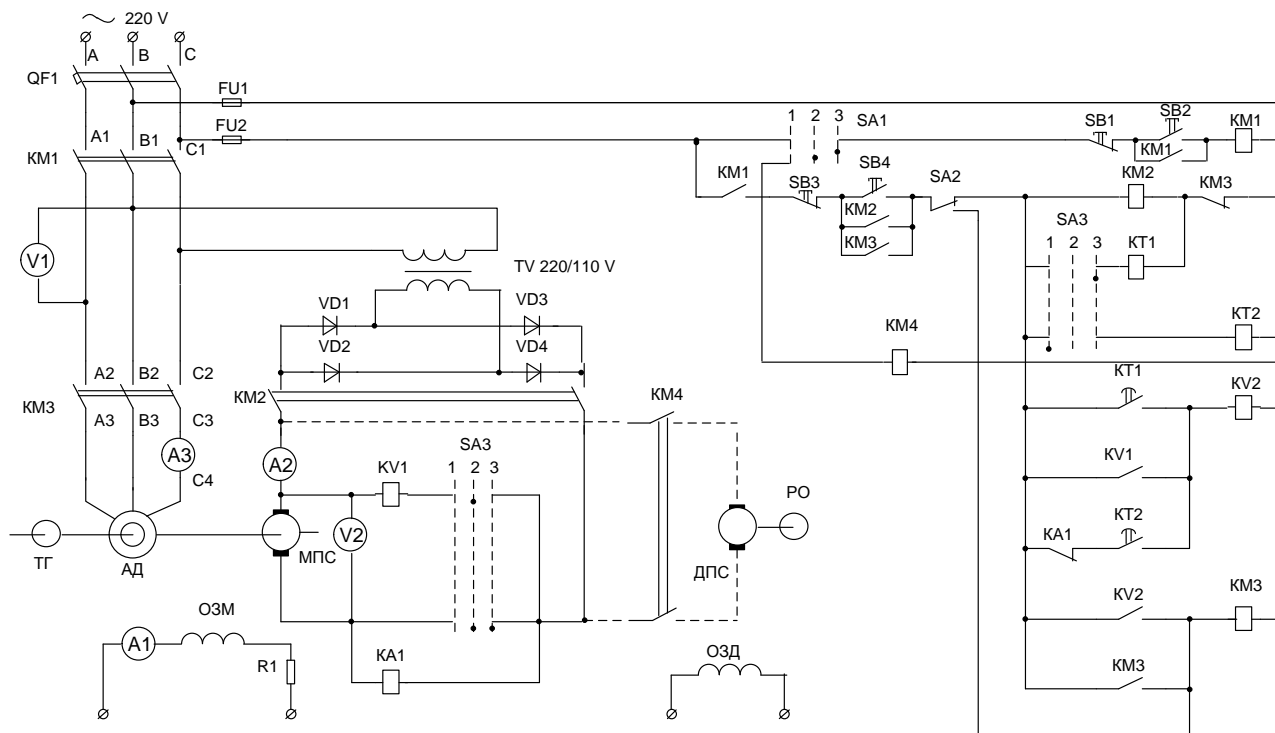


Рисунок 5.1 – Схема електрична принципова системи непрямого пуску АД

Принципову електричну схему системи полегшеного пуску приводного двигуна в системах Г–Д, реалізованої в лабораторному стенді, наведено на рис. 5.1. Живлення лабораторного стенда здійснюється від трифазної мережі змінного струму напругою 220 В. Комутація електрообладнання лабораторного стенда з мережею живлення здійснюється автоматичним вимикачем QF1 кола керування, що живляться з виходу автоматичного вимикача QF1 через запобіжники FU1 і FU2. Нульовий захист електрообладнання лабораторного стенда реалізований магнітним пускачем KM1, що своїми основними контактами підготовляє до роботи силовий ланцюг, а блоком-контактом – кола керування системи полегшеного пуску АД. Живлення котушка магнітного пускача KM1 одержує через універсальний перемикач SA1 нормально замкнений контакт кнопки SB1 і під час натискання кнопки SB2, що KM1 блокує своїм нормально розімкнутим блоком-контактом. Так само одержує

живлення знижувальний трансформатор напруги TV і блок випрямлячів VD1–VD4. Залежно від положення тумблера SA2, можна реалізувати прямий і непрямий пуск АД. Під час реалізації прямого пуску котушка магнітного пускача KM3 одержить живлення через замкнений блок-контакт KM1, нормально замкнений контакт кнопки SB3, натиснуту кнопку SB4 і тумблер SA2, поставлений у положення прямого пуску. Під час спрацьовування KM3 блокує своїм нормально розімкнутим блок-контактом кнопку SB4 і подає напругу через силові контакти на статор АД. Для зупинки АД необхідно натиснути кнопку SB3, що знеструмить котушку магнітного пускача KM3 і схема набуде передпускового вигляду.

Реалізацію непрямого пуску АД може бути проведено у функції часу, струму і ЕРС. Режим вибирають за допомогою універсального перемикача SA3. Під час непрямого пуску котушка магнітного пускача KM2 одержує живлення через замкнений блок-контакт KM1, нормально замкнений контакт кнопки SB3, натиснуту кнопку SB4, тумблер SA2, поставлений у положення непрямого пуску, і нормально замкнений блок-контакт KM3. Під час спрацьовування KM2 блокує своїм нормально розімкнутим блок-контактом кнопку SB4, а своїми силовими контактами у колі постійного струму подається напруга на МПС. Під час реалізації непрямого пуску АД у функції часу одночасно з KM2 одержить живлення через SA3 котушка реле часу КТ1, що з уповільненням, необхідним для розгону МПС до необхідної частоти обертання, замкне свій контакт у колі живлення котушки проміжного реле KV2. Одержавши живлення, проміжне реле KV2 замкне свій контакт у колі живлення котушки магнітного пускача KM3, що, у свою чергу, подасть живлення на АД, який зашунтує кнопку SB4 і знеструмить своїм нормально замкненим контактом котушку магнітного пускача KM2, що, у свою чергу, призведе до знеструмлення МПС.

Під час реалізації непрямого пуску АД у функції ЕРС універсальним перемикачем SA3 паралельно якорю МПС умикають реле напруги KV1. Під час пуску МПС спад напруги на якорі уповільнюється пропорційно до

швидкості розгону і під час виходу на необхідну частоту обертання має сталі значення. Відповідно під час розгону МПС напруга на щітках якоря буде зростати до сталого значення, на який відбудовано реле напруги KV1. При спрацьовуванні KV1 своїм нормально замкненим контактом подасть напругу на котушку реле KV2, що, у свою чергу, подасть напругу на котушку магнітного пускача KM3.

Для реалізації непрямого пуску АД у функції струму якорного кола МПС, крім реле струму KA1, вводимо в кола керування ще одне реле часу KT2. У цьому режимі універсальним перемикачем SA2 підготуємо коло живлення котушки реле часу KT2 і знімаємо шунт з котушки реле струму KA1, встановленого в якорному колі МПС. Наявність реле часу KT2 зумовлюється тим, що в перший момент подачі напруги до якорного ланцюга МПС реле струму ще не спрацьовує і за відсутності нормально розімкнутого контакту KT2, послідовно ввімкненого після нормально замкнутого контакту KA1, призвело б до передчасного спрацьовування проміжного реле KV2. Тому в момент пуску МПС реле струму ще не спрацьовало, а реле часу KT2 почало з уповільненням замикає свій контакт у колі живлення котушки проміжного реле часу KV2. У наступний момент часу під дією пускового струму спрацьовує струмове реле KA1 і розмикає свій контакт у колі живлення KV2. У наступний момент часу замикається контакт реле часу KT2, що підготує коло живлення котушки проміжного реле KV2. Під час зниження струму якорного кола до сталого значення реле струму KA1 відключиться і подасть напругу своїм нормально замкненим контактом на котушку проміжного реле KV2, що, у свою чергу, призведе до ввімкнення магнітного пускача KM3. Зупинку системи непрямого пуску здійснюють натисканням стопової кнопки SB3. Відключення електрообладнання лабораторного стенда здійснюють натисканням кнопки аварійної зупинки SB1, яка знімає струм з котушки магнітного пускача нульового захисту KM1, і вимиканням автоматичного вимикача QF1.

Для виміру і контролю електричних параметрів АД і МПС схема передбачає установку вимірювальних приладів. Напругу мережі вимірюють вольтметром V1, установленим на виході магнітного пускача нульового захисту КМ1. Для виміру струму статора АД у фазовий провід після магнітного пускача КМ3 врізано амперметр А3. Для контролю напруги якоря МПС паралельно підключений вольтметр V2. Амперметром А2 проводять вимір струму якірного ланцюга. Струм, що тече через обмотку збудження МПС, вимірюють амперметром А1.

На рис. 5.2 зображено структурну схему лабораторної установки, на якій подано основні функціональні блоки: ДЕЕ – джерело електроенергії, БЖ – блок живлення, ЕМ – електрична машина, РКА – релейно-контакторна апаратура, БУ – блок узгодження. Як об'єкт керування виступає блок РКА. Керуючі сигнали надходять або від механічної системи ККК, або від альтернативної електронної, що побудовано на базі мікроконтролера, який програмується.

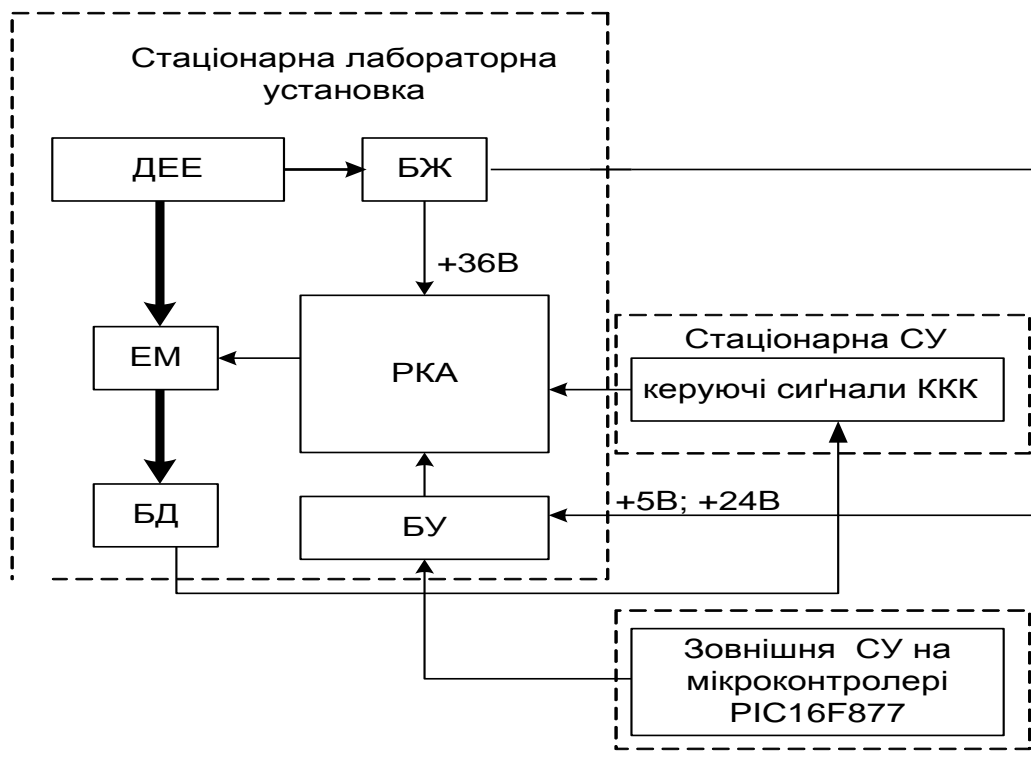


Рисунок 5.2 – Структурна схема лабораторної установки

Система керування ЕП складається з трьох функціонально важливих вузлів (рис. 5.3): кнопкова станція для здійснення керування, програмувальний

мікроконтролер, що розміщується на платі адаптації, виконавчі елементи (гальванічна розв'язка, що побудовано на опотиристорах і призначено для зв'язку із силовими колами).

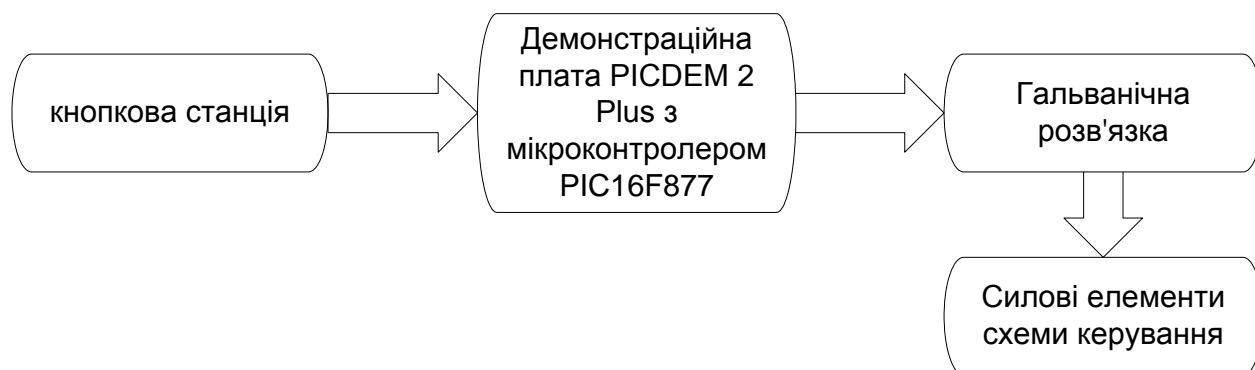


Рисунок 5.3 – Функціональна схема системи керування ЕП на базі мікроконтролера PIC16F877

Для реалізації системи керування застосовують 8–розрядний програмований мікроконтролер PIC16F877.

Хід роботи

1. Ознайомитися зі схемами систем керування ЕП на базі програмувальних мікроконтролерів PIC.
2. Використовуючи персональну ЕОМ, з установленим програмним пакетом MPLAB IDE v 6.xx за допомогою редактора скласти програму для мікроконтролера системи керування крановим електроприводом і виконати симуляцію та компіляцію.
3. За допомогою пристрою MPLAB ICD 2, приєднаного до послідовного порту ПЕОМ, або рознімання USB, запрограмувати мікроконтролер, виконати налагоджування роботи програми.
4. Досягти правильної роботи СУ і налагодити схему.
5. Оформити звіт.

Зміст звіту

1. Назва та мета лабораторної роботи.

2. Схема лабораторної установки.
3. Лістинг програми керування мікроконтролером, створеної у редакторі середовища MPLAB IDE v 6. xx.
4. Висновки до роботи.

Контрольні питання

1. Призначення програмувальних мікроконтролерів.
2. Перелічити основні особливості використання мікроконтролерів порівняно із жорсткою логікою.
3. Які основні характеристики програмувальних мікроконтролерів фірми MICROCHIP?
4. Описати процедуру розроблення нового проекту в середовищі проектування MPLAB IDE v 6. xx.
5. Розказати про додатки середовища MPLAB IDE v 6. xx., що забезпечують створення проекту.
6. Описати процес симуляції роботи програм мікроконтролера.
7. Пояснити основні принципи створення програми в редакторі середовища MPLAB IDE v 6. xx.
8. Процедура програмування мікроконтролера, умонтованого в схему.

Література: [5, с. 49–58; 7, с. 145–162].

2 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

При оцінюванні роботи студентів на лабораторних заняттях беруть до уваги якість оформлення звіту з лабораторних робіт, якість відповідей на питання звіту, правильність і повноту відповідей на питання, поставлені викладачем у процесі захисту лабораторних робіт.

Бали за виконання лабораторних робіт у цілому можуть бути одержані лише за умови, що виконано всі передбачені завданням лабораторні роботи та складено звіти.

Кількість балів визначається глибиною наведених пояснень, чіткістю формулювань, якістю викладання матеріалу та його оформлення. При цьому враховуються правильність оформлення звіту, володіння державною мовою, відповідність розрахункового матеріалу та іншого оформлення діючим стандартам. Розподіл балів по лабораторних роботах з навчальної дисципліни «Спеціальне електромеханічне обладнання енергоємних виробництв» наведено нижче.

Критерії оцінювання роботи студентів на лабораторних заняттях:

- відвідування лабораторного заняття – 0,5 бала за заняття;
- підготовка до лабораторних занять – 0,1 бала за семестр;
- виконання лабораторних робіт – 0,1 бала за семестр;
- підготовка звітів до лабораторних робіт – 0,1 бала за семестр;
- захист лабораторних робіт – 5 балів за роботу;
- своєчасність захисту лабораторних робіт – 0,1 бала за семестр;
- активність студента на лабораторних заняттях – 0,1 бала за семестр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Фотиев М. М. Электропривод и электрооборудование металлургических цехов / М. М. Фотиев. – М. : Металлургия, 1990. – 352 с.
2. Зимин Е. Н. Электрооборудование промышленных предприятий и установок / Е. Н. Зимин, В. И. Преображенский, И. И. Чувашов. – М. : Энергоиздат, 1982. – 553 с.
3. Соколов В. Е. Электрооборудование кузнечно-прессовых машин: Справочник / В. Е. Соколов и др. – М. : Машиностроение, 1981. – 304 с.
4. Елисеев В. А. Справочник по автоматизированному электроприводу. / В. А. Елисеев, А.В. Шинянский. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.
5. Есаков В. П. Электрооборудование и электропривод промышленных установок / В. П. Есаков. – К. : Вища школа, 1981. – 248 с.
6. Ключев В. И. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов / В. И. Ключев, В. М. Терехов. – М. : Энергия, 1980. – 360 с.
7. Соколов М. М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов / М. М. Соколов. – М. : Энергия, 1976. – 488 с.
8. Черный А. П. Пусковые системы нерегулируемых электроприводов: моногр. / А. П. Черный, А. И. Гладырь, Ю. Г.Осадчук, И. Р. Курбанов, А. Н. Вошун. – Кременчуг: ЧП Щербатых А. В., 2006. – 280 с.

Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Спеціальне електромеханічне обладнання енергоємних виробництв» для студентів денної та заочної форм навчання за напрямом 6.050702 – «Електромеханіка» (у тому числі скорочений термін навчання)

Укладач старш. викл. А. М. Артеменко

Відповідальний за випуск зав. кафедри САУЕ Д. Й. Родькін

Підп. до др. _____. Формат 60×84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.

Ум. друк. арк. _____. Наклад _____ прим. Зам. № _____. Безкоштовно.

Видавничий відділ
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600