

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра електромеханіки

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ ЧАСТИНИ
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**

для студентів професіонального напрямку підготовки 7.05050313
«Обладнання переробних і харчових виробництв»
денної і заочної форм навчання

Погоджено із радою спеціальності 6.050502,
7.05050313, 8.05050313, 8.05050206
Протокол №. 3 від 10 грудня 2010 р.

Одеса ОНАХТ 2011

Методичні вказівки до виконання електротехнічної частини дипломного проекту для спеціальності 7.05050313 «Обладнання переробних і харчових виробництв» денної і заочної форм навчання / А.А. Галіулін, П.М. Монтік, Є.П. Штепа. - Одеса: ОНАХТ, 2011. - 33 с.

Укладачі А.А. Галіулін, канд. техн. наук, доцент
П.М. Монтік, канд. техн. наук, професор
Є.П. Штепа, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск завідуючий кафедрою електромеханіки
П.М. Монтік, канд. техн. наук, професор

Вступ

Методичні вказівки призначені для студентів механічних спеціальностей, які виконують дипломний проект при рішенні практичних завдань з керування електроприводом проектованої робочої машини харчового підприємства.

Електротехнічну частину дипломного проекту студенти розробляють на базі конкретних матеріалів, отриманих під час дипломної практики, а також розрахунків, виконаних у інших розділах проекту.

Розрахунково-пояснювальна записка до цього розділу повинна мати обсяг до 10-ти сторінок тексту із кресленням електричної принципової схеми керування електроприводом, виконаної відповідно до діючих стандартів на позначення електротехнічних пристроїв.

При оформленні обчислень треба спочатку наводити формули, потім підставляти числові значення та вказувати кінцеві результати обчислень із точністю до трьох значущих цифр. Проміжні обчислення виконувати не потрібно. Одиниці фізичних величин записують після обчислень у системі СІ.

Після затвердження теми дипломного проекту студент повинен до від'їзду на переддипломну практику ознайомитися з методичними вказівками, рекомендованою літературою, визначити зміст та обсяг електротехнічної частини дипломного проекту.

Під час проходження практики необхідні матеріали і консультації студент одержує у головного електрика або головного механіка підприємства. Всі матеріали для електротехнічної частини дипломного проекту треба оформити окремим розділом звіту з переддипломної практики.

1. Обсяг електротехнічної частини дипломного проекту

- 1.1. Основні вимоги до електроприводу робочої машини.
- 1.2. Вибір типу і потужності двигунів електроприводу.
- 1.3. Електрична принципова схема керування електроприводом.
- 1.4. Вибір захисних та комутуючих апаратів керування.
- 1.5. Вибір перерізу жил кабелю.
- 1.6. Розрахунок річного споживання електроенергії.

2. Методика виконання електротехнічної частини проекту

При складанні розрахунково-пояснювальної записки слід дотримуватися послідовності, викладеної в розділі 1 даних вказівок.

2.1. Основні вимоги до електроприводу робочої машини

Навести обґрунтування принципу керування електроприводом робочої машини і викласти послідовність операцій, якв виконуються проектованою технологічною лінією або машиною. Іказати характеристику приміщення, у якому установлена технологічна лінія або виробничий агрегат, відносно небезпеки враження людей електричним струмом. Зазначити необхідну характеристику ступеня захисту електроустаткування від попадання всередину твердих тіл та води. Записати алгоритм функціонування технологічної лінії або виробничого агрегата.

2.2. Вибір типу і потужності двигунів електроприводу

2.2.1. Вибір типу двигунів

Для виробничих машин і механізмів потужність двигуна і його тип визначають, виходячи з вимог технологічного процесу і режиму роботи. При цьому слід враховувати, що режим роботи більшості машин і механізмів харчової промисловості тривалий, з постійним або мало змінюваним навантаженням. Двигун виробничого агрегата повинен відповідати техніко-економічним вимогам: відзначатися простотою конструкції, надійністю в експлуатації, найменшою вартістю, невеликими габаритами і масою, забезпечувати просте керування, задовольняти особливості технологічного процесу, мати високі енергетичні показники при різних режимах роботи.

На харчових підприємствах, як правило, використовуються трифазні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором. Вибір номінальної частоти обертання двигуна узгоджується з частотою обертання виконавчого органа робочої машини та передатного числа редуктора. При виборі частоти обертання двигуна необхідно мати на увазі, що двигуни високошвидкісні мають менші маси, габаритні розміри й вартість, а також відрізняються кращими ККД і коефіцієнтом потужності від аналогічних їм тихохідних. Однак швидкохідні двигуни вимагають для зниження швидкості складного передаточного пристрою, що може звести нанівець переваги високошвидкісних двигунів

Конструкція двигуна повинна відповідати умовам його компонування з виконавчим органом.

При виборі типу двигуна треба вказувати ступінь захисту, наприклад: захищені - IP23; закриті - IP44. Потрібно врахувати також зручність монтажу, відходу й експлуатації.

Треба враховувати спосіб вентиляції і захисту від дії навколишнього середовища. Від правильного вибору двигуна для роботи у визначених умовах навколишнього середовища залежить його довговічність, надійність та безпечність обслуговування.

За отриманими даними вибирають тип двигуна. При цьому потрібно враховувати, що в сучасних промислових установках використовують трифазні асинхронні двигуни уніфікованої серії АІ номінальною потужністю від 0,025 до 315 кВт (Додаток 1, табл. Д.1.1, табл. Д.1.2). Двигуни серії АІ виконані з конструкційних матеріалів підвищеної якості з ізоляцією класу F. Вони відрізняються від аналогічних машин серії 4А зменшеними габаритами, зниженою масою, підвищеною захищеністю й надійністю, меншим рівнем вібрації, більш високими енергетичними показниками та перебувають на рівні кращих закордонних зразків, а за деякими показниками перевершують їх.

2.2.2. Вибір потужності двигунів

Особливості теплових процесів двигунів змушують установлювати для них різні номінальні дані відносно режимів роботи електроприводів. Режим роботи враховують: характер навантаження, частоту пусків, спосіб гальмування, зміну напрямку обертання, перехід від однієї частоти обертання вала до іншої, тобто фактори, що викликають значні втрати енергії в двигунах, які приводять до істотного нагрівання, обмеженого відповідними нормами.

Для двигунів встановлені такі основні номінальні режими роботи: тривалий - *S1*; короткочасний – *S2*; повторно-короткочасний – *S3*.

Тривалий режим роботи двигуна *S1* характерний таким тривалим навантаженням, що обумовлює збільшення температури всіх частин двигуна до сталих значень при незмінній температурі навколишнього середовища.

Короткочасний режим роботи двигуна *S2* протікає при навантаженні із тривалістю, недостатньою для збільшення температури всіх частин двигуна до сталих значень при незмінній температурі навколишнього середовища.

Тривалість зупинки достатня для охолодження машини до температури навколишнього середовища. Для цього режиму передбачені стандартні тривалості періоду номінального навантаження 10, 30, 60, 90 хвилин.

Повторно - короткочасний режим роботи двигуна *S3* відрізняється від короткочасного режиму тим, що короткочасні періоди незмінного навантаження чергуються з короткими періодами відключення машини, у результаті чого підвищення температури окремих частин двигуна не можуть досягти сталих значень. Цей режим характеризують відносною тривалістю включення

$$TB = \frac{t_P}{t_P + t_{II}} \cdot 100, \quad (1)$$

де t_P – час роботи; t_{II} – тривалість паузи.

Для повторно-короткочасного режиму передбачена стандартна відносна тривалість включення $TB_{НОМ} = 15, 25, 40, 60 \%$, а тривалість одного циклу, обумовлена сумарним часом роботи й паузи, установлена до 10 хвилин.

У цьому режимі пускові втрати практично не чинять помітного впливу на перевищення температури окремих частин машини.

Розрахунок потужності двигуна для різних режимів роботи виконують за методикою, описаною в [1, с. 267...274].

Для тривалого режиму роботи двигуна $S1$ з невеликими коливаннями потужності двигуна (менше ніж 10%) достатньою умовою перевірки двигуна по перегріву є

$$P_{НОМ} \geq P_{ДВ}, \quad (2)$$

де $P_{НОМ}$, $P_{ДВ}$ – номінальна та розрахункова потужності двигуна, кВт.

Якщо умова (1) виконується, то двигун перегріватися не буде і перевірка двигуна за умовами перевантаження та пускового моменту не потрібна.

Якщо двигун працює в тривалому режимі $S1$ із коливаннями потужності навантаження більше 10% від $P_{СР}$, його номінальна потужність визначається за формулою

$$P_{НОМ} \geq K_1 \cdot P_{СР}, \quad (3)$$

де $P_{НОМ}$, $P_{СР}$ – номінальна та середня за цикл навантаження потужність двигуна, кВт;

K_1 – коефіцієнт запасу потужності двигуна, $K_1 = 1,1 \dots 1,3$.

У цьому випадку наводять навантажувальну діаграму двигуна машини, визначають дійсний режим його роботи, середню потужність за цикл навантаження двигуна та проводять перевірку на умову перевантаження і пусковий момент.

Якщо двигун працює в короткочасному режимі $S2$, то його номінальна потужність визначається за розрахунковою формулою

$$P_{НОМ} \geq K_2 \cdot P_{МАХ}, \quad (4)$$

де $P_{НОМ}$, $P_{МАХ}$ – номінальна та максимальна потужності за цикл навантаження двигуна, кВт;

K_2 – коефіцієнт запасу потужності двигуна, $K_2 = 0,4 \dots 0,6$.

Перевірка двигуна за умовами перевантаження та пускового моменту не потрібна.

Якщо двигун працює в повторно-короткочасному режимі $S3$, то, його номінальна потужність визначається за розрахунковою формулою

$$P_{НОМ} \geq P_{ЕКВ} \sqrt{\frac{TB_P}{TB_{НОМ}}}, \quad (5)$$

де $P_{ЕКВ}$ – еквівалентна потужність двигуна, кВт, яка визначається з діаграми навантаження машини за формулою

$$P_{ЕКВ} = \sqrt{\frac{P_1^2 \cdot t_1 + P_2^2 \cdot t_2 + P_3^2 \cdot t_3 + \dots + P_K^2 \cdot t_K}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_K}}, \quad (6)$$

тут P_1, P_2, P_3, P_K – потужність двигуна на ділянці навантаження, кВт;
 t_1, t_2, t_3, t_K – тривалість ділянок навантаження, с;
 $PB_{НОМ}$ – номінальна тривалість вмикання, $PB_{НОМ} = 15, 25, 40, 60 \%$;
 PB_P – розрахункова тривалість вмикання двигуна:

$$TB_P = \frac{\sum t_P}{T_{Ц}} \cdot 100 = \frac{\sum t_P}{\sum t_P + \sum t_0} \cdot 100 \%, \quad (7)$$

тут $\sum t_P$ – тривалість ділянок навантаження, с;
 $\sum t_0$ – тривалість ділянок без навантаження, с;
 $T_{Ц}$ – тривалість циклу навантаження, с.

У цьому випадку перевірка двигуна за умовами перенавантаження та відповідності до пускового моменту не потрібні.

За табл. Д.1.1 або Д.1.2 вибирають двигун, технічні дані якого записують у вигляді таблиці (табл. 1).

Таблиця 1. Технічні дані двигуна машини

Позна- чення	Тип	Технічні параметри двигуна						
		$P_{НОМ}$, кВт	$n_{НОМ}$, об/хв	ККД, %	$\cos \varphi$	$\frac{I_{П}}{I_{НОМ}}$	$\frac{M_{П}}{M_{НОМ}}$	$\frac{M_{МАХ}}{M_{НОМ}}$

2.3. Електрична принципова схема керування електроприводу

Електричні схеми керування являють собою графічні зображення електричних машин, апаратів і ліній електричного зв'язку між ними, складені на підставі вивчення технологічного процесу, вибору типу двигуна й використання основних принципів побудови схем автоматизованого електроприводу. Вони установлюють взаємозв'язок окремих елементів.

У всіх схемах розрізняють кола головного струму, до яких відносять силові кола двигунів, генераторів, трансформаторів та інших подібних пристроїв, і кола допоміжного струму - кола керування, блокування, захисту й сигналізації, куди входять елементи відповідних приладів і апаратів того або іншого призначення. На схемах кола головного струму треба зображувати лініями більшої товщини в порівнянні з лініями кіл допоміжного струму.

Кожному елементу електричної схеми присвоюють умовне дволітерне позначення, що розкриває його вид, до нього додають порядковий номер даного елемента. При рознесеному способі зображення окремих частин елемента до його назви через дві крапки додають порядкові номери, що відносяться до відповідних його частин. Так, котушку контактора, наприклад другого, треба позначити КМ2, його головні контакти – КМ2:1, а допоміжні – КМ2:2, КМ2:3 і т.д.. Літерно-цифрові позначення треба проставляти з правої сторони відповідних елементів, ліній або над ними.

Обґрунтування вибору схеми керування електроприводів повинно бути пов'язане з технологічним циклом роботи лінії або машини. Схема керування

повинна забезпечувати всі необхідні режими роботи електроприводу, передбачені технологічним процесом: розгін за заданим законом, рух зі сталою швидкістю, задане уповільнення, здійснюване в режимі вільного вибігу або регульованого гальмування. У залежності від типу обраного електроприводу може бути прийнята одна з типових схем керування, яка побудована за принципом часу, швидкості струму, шляху.

Типові схеми керування крім номінальних режимів роботи повинні забезпечувати захист від аварійних режимів роботи електроприводу машини.

Захист силових кіл і кіл керування від коротких замикань і перевантаження, як правило, здійснюється автоматичними вимикачами з вбудованими тепловими та електромагнітними розчіплювачами.

Крім того, схема керування повинна забезпечувати захист мінімальної напруги для відключення двигуна при значному або повному зникненні напруги мережі. Вона також повинна запобігати самопуску двигуна з появою напруги. Цей захист здійснюється лінійними контакторами, магнітними пускачами або реле мінімальної напруги.

У схемах керування повинні бути передбачені блокування, що попереджають помилкові і аварійні включення апаратів і машин. Наприклад, блокування включення двох магнітних пускачів при реверсивному керуванні двигунами запобігає міжфазному короткому замиканню.

Одночасно з захистом та блокуваннями схема керування повинна мати сигналізацію технічного стану й положення апаратів і електричних машин, наявність напруги і т.п. Наприклад, увімкнені зелені сигнальні лампи свідчать про наявність напруги, коли апарати та машини відключені, а червоні - що вони включені.

Принципова електрична схема керування електроприводу повинна бути накреслена на аркуші креслярського паперу, а в пояснювальній записці необхідно навести міркування про вибір апарата керування, описати їх роботу. У таблиці переліку елементів вказують типи вибраних апаратів керування та їх технічні характеристики (Додаток 2. Пускова та захисна апаратура електроприводу).

Формат аркуша для креслення принципової схеми вибирають у залежності від розмірів і складності схеми. Якщо схеми керування прості, їх можна не викреслювати на аркуші великого формату, а наводити тільки в пояснювальній записці.

Креслити умовні графічні елементи треба за розмірами, затвердженими стандартами. На принциповій схемі зображують електричні елементи, необхідні для здійснення та контролю заданих електричних процесів, електричні зв'язки між ними, а також електричні елементи, якими закінчуються вхідні та вихідні кола.

2.4. Перетворювачі частоти для трифазних асинхронних двигунів

Якщо робоча машина потребує регулювання частоти обертання та плавного пуску, то кращим рішенням для системи керування електроприводами

змінного струму є використання перетворювачів частоти (ПЧ-АД), які дозволяють плавно регулювати частоту обертання двигуна, забезпечують плавний розгін двигуна та відсутність пускових струмів. Це дозволяє використовувати їх у складі приводів з підвищеними вимогами до динаміки і перевантаження, наприклад, для ліфтів і підйомачів, вентиляторів, сепараторів, гомогенізаторів, пакувальних машин.

Перетворювачі частоти здійснюють функцію енергозбереження, забезпечують роботу системи електроприводу ПЧ-АД з максимальним значенням ККД та коефіцієнтом потужності при значних змінах навантаження двигуна. Перетворювачі захищають двигуни від струмів короткого замикання і перевантаження, обриву фази і несиметрію напруги, містять убудований ПД-регулятор та легко інтегруються в систему автоматичного управління за допомогою відповідних інтерфейсів. Крім того, випускаються компактні модулі, які складаються з асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором і перетворювача частоти, що полегшує їх інтеграцію у приводах (Додаток 4).

Вимоги до електроприводу визначаються діапазоном регулювання швидкості та типом навантаження, тобто залежністю між швидкістю обертання і моментом опору робочого органа машини. Багато навантажень можуть розглядатися як такі, які мають постійний момент у всьому діапазоні зміни частоти обертання. До них відносяться конвеєри, підйомачі, норії.

Деякі машини мають змінну механічну характеристику, для яких момент навантаження збільшується зі збільшенням частоти обертання двигуна. Прикладом машин з таким типом навантаження є відцентрові насоси та вентилятори, механічна характеристика яких описується рівнянням квадратичної параболи, а потужність споживання пропорціональна кубу швидкості обертання. З цього виходить, що навіть невелике зниження швидкості електроприводу приводить до значного зменшення потужності електроприводу. Зменшення частоти обертання на 10 % приводить до економії електроенергії практично 30 %.

Для швидкої зупинки чи зменшення швидкості механізму поряд з механічним гальмуванням використовують також і електричні способи гальмування: генераторний, динамічний і комбінований.

При генераторному гальмуванні механічна енергія руху перетворюється у електричну і виділяється у перетворювачі частоти, що може викликати його перегрів.

Динамічне гальмування здійснюється подаванням постійної напруги на обмотки статора двигуна. При цьому створюється постійне магнітне поле, яке викликає спочатку сповільнення, а потім і утримання ротора у нерухомому стані. Перевагою динамічного гальмування є виділення електричної енергії у двигуні. Ефективність динамічного гальмування у порівнянні з генераторним складає 30...40 %.

Комбінований спосіб гальмування поєднує у собі переваги обох електричних способів гальмування і дозволяє ефективно гальмувати електродвигун за короткий час без перегріву перетворювача.

2.5. Прилади плавного пуску електродвигунів

Пускові струми трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором перевищують їх номінальні струми у 5...8 разів. При цьому знижується напруга у мережі живлення, що впливає на роботу іншого обладнання. Крім цього, виникаючі поштовхи і удари приводять до швидкого зносу підшипників та обладнання. Прилад плавного пуску усуває вказані недоліки.

Прилад плавного пуску (ППП) призначений для безударного пуску асинхронних приводів різних технологічних агрегатів і дозволяє: уникнути сильних стрибків струму при запуску двигуна; звести до мінімуму використання релейно-контакторної апаратури, що підвищує надійність системи в цілому; зменшити габарити шаф управління та знизити енерговитрати у колах управління; захистити двигун від різних аварійних ситуацій: перевантаження, обриву фазного провідника, зміни фазування напруги живлення, перегріву, затягуванні пуску і тощо.

При виникненні аварійної ситуації – спрацьовує відповідний захист, ППП вимикає двигун і видає повідомлення про аварію.

Область застосування: управління конвеєрами, мішалками, млинами для виключення поштовхів, обриву конвеєрної стрічки, пошкодження продукції, яку транспортують; використання для приводу насосів ППП дозволяє виключити гідроудари, які приводять до передчасного зносу насосу та арматури водопроводу.

У комплекті з обладнанням дизель-генераторів застосування ППП дозволяє знизити пускові поштовхи струму, що дає можливість використовувати дизель-генератор меншої потужності і габаритів та зниження загальної вартості електрообладнання.

Технічні характеристики приладів плавного пуску наведені у додатку 6.

2.6. Універсальні програмовані логічні модулі

Універсальні програмовані логічні модулі є компактними функціонально закінченими мікропроцесорними виробами і призначені для створення простих приладів автоматичного управління електроприводів (Додаток 6).

Їх переваги: простота обслуговування; зручність і легкість програмування за допомогою інтегрованих в них клавіатури та дисплею; різноманітність вхідних і вихідних сигналів.

Прості прилади управління можна створити на основі тільки одного логічного модуля без використання модулів розширювання. Для більш складних приладів використовують набір модулів розширювання.

В набір входять: модулі розширювання на 8 і 16 каналів введення-виведення дискретних сигналів, двоканальні модулі введення аналогових сигналів, блоки живлення, модулі для комутації трифазних кіл змінного струму.

Додатковими приладдями набору є імітатор вхідних сигналів, модулі пам'яті, з'єднальні кабелі, монтажні комплекти.

Для програмування логічних модулів використовують набір функцій, вбудованих в їх операційну систему. Усі функції згруповані у дві бібліотеки.

Перша бібліотека містить набір базових логічних функцій (І, АБО, НІ і тощо), який дозволяє використовувати у програмі модуля усі логічні операції для формування комбінаційної системи управління.

Друга бібліотека містить набір функцій спеціального призначення: тригери, лічильники, компаратори, таймери, годинники, календарі, генератори, перетворювачі цифрових сигналів у аналогові ЦАП та аналогових сигналів у цифрові АЦП і тощо. Готова програма записується у пам'ять логічного модуля.

Процес програмування зводиться до діставання з бібліотеки необхідної в даний момент функції, визначення з'єднань входів і виходів даної функції з входами і виходами логічного модуля чи інших функцій, а також параметрів налагодження функції, наприклад, час затримки включення чи відключення.

Один логічний модуль здатний замінити схему, яка включає у свій склад сотні електронних та електромеханічних компонентів.

2.7. Програмовані реле серій EASY і MFD-Titan

Сімейство електронних програмованих реле німецької фірми Moeller, так званих управляючих реле, представлено в даний час серіями EASY500, EASY700, EASY800 і багатофункціональним дисплеєм MFD-Titan.

Всі пристрої мають можливості розширення входів-виходів і обміну даними з промисловими інформаційними мережами AS-Interface, PROFIBUS-DP, CANopen, DEVICENET. Реле EASY800 і MFD-Titan, окрім цього, можуть бути об'єднані у власну інформаційну мережу EASY-NET, в яку можуть входити до восьми приладів, з пристроями розширення, що знаходяться на відстані до 1000 м.

2.8. Вибір захисних та комутуючих апаратів керування

Типи пускової та захисної апаратур вибирають з Додатка 2. Пускова та захисна апаратура електроприводу, а також з літератури [2, табл. 84, 89, 104...107, с. 126...128, 143, 146].

Для вибору пускових, регулюючих, захисних і сигналізуючих апаратів необхідно знати номінальні струми двигунів електроприводу, які визначають за формулою

$$I_{НОМ} = \frac{1000 \cdot P_{НОМ}}{\sqrt{3} U \cdot \eta_{НОМ} \cdot \cos \varphi_{НОМ}}, \quad (8)$$

де $P_{НОМ}$ - номінальна потужність двигуна приводу, кВт;

$U_{НОМ}$ - номінальна напруга мережі, $U_{НОМ} = 380$ В;

$\eta_{НОМ}, \cos \varphi_{НОМ}$ - номінальні ККД і коефіцієнт потужності двигуна.

Розраховані значення струмів зводимо у табл. 2. Захисні та комутуючі апарати керування двигунів.

Вибираємо типи і розміри магнітних пускачів для керування двигунами приводу. Магнітні пускачі вибираємо, наприклад, із серії ПМЛ на номінальну напругу $U_{НОМ} = 380$ В 50 Гц з напругою котушки керування $U_k = 36$ В 50 Гц. Величину магнітного пускача визначаємо з умови [2, с. 145]:

$$I_{НОМ.МП} \geq I_{ДВ}, \quad (9)$$

де $I_{НОМ.МП}$ – номінальний струм магнітного пускача, А.

Для захисту двигунів від струмів тривалого перевантаження вибираємо реле електрострумове теплове серії РТЛ, призначене для роботи у комплекті з магнітним пускачем серії ПМЛ із умови [2, с.150]

$$I_{ТР.МІН} \leq I_{ДВ} \leq I_{ІМР.МАХ}, \quad (10)$$

де $I_{ТР.МІН}$, $I_{ТР.МАХ}$ – мінімальний та максимальний струм спрацювання теплового реле, А.

Таблиця 2 – Захисні та комутуючі апарати керування двигунів

Двигун			Магнітний пускач			Теплове реле		
Позначення	$P_{НОМ}$, кВт	$I_{НОМ}$, А	Позначення	Тип	$I_{НОМ}$, А	Позначення	Тип	$I_{ТР.МІН}$, $I_{ТР.МАХ}$, А

Загальний струм приводу машини дорівнює сумі струмів усіх двигунів:

$$I_3 = \sum I_{НОМі} = I_{НОМ1} + I_{НОМ2} + \dots + I_{НОМі}. \quad (11)$$

Для захисту приводу машини від струмів короткого замикання та тривалих струмів перевантаження вибираємо автоматичний вимикач з серії АЕ20 на 380 В 50 Гц із умови [2, с. 142]:

$$\text{струм спрацювання} \quad I_{СПР.ВК} \geq I_3, \quad (12)$$

$$\text{номінальний струм} \quad I_{НОМ.ВК} \geq I_3. \quad (13)$$

Таблиця 3 - Технічні дані автоматичних вимикачів

Позначення	Тип вимикача	Струм спрацювання, $I_{СПР.ВК}$, А	Номінальний струм, $I_{НОМ.ВК}$, А

Для зниження напруги у колах керування і сигналізації до безпечного значення вибираємо розділювальний трансформатор, наприклад, типу ОСМ1–0,063У3 220/5–42 УХЛ на номінальну напругу первинної обмотки 220 В 50 Гц, вторинної обмотки 5, 37 і 42 В, номінальна потужність якого $S_{НОМ} = 0,063$ кВ·А.

Для світлової індикації вибираємо лампи розжарювання або світлодіодні прилади з Додатка 2, табл. Д2.12...Д2.15.

2.9. Вибір перерізу жил кабелю

Переріз жил кабелю визначають згідно значенню загальному струму електроприводу робочої машини (11), використовуючи таблиці допускних струмових навантажень кабелю, Додаток 3. Вибір проводів, кабелів, пускової та захисної апаратури на відгалуженнях до асинхронних електродвигунів та [1, табл. 15.1 або 15.2]. Потім кабель перевіряють на допустиму втрату напруги у відсотках, використовуючи формулу

$$\Delta U = \frac{100\sqrt{3}}{U_{НОМ}} \left(R_0 \cos \varphi + X_0 \sin \varphi \right) I_3 L, \quad (14)$$

де R_0 - активний опір 1 км кабелю, Ом / км:

$$R_0 = \rho \cdot \frac{1000}{S}, \quad (15)$$

тут S - переріз жил кабелю, мм²;

ρ - питомий опір: для міді – $\rho = 0,018$ Ом/м, для алюмінію $\rho = 0,032$ Ом/м;

X_0 - індуктивний опір 1 км кабелю, $X_0 = 0,3$ Ом / км при напрузі до 1000 В;

L - довжина кабелю до розподільчого пункту, км;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності двигуна.

Розрахункове значення втрати напруги ΔU % не повинно перевищувати допустиму втрату $\Delta U_{ДОП}$ % = 5 % $U_{НОМ}$, у протилежному випадку необхідно збільшити площу перерізу жил кабелю. Як що ця умова виконується

$$\Delta U \% \leq \Delta U_{ДОП} \%, \quad (16)$$

то вибраний переріз жил проводів забезпечить нормальну роботу машини.

2.10. Розрахунок річного споживання електроенергії

Річне споживання електроенергії (кВтч) визначимо за формулою

$$W_{РІЧ} = P_B \cdot K_B \cdot T_{РІЧ}, \quad (17)$$

де P_B – встановлена потужність двигунів, кВт:

$$P_B = \frac{\sum P_{iНОМ}}{\sum \eta_{iНОМ}}, \quad (18)$$

тут $P_{iНОМ}$ - номінальна потужність двигунів приводу, кВт; $\eta_{НОМ}$ - номінальні ККД двигунів; K_B – коефіцієнт використання машини, $K_B = 0,7 \dots 0,9$; $T_{РІЧ}$ – річний фонд роботи машини, год: $T_{РІЧ} = D \cdot n \cdot t$,

де D – кількість робочих днів на протязі року; n - кількість робочих змін за добу; t – тривалість робочої зміни, год.

Додатки

Додаток 1 - Трифазні двигуни загальнопромислового призначення

Таблиця Д.1.1 – Тепхнвчні дані двигунів серії АИР

Тип	Технічні параметри двигуна							
	$P_{НОМ}$, кВт	Номинальна частота обертання, $n_{НОМ}$, об/хв	ККД, %	$\cos \phi$	$\frac{I_n}{I_{НОМ}}$	$\frac{M_n}{M_{НОМ}}$	$\frac{M_{max}}{M_{НОМ}}$	$\frac{M_{min}}{M_{НОМ}}$
Синхронна частота обертання 3000 об/хв								
АИР71А2	0,75	2800	78,5	0,83	6,0	2,1	2,4	1,6
АИР71В2	1,1	2800	79,5	0,83	6,0	2,1	2,4	1,6
АИР80А2	1,5	2880	81,0	0,85	7,0	2,1	2,6	1,8
АИР80В2	2,2	2860	83,0	0,87	7,0	2,0	2,6	1,8
АИР90L2	3,0	2860	84,5	0,88	7,0	2,0	2,6	1,7
АИР100S2	4,0	2850	87,0	0,88	7,5	2,0	2,4	1,6
АИР100L2	5,5	2850	88,0	0,89	7,5	2,0	2,4	1,6
АИР112M2	7,5	2910	87,5	0,88	7,5	2,0	2,2	1,6
АИР132M2	11,0	2910	88,0	0,90	7,5	1,6	2,2	1,2
АИР160S2	15,0	2920	88,5	0,88	7,0	1,6	3,0	2,0
АИР160M2	18,5	2920	89,0	0,88	7,0	2,0	3,0	2,0
АИР180S2	22,0	2920	90,0	0,88	7,0	2,0	2,9	2,0
АИР180M2	30,0	2920	91,0	0,89	7,5	2,2	2,9	2,0
АИР200M2	37,0	2925	91,5	0,87	7,0	1,6	3,0	1,9
АИР220L2	45,0	2930	92,0	0,88	7,5	1,8	3,0	2,0
АИР225M2	55,0	2935	92,5	0,91	7,5	1,8	3,0	2,0
АИР250S2	75,0	2940	93,0	0,9	7,5	1,8	3,0	2,0
АИР250M2	90,0	2950	93,0	0,92	7,5	1,8	3,0	2,0
Синхронна частота обертання 1500 об/хв								
АИР71А4	0,55	1400	70,5	0,70	5,0	2,3	2,2	1,6
АИР71В4	0,75	1410	73,0	0,76	5,0	2,2	2,3	1,6
АИР80А4	1,1	1420	75,0	0,81	5,5	2,2	2,4	1,7
АИР80В4	1,5	1410	78,0	0,83	5,5	2,2	2,4	1,7
АИР90L4	2,2	1420	81,0	0,83	6,5	2,1	2,4	2,0
АИР100S4	3,0	1410	82,0	0,83	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР100L4	4,0	1410	85,0	0,84	7,0	2,0	2,4	1,6

АИР112М4	5,5	1430	86,5	0,86	7,0	2,0	2,5	1,6
АИР132S4	7,5	1440	87,5	0,86	7,5	2,0	2,5	1,6
АИР132М4	11,0	1450	87,5	0,87	7,5	2,0	2,9	2,2
АИР160S4	15,0	1450	80,0	0,86	7,0	1,9	2,7	2,0
АИР160М4	18,5	1450	80,5	0,89	7,0	1,9	2,7	2,0
АИР180S4	22,0	1450	90,6	0,87	7,0	1,7	2,5	1,6
АИР180М4	30,0	1450	91,5	0,87	7,0	1,7	2,5	1,7
АИР200М4	37,0	1460	92,5	0,89	7,5	1,7	2,6	1,7
АИР200L4	45,0	1470	92,5	0,89	7,5	1,7	2,7	1,7
АИР225М4	55,0	1470	93,0	0,89	7,0	1,7	2,7	1,7
АИР250S4	75,0	1470	94,0	0,88	7,5	1,7	2,7	1,7
АИР250М4	90,0	1470	94,0	0,89	7,5	1,5	2,7	2,0
АИР280S4	110	1470	93,5	0,91	6,5	1,6	2,7	1,7
АИР280М4	132	1470	94,0	0,93	6,5	1,6	2,7	1,7
АИР315S4	160	1470	93,5	0,91	5,5	1,4	2,7	1,7
АИР315М4	200	1470	94,5	0,92	5,5	1,4	2,8	1,8
АИР355S4	250	1470	94,5	0,92	7,0	1,4	2,8	1,8
АИР355М4	315	1470	94,5	0,92	7,0	1,4	2,8	1,8
Синхронна частота обертання 1000 об/хв								
АИР71А6	0,37	920	65,0	0,65	4,5	2,2	2,1	1,6
АИР71В6	0,55	925	68,5	0,70	4,5	2,2	2,2	1,7
АИР80А6	0,75	930	70,0	0,72	4,5	2,2	2,2	1,7
АИР80В6	1,1	935	74,0	0,74	4,5	2,2	2,3	1,9
АИР90L6	1,5	940	76,0	0,72	6,0	2,2	2,3	1,9
АИР100L6	2,2	940	81,0	0,74	6,0	2,2	2,2	1,6
АИР112МА6	3,0	950	81,0	0,76	6,0	2,2	2,2	1,6
АИР112МВ6	4,0	950	82,0	0,81	6,0	2,2	2,2	1,6
АИР132S6	5,5	960	85,0	0,80	7,0	2,2	2,2	1,6
АИР132М6	7,5	960	85,5	0,81	7,0	2,2	2,2	1,6
АИР160S6	11,0	970	86,0	0,83	6,5	2,7	2,6	1,7
АИР160М6	15,0	970	87,0	0,85	6,5	2,7	2,6	1,7
АИР180М6	18,5	970	89,5	0,85	6,5	2,4	2,7	1,7
АИР200М6	22,0	970	90,0	0,83	6,5	2,4	2,4	1,6
АИР200L6	30,0	970	90,0	0,85	6,5	2,4	2,5	1,7

АИР225М6	37,0	970	91,0	0,85	6,5	2,3	2,6	1,7
АИР250S6	45,0	970	92,5	0,85	6,5	2,3	2,6	1,7
АИР250М6	55,0	970	92,5	0,86	6,5	2,3	2,6	1,7
АИР280S6	75,0	975	92,5	0,90	6,5	2,2	2,7	1,7
АИР280М6	90,0	975	93,0	0,90	6,5	2,4	2,7	1,7
АИР315S6	110	975	93,0	0,92	6,0	2,3	2,7	1,7
АИР315М6	132	975	93,5	0,90	6,5	2,3	2,7	1,7
АИР355S6	160	975	94,0	0,90	7,0	2,0	2,7	1,7
АИР355М6	200	975	94,5	0,90	7,0	2,0	2,7	1,7
Синхронна частота обертання 750 ОБ/ХВ								
АИР90LB8	1,1	710	74,0	0,72	4,5	1,5	2,2	1,5
АИР100L8	1,5	700	76,0	0,75	3,7	1,6	2,0	1,5
АИР112МА8	2,2	710	76,5	0,71	6,0	1,8	2,2	1,4
АИР112МВ8	3,0	700	79,0	0,74	6,0	1,8	2,2	1,4
АИР132S8	4,0	720	83,0	0,70	6,0	1,8	2,2	1,4
АИР132М8	5,5	720	83,0	0,74	6,0	1,8	2,2	1,4
АИР160S8	7,5	720	86,0	0,72	5,5	1,7	2,3	1,5
АИР160М8	11,0	720	87,0	0,73	5,5	1,7	2,3	1,5
АИР180М8	15,0	730	88,0	0,74	5,5	1,8	2,4	1,6

Таблиця Д.1.2 - Трифазні двигуни з підвищеним ковзанням серії АИРС

Тип	Технічні параметри двигуна							
	$P_{НОМ}$, кВт	Номинальна частота обертання, $n_{НОМ}$, об/хв	ККД, %	$\cos \phi$	$\frac{I_n}{I_{НОМ}}$	$\frac{M_n}{M_{НОМ}}$	$\frac{M_{max}}{M_{НОМ}}$	$\frac{M_{min}}{M_{НОМ}}$
АИРС71В2	1,2	2770	72	0,83	5,5	1,6	2,2	2,0
АИРС80А2	1,9	2830	76	0,84	6,5	1,6	2,2	2,1
АИРС80В2	2,5	2790	76	0,86	6,5	1,6	2,2	2,1
АИРС90L2	3,5	2790	80	0,86	6,5	1,6	2,2	2,0
АИРС100S2	4,8	2800	82	0,86	7,5	1,6	2,2	2,0
АИРС100L2	6,3	2800	82	0,86	7,5	1,6	2,2	2,0
АИРСМ112М2	8,0	2820	83	0,87	7,5	1,6	2,2	2,0
АИРС132М2	12,5	2820	86	0,87	7,5	1,6	2,2	2,0
АИРС80А4	1,32	1380	69	0,80	5,0	1,6	2,2	2,1

АИРС80В4	1,7	1380	71	0,82	5,0	1,6	2,2	2,1
АИРС100S4	3,2	1400	77	0,81	6,0	1,6	2,2	2,0
АИРС100L4	4,25	1400	83	0,78	6,0	2,0	2,5	2,1
АИРСМ112М4	6,0	1388	82	0,81	5,0	1,6	2,5	2,1
АИРСМ132S4	8,5	1410	83	0,82	5,3	1,7	2,2	2,0
АИРСМ132М4	11,8	1400	85	0,83	6,0	1,6	2,3	2,0
АИРС160S4	15,0	1420	86	0,82	6,0	1,7	2,2	2,0
АИРС160М4	18,5	1420	87	0,81	5,5	1,6	2,2	2,0
АИРС180М4	22,0	1430	88,5	0,8	5,5	1,6	2,2	2,0
АИРС90L6	1,7	900	71	0,72	6,0	1,6	2,2	2,0
АИРС100L6	2,6	930	76	0,76	6,0	1,6	2,2	2,0
АИРС132S6	6,3	925	82	0,78	6,0	1,6	2,2	2,1
АИРС132М6	8,5	935	83	0,79	6,0	1,6	2,3	2,1
АИРС160S6	11,0	930	81	0,8	6,0	1,6	2,3	2,1
АИРС160М6	15,0	933	83	0,81	5,5	1,7	2,1	2,0
АИРС180М6	18,5	925	83	0,82	5,0	1,6	2,0	2,0
АИРС90LB8	1,2	670	67	0,72	3,5	1,5	1,9	1,6
АИРС100L8	1,6	670	69,5	0,64	5,5	1,6	2,0	1,9
АИРС200М8	18,5	750	85	0,7	5,0	1,5	1,9	1,7
АИРС225М8	22,0	750	86	0,72	4,5	1,4	1,7	1,9

Структура умовного позначення асинхронних електродвигунів єдиної серії: – 4А 4А Х₁ Х₂ Х₃ Х₄ Х₄ Х₄ Х₅ Х₆ Х₇ Х₈Х₉:

- 4 – порядковий номер серії; А – тип електродвигуна (асинхронний)
- Х₁ – виконання за способом захисту від навколишнього середовища: Н – ІР23 (захисений), відсутність літери – ІР4А (закритий);
- Х₂–модифікація основного виконавця; К фазний ротор, Р–з підвищеним пусковим моментом, С – з підвищеним ковзанням;
- Х₃ – матеріал станини та щитів: А– алюміній; Х–станина алюмінієва, щити чавунні; відсутність літери – корпус з чавуну чи сталі;
- Х₄ Х₄ Х₄ – дві чи три цифри, які позначають висоту осі обертання, мм
- Х₅ – довжина станини: S – менша, М – середня, L – більша;
- Х₆ – довжина статора: А – менша, В – більша;
- Х₇ – число полюсів;
- Х₈ – кліматичне виконання: П–помірний, Т–тропічний, Х–хімостійкий;
- Х₉ – категорія розміщення: 1–відкрите повітря; 2– приміщення з несуттєвими відхиленнями температури та вологості від відкритого повітря; 3 – приміщення з природною вентиляцією без штучного клімату; 4 – опалювані приміщення; 5 – приміщення з підвищеною вологістю.

Додаток 2 - Пускова та захисна апаратура

Автоматичні вимикачі серії АЕ20

Автоматичні вимикачі серії АЕ20 забезпечують захист від струмів короткого замикання та перевантаження при напрузі 380 В.

Структура позначення – АЕ20: АЕ – серія; 20 – порядковий номер розробки; $X_1 X_2$; X_1 – величина: 1– 10 А; 2–16 А; 3– 25 А; 4– 63 А; 5– 100 А; X_2 – число полюсів з розчіплювачами: 3 – триполюсні з електромагнітними розчіплювачами; 6–триполюсні з комбінованими розчіплювачами.

Таблиця Д.2.1 – Технічні характеристики

Марка	Номинальний струм вимикача, А	Номинальний струм розчіплювача, А	Струм короткого замикання кА	Вид розчіплювача
АЕ2020	16	0,3; 0,6; 0,8; 1,0 1,25; 1,6	4,0	К
			0,7	Ем
	16	2,0; 2,5; 3,15; 4,5; 6,	1,0	К
	16	8; 10; 12,5; 16	2,0	К або Ем
АЕ2030	25	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6 2; 2,5; 3,15; 4	0,8	Ем
			1,5	Ем
	25	16; 20; 25 16; 20; 25	4,5	Ем
			3,0	К
АЕ2040	63	10; 12,5	2,0	К або Ем
	63	16; 20; 25	3,0	К або Ем
	63	31,5; 40; 50; 63	6,0	К або Ем
АЕ2050	100	16; 20; 25	3,0	К або Ем
	100	31,5; 40	6,0	К або Ем
	100	50; 63; 80; 100	9,0	К або Ем

Примітка: К – комбінований; Ем – електромагнітний.

Автоматичні вимикачі серій ВА-2000; ВА-2001; ВА-2003

Призначення: Вимикачі автоматичні низьковольтні серій УкрЕМ ВА-2000, ВА-2001, ВА-2003 призначені для захисту низьковольтних електричних кіл від перевантажень та струмів короткого замикання, а також для оперативних відключень і включень електричних кіл. Вимикачі автоматичні відповідають стандарту ГОСТ 30325-95 (МЕК 898-87).

Маркірування: Безпосередньо на вимикачах, а також на пакувальних коробках розміщені умовні позначення, які розкривають технічні характеристики даного виробу.

Наприклад: ВА – вимикач автоматичний; - 20 – тип корпусу; - 01 – модифікація виробу; - 1р – кількість полюсів; - 32 А – номінальний струм.

Автоматичні вимикачі з характеристиками відключення типів В та С (від 1 до 63 А) мають ширину корпусу 18 мм. Вимикачі з характеристикою відключення типів D (від 63 до 100 А) мають ширину корпусу 27 мм. Вони забезпечують граничну комутаційну здатність до 6000 А.

Таблиця Д.2.2 - Технічні характеристики

Кількість полюсів	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4
Номинальний струм, А	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63	63, 80, 100
Номинальна напруга, В	220 / 380	230 / 415
Частота струму мережі, f , Гц	50	50
Тип характеристика відключення	В, С	D
Комутаційна зносостійкість, циклів	Не менш 6000	Не менш 10000
Гранична комутаційна здатність, А	6000	6000

Пристрої захисного відключення УкрЕМ ПЗВ-2001, ПЗВ-2002

Пристрої захисного відключення (ПЗВ) УкрЕМ ПЗВ-2001, ПЗВ-2002 застосовуються у низьковольтних електричних колах промислового та побутового призначення для захисту кіл у разі пошкодження ізоляції та для захисту від ураження електричним струмом у випадку попадання людини під напругу. ПЗВ служать також для запобігання займань та пожеж, викликаних струмом витоку та замикань на землю. Відповідають міжнародному стандарту МЕК 755-83. Безпосередньо на виробач, а також на пакувальних коробках пристроїв захисного відключення розміщені умовні позначення, які розкривають їх технічні характеристики.

Наприклад: ПЗВ-2001-4р-25-30 означає: ПЗВ – пристрої захисного відключення; 2001 – модифікація виробу; - 4р – кількість полюсів; - 25 А – номінальний струм навантаження, - 30 мА – струм витоку, мА

Для перевірки працездатності ПЗВ є кнопка «Тест». Спрацьовування ПЗВ при натиску цієї кнопки, свідчить про його придатність.

Таблиця Д.2.3- Пристрої захисного відключення УкрЕМ ПЗВ-2001, 2002

Кількість полюсів	2, 4
Номинальна напруга, В	240 / 415
Частота мережі, Гц	50
Номинальний струм, А	16, 25, 32, 40, 63, 80, 100
Відмикаючий струм витоку, мА	10, 30, 100, 300
Комутаційна зносостійкість, циклів	2500
Гранична комутаційна здатність, А	3500
Час відключення при номінальному струмі, мс	від 0,4 до 2
Механічна зносостійкість, циклів	10000

Таблиця Д.2.4 - Диференціальний вимикач ДВ-2002

Диференціальний вимикач ДВ-2002 є комбінацією двох приладів: ПЗВ та автоматичного вимикача

Кількість полюсів	1P + N
Номинальна напруга, В	240 / 380
Номинальна частота мережі, Гц	50
Струм навантаження, А	6, 10, 16, 20, 25, 32
Відмикаючий диференціальний струм, мА	10. 30
Комутаційна зносостійкість, циклів	10000
Гранична комутаційна здатність, А	4500
Час відключення при номінальному струмі витoku, с	не більше 0,1

Таблиця Д.2.5 – Приставки допоміжних контактів для автоматичних вимикачів серій ВА-2000, ВА-2001, ВА-2003

Рід струму	Основні характеристики	Значення параметрів
Змінний струм 50 / 60 Гц	Номинальна робоча напруга, В	230, 400
	Номинальний робочий струм, А	3, 6
Постійний струм	Номинальна робоча напруга, В	24, 48, 130
	Номинальний робочий струм, А	1, 2, 6
Механічна зносостійкість, циклів		10000
Номинальна напруга ізоляції, В		660

Таблиця Д.2.6 - Кнопки управління ХВ2

Номинальна напруга	В	660
Тривалий номінальний струм	А	10
Номинальний струм вмикання для типів: – Іе АС-15 380/220/110/48/24 В - Іе DC-13 380/220/110/48/24 В	А	2,5/4,5/6/8
	А	0,3/0,6/1,3/2,5
Механічна зносостійкість, циклів	млн	1,0
Комутаційна зносостійкість при номінальних напругах та струмах вмикання	млн.	0,1
Частота вмикань для: кнопочних приводів для блокованих та поворотних	год	до 3600
	год	до 360
Діапазон робочих температур	°С	-5...+60

Таблиця Д.2.7- Кнопки з підсвічуванням

Кнопки з підсвічуванням мають один замикаючий контакт

Опис	Напруга	Колір	Маркірування
Пряме включення	≤380 В	зелений	ХВ2-BW3361
		червоний	ХВ2-BW3461

		жовтий	XB2-BW3561
Включення через резистор BA 9s, 130 В	220 В – 250 В	зелений	XB2-BW3371
		червоний	XB2-BW3471
		жовтий	XB2-BW3571
Включення через трансформатор 1,2 VA 9s, 6 В	220 В / 50 Гц 110-120 В/60 Гц	зелений	XB2-BW3331
		червоний	XB2-BW3431
		жовтий	XB2-BW3531
	220 В / 50 Гц	зелений	XB2-BW3341
		червоний	XB2-BW3441
		жовтий	XB2-BW3541
	240 В / 50 Гц	зелений	XB2-BW33941
		червоний	XB2-BW34941
		жовтий	XB2-BW35941
	380 В / 50 Гц	зелений	XB2-BW3351
		червоний	XB2-BW3451
		жовтий	XB2-BW3551
	415 В / 50 Гц	зелений	XB2-BW33931
		червоний	XB2-BW34931
		жовтий	XB2-BW35931

Таблиця Д.2.8 - Кнопки натискні

Опис	Тип контакту	Колір	Маркірування
Потайні або скритні	замикаючий	чорний	XB2-BA21
		зелений	XB2-BA31
		жовтий	XB2-BA51
		блакитний	XB2-BA61
	Замикаючий, розмикаючий	червоний	XB2-BA42
Грибо- подібні Ø 40 мм	замикаючий	чорний	XB2-BC21
		зелений	XB2-BC31
		жовтий	XB2-BC51
		блакитний	XB2-BC61
	Замикаючий, розмикаючий	червоний	XB2-BC42
Грибо подібні Ø 60 мм	замикаючий	чорний	XB2-BR21
		зелений	XB2-BR31
		жовтий	XB2-BR51
		блакитний	XB2-BR61
	Замикаючий, розмикаючий	червоний	XB2-BR42

Таблиця Д.2.9 - Пости управління одномісні XAL-B

Опис	Тип контакту	Маркірування на корпусі	Маркірування на кнопці	Позначення
Зелена натискна	Замикаючий, розмикаючий	Start	-	XAL-B101H29
		-	1	XAL-B102
		-	Start	XAL-B103
Червона натискна	замикаючий	Stop	-	XAL-B111H29
		-	Stop	XAL-B114
		-	0	XAL-B112
Червона Ø 40 (mm)	Замикаючий, розмикаючий	Stop	-	XAL-B164H29
Червона натискна	Замикаючий, розмикаючий	-	Stop	XAL-B116

Таблиця Д.2.10 - Пости управління двомісні

Опис	Тип контакту	Маркірування на корпусі	Маркірування на кнопці	Позначення
Натискні 1. Зелена 2. Червона	Замикаючий, розмикаючий	Start	-	XAL-B211H29
		Stop	-	
		-	1	XAL-B213
		-	0	
		-	Start	XAL-B215
		-	Stop	

Таблиця Д.2.11 - Пости управління тримісні

Опис	Тип контакту	Маркірування на корпусі	Маркірування на кнопці	Позначення
1. Сигнальна арматура 2. Зелена 3. Червона	Замикаючий, розмикаючий	Start	-	XAL-B361H29
		Stop	-	
		-	1	
		-	0	XAL-B363
		-	Start	
		-	Stop	XAL-B366
1. Сигнальна арматура 230 В 2. Зелена 3. Червона	Замикаючий, розмикаючий	Start	-	XAL-B371H29
		Stop	-	
		-	1	
		-	0	XAL-373
		-	Start	
		-	Stop	XAL-376

Таблиця Д.2.12 - Світлосигнальна арматура серії УкрЕМ СЛ-2001

Номінальна напруга , В	220
Частота мережі не більше , Гц	50, 60
Робочий діапазон температур, °С	-5...+40
Допустиме зусилля вібрацій, дБ	15
Час напрацювання на відмову , год	2×10^4
Струм споживання не більше , мА	1

Світлосигнальна апаратура серії УкрЕМ СЛ-2001 призначена для світлової індикації стану електротехнічного Містить замок кріплення на 35 мм DIN-рейку. Ступінь захисту IP30. Корпус світлосигнальної арматури виготовлений з механічно міцної та термостійкої (240°С), не підтримуючої горіння пластмаси, усередині якого розташовані неонові лампа, баластний резистор і з'єднувальні клеми. Склад газу лампи дає монохроматичне свічення зеленого, жовтого і червоного кольорів.

Таблиця Д.2.13 - Світлодіодна арматура серії AD22S і AD16S

Номінальна напруга , В	6, 12, 24, 48, 110, 220, 380								
Напрацювання на відмову , год	$> 4 \times 10^4$								
Яскравість, кд/м ²	> 60								
Клас електрозахисту	III								
Робочий діапазон температур, °С	-5...+60								
Струм споживання не більше, мА	<table border="1"> <tr> <td>AD22DS зелений</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>AD22DS черв., жовт., білий</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>AD16DS зелений</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>AD16DS черв., жовт., білий</td> <td>6</td> </tr> </table>	AD22DS зелений	30	AD22DS черв., жовт., білий	7	AD16DS зелений	20	AD16DS черв., жовт., білий	6
AD22DS зелений	30								
AD22DS черв., жовт., білий	7								
AD16DS зелений	20								
AD16DS черв., жовт., білий	6								

Світлодіодна сигнальна арматура призначена для індикації присутності напруги електричної мережі, а також стану електротехнічного обладнання. Перевагами світлодіодів у порівнянні з лампами розжарювання та неоновими лампами є: не критичність до вібрацій; мале енергоспоживання; великий строк служби; відсутність електромагнітних випромінювань; малі габарити. Ступінь захисту зі сторони розсіювача IP54. Корпус світлосигнальної арматури виготовлений з термостійкої та механічно міцної, не підтримуючої горіння пластмаси, містить світлодіодну матрицю, баластний резистор, або конденсатор при змінному струмі. Використовуються світлодіоди чотирьох кольорів: зелений, жовтий, білий і червоний. Розсіювачі у вигляді ковпачків устатковуються відповідного кольору.

Таблиця Д.2.14 - Світлосигнальна арматура серії AD22C

Номінальна напруга , В	6, 12, 24, 48, 110, 220
Робочий діапазон температур, °С	-15...+40
Допустиме зусилля вібрацій , дБ	25
Час напрацювання на відмову не менше Т, год	4×10^4
Струм споживання не більше , мА	1,0

Таблиця Д.2.15 – Малогабаритна світлосигнальна арматура серії NXD

Номинальна напруга , В	Змінний струм	220, 24
	Постійний струм	24
Робочий діапазон температур, С		-5...+40
Допустиме зусилля вібрацій , дБ		15
Час напрацювання на відмову , год		2×10^4
Струм споживання не більше , мА		1,7

Таблиця Д.2.16 - Магнітні пускачі серії ПМЛ, контактні приставки ПЛК та теплові реле РТЛ

Показники	ПМЕ	ПАЕ	ПМА	ПМЛ	ПТ; ПТК
Номинальна напруга, В	36...500	380...500	380...660	380...660	380
Потужність, кВт, при $U_{ном} = 380$ В, 50 Гц	1,1...10	17...75	11...75	4...110	50
Струм користувача, А, при $U_{ном} = 380$ В, 50 Гц	3...25	40...146	25...160	10...200	100
Виконання:					
- відкрите	+	+	+	+	+
- захищене	+	+	+	+	+
-бризконепроникне	+	-	-	-	+
Теплове реле	ТРН-10	ТРН-40	ТРН-25	РТЛ	-
	ТРН-25	ТРП	ТРН-40		
Реверсивне виконання	+	+	+	+	+
Величина	0-II	III-VI	II-VI	I-VII	III-V
Зносотривкість, 10^6 циклів	1...5	2...3	1...4	1...4	1

Примітка: « + » - можуть випускати у відкритому захищеному чи бризкозахищеному виконанні; « - » - у даному виконанні не випускається.

Пускач серії ПМЛ призначений для дистанційного пуску та зупинки асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором, а у виконанні з триполюсним тепловим реле РТЛ – для захисту від перевантажень і струмів, виникаючих у двофазному режимі. Контактні приставки ПЛК призначені для збільшення числа допоміжних контактів.

Структура умовного позначення пускача ПМЛ- $X_1 X_2 X_3 X_4 X_5 X_6$:

- X_1 – величина пускача по струму: 1 – 10 А; 2 – 25 А; 3 – 40; 4 – 63 А; 5 – 80 А; 6 – 125 А; 7 – 200 А;

- X_2 – виконання за призначенням та наявністю теплового реле:

1 – нереверсивний без теплового реле; 2 – нереверсивний з тепловим реле; 5 - реверсивний без теплового реле; 6 - реверсивний з тепловим реле; 7 – пускач зірка – трикутник;

- X_3 – виконання за ступенем захисту та наявністю кнопок:

1 – IP54 без кнопок;

2 - IP54 з кнопками «Пуск» та «Стоп»; 3 - IP54 з кнопками «Пуск» та «Стоп» і сигнальною лампою;

- X_4 – число контактів допоміжного кола: 0 – 1з (10...25 А), 1з + 1р (40...63 А та 80...200 А); 1-1р (10...25 А); 2з + 2р (60...200 А); 2 - 2з + 3Р (80...200 А); 3 – 3з + 1р (80...200 А); (4 – 5з + 1р (80...200 А);

5 – 1з (10...25 А), 1з + 1р (40...63 А); 6 – 1р (10...25 А)];

- X_5 – кліматичне виконання (0; ТВ) і категорія розміщення (2; 4);

- X_6 – зносостійкість контактів (А – від 2...4 млн. циклів; Б – 1 млн. циклів; В – 0,3 млн. циклів).

Приклад розшифрування позначення пускача ПМЛ-251102: пускач другої величини (струм 25 А); реверсивний без теплового захисту; виконання IP54 без кнопок; число контактів 1р (10...25 А), 2з + 2р (80...200 А); кліматичне виконання 0; категорія розміщення 2.

Контактор пускача має прямохідну магнітну систему III-подібного типу при струмах 10...63 А та II-подібну на струм 80...200 А. Теплове реле РТЛ приєднують безпосередньо до корпусу контактора. Номінальний струм реле РТЛ-1000 дорівнює 25 А; РТЛ-2000 – 80 А та РТЛ-3000 – 200 А. Теплові реле включені у три фази і впливають на один розмикаючий та один замикаючий контакти.

У комплект пускача можуть входити: реле проміжне серії РПЛ, приставка контактна серії ПКЛ, пневматична приставка витримування часу серії ПВЛ та приставка пам'яті серії ППЛ, які використовують у схемах управління при напругах до 660 В змінного та 440 В постійного струму.

Приставки контактні ПКЛ і пневматичні ПВЛ призначені для установлення на реле РПЛ, а також на контакторах серії ПМЛ 1...4 величини; приставки пам'яті ППЛ – тільки для установлення на реле РПЛ.

Марка проміжного реле РПЛ- $X_1 X_2 X_3 X_4$ моноблочної конструкції для установлення у комплексній пристрій на чотири контакти миттєвої дії розшифровується:

- X_1 – виконання за родом струму (1 – змінний; 2 – постійний);
- X_2 – число замикаючих контактів (2; 3; 4);
- X_3 - число розмикаючих контактів (0; 1; 2);
- X_4 – кліматичне виконання (О) та категорія розміщення (4).

Приставка контактна ПКЛ- $X_1 X_2 O4$ діє від контактора. Це блок, який складається з дугогасильної системи, нерухомих контактів та траверси з рухомими контактами. Поставляють для пускачів відкритого виконання на струми 10...63 А.

Структура умовного позначення:

- X_1 - число замикаючих контактів (0; 1; 2; 4);
- X_2 - число розмикаючих контактів (0; 1; 2; 4);
- $O4$ – кліматичне виконання та категорія розміщення.

Пневмоприставка ПВЛ- $X_1 X_2 O4$ має пневматичну камеру, яка створена з гумового сильфона (пневмодросель), та механізм передачі руху і контакти. Витримування часу регулюють плавно при включенні чи відключенні реле.

У марці прийнято:

- X_1 – виконання (1 – витримування часу при включенні; 2 – при відключенні);
- X_2 – діапазон витримування часу (1 – 0,1...30 с; 2 – 10...180 с).

Таблиця Д.2.17 - Теплові реле РТЛ

Марка	Струм нагрівача, А	Максимальний струм тривалого режиму, А при +40°C	Потужність, споживана одним полюсом, Вт	
Номінальний струм пускача 10 А				
РТЛ-1001	0,10...0,17	0,17	1,7...2,8	
РТЛ-1002	0,16...0,26	0,26		
РТЛ-1003	0,24...0,40	0,40		
РТЛ-1004	0,38...0,65	0,65		
РТЛ-1005	0,61...1,0	1,0		
РТЛ-1006	0,95...1,6	1,6		
РТЛ-1007	1,5...2,6	2,6		
РТЛ-1008	2,4...4,0	4,0		
РТЛ-1010	3,8...6,0	6,0		
РТЛ-1012	5,5...8,0	8,0		
РТЛ-1014	7,0...10,0	10,0		
Номінальний струм пускача 25 А				
РТЛ-1016	9,5...14,0	14,0		
РТЛ-1021	13,0...19,0	19,0		
РТЛ-1022	18,0...25,0	25,0		
40 А				
РТЛ-2053	23,0...32,0	30,0		
РТЛ-2055	30,0...41,0	40,0		
Номінальний струм пускача 63 А				
РТЛ-2057	38,0...52,0	50,0	3,6...5,7	
РТЛ-2059	47,0...64,0	57,0		
РТЛ-2061	54,0...74,0	66,0		
Номінальний струм пускача 80 А				
РТЛ-2063	63,0...85,0	80,0	3,6...5,7	
Номінальний струм пускача 125 А				
РТЛ-3105	75,0...105,0	105,0		
Номінальний струм пускача 200 А				
РТЛ-3125	90,0...125,0	125,0		
РТЛ-3160	115,0...160,0	160,0	5,4...12,3	
РТЛ-3200	145,0...200,0	200,0	5,4...12,3	

Додаток 3 - Проводи, кабелі, пускова та захисна апаратура для підключення асинхронних електродвигунів

Таблиця Д.3.1 - Вибір проводів, кабелів, пускової та захисної апаратури для підключення асинхронних електродвигунів

Потужність двигуна, кВт	Струм, А	Пускова та захисна апаратура			Діаметр труби ,мм. Переріз проводів та кабелю, мм ²		
		струм уставки запобіжника, А	струм розчіплювача, А	струм нагрівального елемента, А	провід АПРТО у трубі, мм ²	діаметр труби, мм	кабель мм ²
0,4	1,4	4	1,6	2,5	2,5	15	2,5
0,6	1,9	6	2,5	2,5	2,5	15	2,5
0,8	2,4	6	2,5	2,5	2,5	15	2,5
1,1	3,0	10	4,0	4,0	2,5	15	2,5
1,5	3,9	10	4,0	4,0	2,5	15	2,5
2,2	6,1	10	6,4	6,3	2,5	15	2,5
3,0	8,0	15	10	10,0	2,5	15	2,5
4,0	10,2	25	16	10,0	2,5	15	2,5
5,5	13,7	35	16	16,0	2,5	15	2,5
7,5	16,0	45,5	16	16,0	2,5	15	2,5
10,0	21,0	60	25	25,0	4,0	32	2,5
13,0	26,5	80	40	32,0	4,0	32	4,0
17,0	34,0	100	40	32,0	10,0	32	6,0
22,0	34,6	120	50	50,0	16,0	32	10,0
30,0	62,0	200	80	80,0	25,0	50	25,0
40,0	76,0	250	100	80,0	35,0	50	25,0
55,0	100,5	-	100	100,0	50,0	50	50,0
75,0	134,5	-	150	150,0	75,0	70	70,0
100,0	178,0	-	250	-	95,0	70	95,0

Додаток 4 - Технічні характеристики перетворювачів частоти серії ЕП – 07

Таблиця Д.4.1- Технічні характеристики перетворювачів частоти

Потужність двигуна, кВт	5,5	7,5	11	15	18	22	30	37	45	55	75	90	110
Номінальний струм навантаження, А	12,5	16	25	30	36	50	63	75	90	110	145	170	210
Номінальна лінійна напруга мережі, В	380 (+10...-15%)												
Частота, Гц	50, 60												

Вихідна напруга, В	10...380 у залежності від вихідної частоти
Діапазон регулювання вихідної частоти, Гц	0,5...100 (+0,1; -0,1)
Допустиме перевантаження перетворювача	Програмується у межах: 0,1 I _{НОМ} ...1,2 I _{НОМ} – 120 с...1,5 I _{НОМ} – 60 с...2,0 I _{НОМ}
Спосіб модуляції	Векторна ШІМ частотою 1...10 кГц
Закон керування U/F	Задається програмно у т.ч. з постійним моментом, чи зі специфічними законами для насосів та вентиляторів та інше
Режим роботи	Плавний розгін і гальмування, робота на заданій частоті, реверс, робота у розімкненій чи замкненій системі регулювання технологічного параметра, робота по таймеру

Таблиця Д.4.2. Характеристики вхідних та вихідних сигналів

Вхідні сигнали	Вихідні сигнали
аналогові - 4 канали: - напруга – 0...10 В; - струм – 0...5 мА, 4...20 мА;	аналогові - 2 канали: - напруга – 0...10 В;
дискретні - 8 каналів: - типу «сухий контакт» - 24 В; 0,1 А;	дискретні - 8 каналів: - типу «сухий контакт» - 24 В; 0,1 А;
інтерфейс: - RS485, RS232 для зв'язку з віддаленим пультом управління, персональним комп'ютером чи АСУ ТП.	стабілізована постійна напруга: 24 В для живлення зовнішніх пристроїв

Таблиця Д.4.3. Захист та сигналізація

<p>Захист:</p> <ul style="list-style-type: none"> - від струмів внутрішнього і зовнішнього короткого замикання; - від перенапруг; - від зникнення чи недопустимого зниження живлячої напруги; - від перевантаження по струму з затримкою по часу спрацьовування захисту; - від несанкціонованого доступу до запрограмованих параметрів та режимів роботи електроприводу; - від збою контролера; - від обриву зворотного зв'язку.
<p>Контроль:</p> <ul style="list-style-type: none"> - напруги і струму у ланці постійної напруги; - струму двигуна (коли використовується варіантне виконання з ДТ2); - технологічного параметра;

- програмованих параметрів; - коду і часу 10-ти останніх нештатних ситуацій.
Сигналізація: - про включений і відключений стани; - про спрацьовування захистів; - про режими роботи.

Додаток 5 - Реле серій EASY I MFD-Titan

Таблиця Д.1-Технічні характеристики реле

Параметри і функції	Кількість елементів або функцій			
	EASY500	EASY700	EASY800	MFD-Titan
Напруга живлення, В	12 У DC; 24 В DC; 24 В AC; 115/240 В AC	12 У DC; 24 В DC; 24 В AC; 115/240 В AC	24 У DC; 115/240 В AC	24 У DC; 115/240 В AC
Аналогові входи	8/4R; або 8/4T	12/6R; або 12/8T	12/6R; або 12/8T	12/4R; або 12/4T
виходи (0-10 В)	2/-	2/-	4/1	4/1
Входи для підрахунку кіл	R-8 А; Т-0,5 А	R-8 А; Т-0,5 А	R-8 А; Т-0,5 А	R-8 А; Т-0,5 А
Ж-К дисплей	Є; немає	Є; немає	Є; немає	Є
клавіатура Крок програми (1 рядок) на дисплеї Кількість кроків (рядків) програми Текстовий дисплей, кількість текстів (кадрів)	3 контакту, 1 котушка 16 текстів по 48 знаків	3 контакту, 1 котушка 16 текстів по 48 знаків	4 контакту, 1 котушка 32 тексти по 64 знака	4 контакту, 1 котушка Графічний дисплей 132x64 пікселів.
Таймер тижневий/річний	4/4	4/4	32/32	32/32
Багатофункціональн реле годин	16	16	32	32
Лічильник з можливістю-зміни наряду рахунку	16	16	32	32

Лічильник годин роботи устаткування	4	4	4	4
Аналоговий	16	16	32	32
Внутрішнє реле пам'яті	32	32	96	96
Габарит\и (ВхШхГ), мм	71,5x90x58	107,5x90x58	107,5x90x72	Дисплей: 86,5 x86,5x20 ; Процесор: 107,5 x29,5x90 ;
Ступінь захисту	IP20	IP20	IP20	IP20

Розшифровка позначення реле: **EASY abb - cc - def a...** серія приладу;
bb... сума кількості входів і виходів і можливості розширення; **cc...** напруга живлення: DA...12 У DC DC..24 У DC

L. ..24 У AC

M. ..115/240 У AC;

d. .. тип виходів (R - реле; T - транзистори);

e. ..С... годинник реального часу;

E... розширювальний прилад;

f. ..Х... прилад без кнопок і дисплея.

Окрім перерахованого, реле EASY800 має наступні модулі: арифметичний блок ADD, SUM, MUL, DIV ; логічні операції AND, OR, XOR, NOT; отримання блоку даних з мережі ; розміщення блоку даних в мережі; масштабування значення ; синхронізація часу в мережі; таймер .

Додаток 5- Прилади плавного пуску DM4-340

Таблиця Д.5.1- Технічні характеристики

Джерело живлення	3- фазна 4-провідна мережа змінного струму
Номінальна напруга живлячої мережі	380 В +/-15 %
Частота живлячої мережі	50 Гц
Тип керованого двигуна	Трифазний асинхронний
Потужність керованого двигуна	0,75...500 кВт
Тривалість плавного пуску	3...30 с
Температура навколишнього середовища	-10...+40 °С
Виконання	IP40/IP65

Маркування приладів плавного пуску DM4 - X₁ X₂ X₃ - X₄ X₅ X₆ розшифровується:
X₁ – число фаз, 3 фази; X₂ – напруга, 400 В; X₃ – серія, версія 0; X₄ , X₅ - потужність, 11, 15, 22, 30, 37, 45, 55, 75, 90, 110, 132, 160, 200, 250; X₆ – одиниці вимірювання потужності, кВт.

Додаток 7 - Універсальні програмовані логічні модулі

Таблиця Д.6.1- Технічні характеристики

Назва	Модель	
LOGO! Basic	LOGO! 230RC	LOGO! 12/24 RC
LOGO! Pure	LOGO! 230RC ₀	LOGO! 12/24 RC ₀
Загальні технічні дані		
Напруга живлення:		
номінальна	~ 115...230 В	= 12/24 В
діапазон змін	~ 85...265 В	= 10...29 В
Частота змінного струму	47...63 Гц	-
Споживана потужність	1,1...6,0 Вт	0,3...1,8 Вт
Години реального часу	± 2 с/доб	± 2 с/доб
Дискретні входи ⁺		
Кількість входів	8	8
Вхідна напруга:		
низького рівня, не більше	~ 40 В; = 30 В	= 5 В
високого рівня, не менше	~ 79 В; = 79 В	= 8 В
Довжина звичайного кабелю, не більше	100 м	100 м
Аналогові входи		
Кількість	-	2
Вхідна напруга	-	= 0...10 В
Вхідний опір	-	76 кОм
Дискретні виходи		
Кількість виходів	4	4
Типи виходів	Контакти реле	Контакти реле
Гальванічна розв'язка	є	є
Вихідний струм:		
номінальний	10 А	10 А
максимальний	16 А	16 А
Потужність активного навантаження	1000 Вт	1000 Вт
Захист від струмів короткого замикання	Зовнішній	Зовнішній
Максимальна частота перемикання вихідних сигналів:		
без навантаження	10 Гц	10 Гц
при активному навантаженні, cosφ = 1,0	2 Гц	2 Гц
при індуктивному навантаженні, cosφ = 0,5	0,5 Гц	0,5 Гц
Конструктивні параметри		
Габарити	72×90×55 мм	72×90×55 мм
Маса	190 г	190 г

Ступінь захисту корпусу	1P20	1P20
Підключення зовнішніх кіл:		
контакт	Під гвинт	Під гвинт
переріз монтажного проводу	1×2,5 мм ² чи 2×1,5 мм ²	1×2,5 мм ² чи 2×1,5 мм ²

Список літератури

1. Монтик П.М. Електротехніка та електромеханіка. Навч. посібник. – Львів: «Новий світ – 2000», 2007. - 500 с.
2. Иванов А.А., Монтик П.Н. Электротехника и основы электроники. Учебное пособие. Под общей редакцией П.Н. Монтика. – Одесса: Друк, 2000. - 448 с.
3. Павлов А. И. Микропроцессорные системы управления. – Одесса, Автограф, 2004. - 386 с.
4. Андриющенко О.А., Водичев В.А. Электронные программируемые реле серий EASY и MFD - Titan. – Одесса: Издательство «Автограф», 2006. – 236 с.
5. Морозов Э.В. и др. Справочник электрика предприятий по хранению и переработке зерна. 2-ое изд. перераб. доп.- М: «Агропромиздат», 1989.-272 с.

Зміст

Вступ	3
1. Обсяг електротехнічної частини дипломного проекту.....	4
2. Методика виконання електротехнічної частини проекту.....	4
2.1 Основні вимоги до електроприводу робочої машини.....	4
2.2 Вибір типу і потужності двигунів електроприводу.....	4
2.2.1 Вибір типу двигунів.....	5
2.2.2 Вибір потужності двигунів	5
2.3 Електрична принципова схема керування електроприводом.....	7
2.4 Перетворювачі частоти для трифазних асинхронних двигунів.....	9
2.5 Прилади плавного пуску електродвигунів	10
2.6 Універсальні програмовані логічні модулі.....	10
2.7 Вибір захисних та комутуючих апаратів керування.....	11
2.8 Вибір перерізу жил кабелю.....	13
2.9 Розрахунок річного споживання електроенергії.....	13
Додатки.....	14
Додаток 1 - Трифазні двигуни загально промислового призначення	14
Додаток 2 – Пускова та захисна апаратура	18
Додаток 3 – Проводи, кабелі, пускова та захисна апаратури для підключення асинхронних електродвигунів	27
Додаток 4 – Технічні характеристики перетворювачів частоти серії ЕП-07	27
Додаток 5 – Реле серій EASY I MFD-Titan	29
Додаток 6- Прилади плавного пуску DM4-340.....	30
Додаток 7 – Технічні характеристики логічних програмованих реле.....	31
Список літератури	32