

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
 ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
 ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ
 УДК 636.5(075)

ПОГОДЖЕНО

Директор Інституту енергетики,
 автоматики і енергозбереження

Каплун В.В.

(підпис)

« » 2021 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
 електротехніки, електромеханіки та
 електротехнологій

Жильцов А.В.

(підпис)

« » 2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
 на тему: «Розроблення та дослідження електрообладнання для приготування
 кормів у кормоцеху КОРК-15»

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма «Енергетика сільськогосподарського виробництва»

Магістерська програма «Енергоінжиніринг в АПК»

Програма підготовки освітньо-професійна
 (освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Керівник магістерської роботи
К.Т.Н., доцент
 (науковий ступінь та вчене звання)

Виконав

(підпис)

Чуєнко Р.М.

(ПІБ)

(підпис)

Ліпатов А.Г.

(ПІБ)

Нормоконтроль
К.Т.Н., доцент
 (науковий ступінь та вчене звання)

Консультант

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Книжка Т.С.

(ПІБ)

(підпис)

Чуєнко Р.М.

(ПІБ)

КИЇВ – 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ
ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій

д.т.н., проф. _____ Жильцов А.В.

(підпис)

2021 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Ліпатову Андрію Георгійовичу

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма – Енергетика сільськогосподарського виробництва

Магістерська програма «Енергоінжиніринг в АПК»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: **„Розроблення та дослідження електрообладнання для приготування кормів у кормоцеху КОРК-15”**

затверджена наказом ректора НУБіП України від

Термін подання завершеної роботи на кафедру

Вихідні дані до магістерської роботи

«Правила улаштування електроустановок»; «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів»; «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Провести аналіз виробничо-господарської діяльності та стану електрифікації ТОВ

«Таблівське кар'єроуправління»

2. Виконати проектування електрифікації технологічних процесів у майстерні з ремонту автотракторної техніки

3. Провести вибір технологічного обладнання для майстерні ремонту електрообладнання

4. Виконати розрахунок системи електропостачання ремонтної майстерні.

5. Обґрунтувати заходи з монтажу та налагодження електрообладнання.

6. Розробити заходи з охорони праці у ремонтній майстерні.

7. Провести техніко-економічне обґрунтування електрифікації технологічних процесів у ремонтній майстерні.

Дата видачі завдання _____ 2021 р.

Керівник магістерської роботи _____

(підпис)

Чуєнко Р.М.

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Ліпатов А.Г.

(ПІБ)

Магістерська робота: 133 с., 29 рис., 19 табл., 28 джерел.

Мета роботи. Проектування комплексної електрифікації технологічних процесів у майстерні з ремонту автотракторної техніки, удосконалення технологічних процесів обслуговування і ремонту автотракторної техніки, запровадження ефективних форм експлуатації і підвищення експлуатаційної надійності силового електрообладнання, розробка засобів для дугового зварювання на базі асинхронного генератора із вентильним збудженням.

Об'єкт дослідження. Технологічне обладнання майстерні з ремонту та технічного обслуговування автотракторної техніки, технічні засоби для дугового зварювання на базі асинхронного генератора із вентильним збудженням.

Предмет дослідження. Процеси в силовому електрообладнанні та його технічний стан, технічні засоби для дугового зварювання на базі асинхронного генератора із вентильним збудженням, технологічні процеси технічного обслуговування та ремонту автотракторної техніки.

Методи дослідження. Під час виконання роботи застосовані метод ефективного числа електроприймачів при розрахунку навантаження майстерні з ремонту силового електрообладнання, метод коефіцієнту використання світлового потоку, точковий та питомої потужності при розрахунку електричного освітлення, метод коефіцієнту використання при розрахунку заземлювального пристрою споживчої трансформаторної підстанції та інші методи виконання електричних розрахунків.

У випускній магістерській роботі на тему: «Удосконалення технологічних процесів у ремонтній майстерні ТОВ «Пальнівське кар'єроуправління» Черкаської області» на достатньому методичному та інженерному рівні вирішені питання: електрифікації технологічних процесів у майстерні з ремонту та обслуговування автотракторної техніки; розробки питань енергопостачання та енергозбереження; розробки засобів для дугового зварювання на базі асинхронного генератора із вентильним збудженням; організації охорони та безпеки праці на пункті технічного обслуговування.

Проведений розрахунок електроприводу, взяті відповідні електродвигуни. Здійснено розрахунок та вибір апаратів керування і захисту та перевірка їх по умовам відповідності.

Здійснений розрахунок освітлення, проведено розрахунок основного приміщення методом коефіцієнту використання світлового потоку, а також у

допоміжних приміщеннях методом питомої потужності. Проведено вибір проводів, кабелів та освітлювальних щитів, ламп та світильників.

Положення що виносяться на захист:

- Вибір технологічного обладнання різних технологічних процесів на дільниці ремонту та технічного силового електрообладнання;

- Розрахунок та вибір електротехнічного обладнання різних технологічних процесів на дільниці ремонту та технічного силового електрообладнання;

- Розрахунок електроосвітлення і вибір освітлювальних установок;

- Розрахунок електричних навантажень, вибір джерел живлення і розрахунок зовнішніх електричних мереж;

- Організація обліку та раціонального використання електроенергії;

- Заходи з охорони праці та пожежної безпеки.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України	5
Вступ	5
1. ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКА ХАРАКТЕРИСТИКА І СТАН ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА	6
1.1. Виробничо-господарська характеристика господарства	6
1.2. Стан електрогосподарства підприємства	8
1.3. Характеристика виробничого об'єкту і вихідні дані для виконання магістерської роботи	9
1.4. Вихідні дані для проектування електрифікації технологічних процесів у ремонтній майстерні	9
2. ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У РЕМОНТНІЙ МАЙСТЕРНІ	12
2.1. Характеристика технологічних процесів	12
2.2. Види основного технологічного і силового електрообладнання	13
2.3. Вибір технологічного обладнання	16
2.4. Вибір і перевірка електропривода до силового електрообладнання	19
2.5. Вибір пуско-захисної апаратури	26
2.6. Розрахунок і вибір внутрішніх силових електропроводок. Вибір розподільчих пристроїв	27
2.7. Розрахунок електричного освітлення ремонтної майстерні	29
2.8. Розрахунок і вибір освітлювальних проводок. Вибір освітлювальних щитів	35
2.9. Захист трифазних асинхронних двигунів від роботи на двох фазах	37
3. РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ	41
3.1. Споживачі реактивної потужності	41
3.2. Баланс реактивної потужності асинхронного двигуна	42
3.3. Розрахунки плати за перетоки реактивної електроенергії за наявності його обліку	47
3.4. Експериментальне дослідження індивідуальної ємнісної компенсації реактивної потужності асинхронних двигунів	56
4. ПІДРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ І ОБГРУНТУВАННЯ ПОТУЖНОСТІ ТП	62
4.1. Підрахунок електричних навантажень і вибір джерела живлення	62
4.2. Розрахунок зовнішніх електричних мереж	67
4.3. Перевірка можливості пуску і нормальної роботи асинхронних електродвигунів	69
4.4. Перевірка апаратів захисту за граничною вимикаючою здатністю	73

5 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ	76
5.1 Прийом електромонтажних робіт. Організація ремонтної служби	76
5.2 Визначення об'єму ремонтних робіт та кількості обслуговуючого персоналу	77
5.3 Облік і раціональне використання електричної енергії	81
5.4 Споживання та визначення втрат електричної енергії	82
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	85
6.1 Перелік основних нормативних документів	85
6.2 Аналіз стану безпеки праці у господарстві	88
6.3 Розробка заходів, щодо усунення небезпечних та шкідливих виробничих факторів	93
Висновок	113
Список літератури	114

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

В основних напрямках економічного і соціального розвитку України визначені конкретні задачі агропромислового комплексу: досягнення стійкого росту сільськогосподарського виробництва, надійне забезпечення країни продуктами харчування і сільськогосподарською сировиною.

НУБІП України

Велику увагу приділяють розвитку тваринництва. На основі зміцнення кормової бази, використовують досягнень генетики і селекції нових біологічних методів якості покращення стада, необхідно підвищити продуктивність стада, забезпечити стійкий ріст продукції тваринництва.

НУБІП України

В продовольчій програмі говориться, що в машинобудівництві для тваринництва і виготовлення кормів, необхідно перейти в основному на випуск машин і обладнання, що складають єдиний технологічний комплекс для заготовки, приготування і роздачі кормів, механізації виробничих процесів у тваринництві.

НУБІП України

Перехід виробництва продуктів тваринництва на промисловий рівень потребує нових способів заготовки і приготування кормів, що забезпечують найбільш раціональне їх використання при найменших затратах праці. В наш час будуються нові і реконструюються кормоцехи.

НУБІП України

Заготовка, переробка і приготування кормів повинні відповідати основним вимогам: втрати корисних складових корму при зберіганні,

НУБІП України

приготуванні і роздачі кормів повинні бути мінімальними, а смакові якості

НУБІП України

забезпечують повне їх вигодовування; підготовленні до годівлі корма повинні складати основу раціону; корма повинні мати відповідну сімуність, що дозволить механізувати транспортування і роздачу. Підвищена живильність смакових

НУБІП України

якостей, які відповідають зоотехнічним вимогам, досягається переробкою кормів в механізованих кормоприготувальних вузлах.

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У КОРМОЦЕХУ

Кормоцех є складовою частиною тваринницької ферми. Його призначення полягає в приготуванні кормових сумішей та різних видів кормів місцевого виробництва з добавками компонентів промислового виробництва з врахуванням раціонів годівлі та видів тварин, які вирощуються в господарстві. Широко використовується кормоцех: КОРК-15, який призначений для забезпечення кормами молочної ферми на 400... 1200 корів або 1000...3000 голів молодняка ВРХ на вирощування та відгодівлю. Добовий об'єм приготованих кормів становить 40...50 т, продуктивність 14... 18 т/год. Номер типового проекту: 801-6-483.

Комплект машин та обладнання поточкових ліній кормоцеху забезпечує комплексну механізацію та автоматизацію всіх поточкових ліній приготування кормосумішей. Керування обладнанням КОРК-15 здійснюється оператором з пульта, який розташований в окремому приміщенні, де розміщені силові і освітлювальні щити. Кількість обслуговуючого персоналу - 3 чоловіка. Привод усіх робочих машин здійснюється від електродвигунів. Крім основного приміщення і щитової в кормоцеху є приміщення для відпочинку обслуговуючого персоналу і зберігання інвентарю.

Основною складовою частиною кормоцеху є поточкова технологічна лінія. Кількість таких ліній визначається кількістю видів перероблювальних кормів. Набір машин поточкової технологічної лінії для даного поголів'я та зони використання визначає технологічну схему кормоцеху. Поточкова технологічна лінія кормоцеху комплектується як серійними робочими машинами, так і машинами, що розроблені за індивідуальними проектами.

Для молочно-товарних ферм найбільш поширено застосовується обладнання кормоцехів на 400-1600 голів для приготування кормових сумішей з використанням в них силосу, сінажу, соломи, коренебульбоплодів та інших кормів.

Для таких комплектів обладнання відносяться кормоцехи КЦК-5 та КОРК-15. Найбільш сучасним і автоматизованим із таких кормоцехів є КОРК-15А. КОРК-15А є модернізацією КОРК-15 і КОРК-15Б. КОРК-15А призначений для приготування повнораціонних рослинних кормосумішей на фермах і комплексах великої рогатої худоби до 1200 молочних корів або 1000-3000 голів молодняку відгодівлі.

Годівля корів кормосумішами має ряд переваг у порівнянні з годуванням тварин кормами в натуральному виді. Кормові суміші з'їдаються тваринами вдвічі швидше ніж корми в натуральному вигляді.

При годуванні корів натуральними кормами частина їх викидається, затоптується, а кормосуміші з'їдаються повністю. При з'їданні кормосумішей продуктивність корів підвищується до 15%, а затрати кормів на виробництво центнера молока знижується до 7%. у порівнянні з розділеним згодовуванням кормів. Звідси можна зробити висновок: найбільш раціональне годування великої рогатої худоби – багатоконпонентними сумішами, що складаються з грубих, соковитих і концентрованих кормів з різноманітними мінеральними добавками.

1.1. Раціони годівлі, розрахунок кількості кормів по видах

Розрахункова продуктивність кормоцеху – це така кількість кормових сумішей, яка забезпечує добову потребу худоби згідно до вибраного раціону.

Спочатку визначимо річний об'єм робіт кормоцеху за формулою:

$$Q_{р\text{іч.}} = M_1 N_{р\text{іч}1} + M_2 N_{р\text{іч}2}, \quad (1.1)$$

де M_1 і M_2 – кількість голів відповідно дійних корів і молодняку з врахуванням планового росту на найближчий рік.

$N_{р\text{іч}1}$ і $N_{р\text{іч}2}$ – середньорічні планові виробництва кормів на одну голову відповідно дійних корів і молодняку.

Витрати кормів за добу по видах тварин взяті із раціону годівлі тварин в господарстві і зведені в таблицю 1.1

Визначимо середньорічні планові потреби кормів на одну корову дійного стада:

$$M_{\text{річ}} = \frac{K \sum_{i=1}^n N_i}{1000} \quad (1.2)$$

де N_i – добова норма видачі кормів по їх видах (табл. 1.1), кг;

K – кількість днів роботи кормоцеху за рік, приймаємо стійловий період 210 днів.

Таблиця 1.1. Раціони годівлі корів

Корми	Жива маса, кг
	500 і більше
	Середньорічний надій, кг
	3500
Сіно, кг	6
Солома, кг	1
Силос, кг	24
Коренеплоди, кг	8
Концентровані корми, кг	3,0
Карбамід, г	80
Сіль кухонна, г	50
сода, г	180

$$\Sigma = 33848 \text{ кг}$$

$$M_{\text{річ}} = \frac{(6 + 1 + 24 + 8 + 3 + 0.08 + 0.05 + 0.18) \cdot 210}{1000} = 8.8851 \text{ т.}$$

Річний об'єм робіт кормоцеху з приготування кормів складає:

$$Q_{\text{річн.}} = 800 \cdot 8.8851 = 7108.08 \text{ т.}$$

Знаючи річний об'єм робіт знайдемо добову продуктивність кормоцеху:

$Q_{сер.добовe} = \frac{8,8851}{210} = 33,848 \text{ Т}$
 Відповідно до прийнятої технології кормоприготування та раціонів перевіriamo відповідність прийнятих потокових ціній кормоцеху потребам фірми.

Добову кількість кормів певного виду визначаємо за формулою:

$N_1 = Z_{1i} N_{1i} + Z_{2i} N_{2i}$
 де Z_{1i} Z_{2i} – необхідна кількість певного виду корму для корів дійного стада і молодняка,

N_{1i} N_{2i} – кількість дійних корів та молодняка.

Приймаємо годівлю двічі на добу, тому розрахункова продуктивність 1-ї лінії на одну годівлю буде:

$Q_i = \frac{T_i}{2}$

Продуктивність лінії силосу:

$N_{сил.} = 24 \cdot 800 = 19,2 \text{ т.}$
На одне годування необхідно
 $Q_{сил.} = 19,2 : 2 = 9,6 \text{ т}$

Продуктивність лінії силосу кормоцеху КОРК – 15А: 3,0...12,0 т/год.

Час роботи лінії:

$t_{роб.лін.сил.} = \frac{12}{9,6} = 1,25 \text{ год.}$

Для транспортування силосу застосовується стрічково-скребковий транспортер 70.02.000

Лінія соломи
 Добова кількість соломи, що проходить через кормоцех, буде:
 $N_{СОЛ.} = 800$

На одну годівлю: $Q_{сол.} = \frac{0,8}{2} = 0,4 \text{ т.}$

Продуктивність лінії соломи кормоцеху КОРК – 15А: 0,5...3,0 т/год.

Час роботи лінії: $t_{роб.лін.сол.} = \frac{0,4}{3} = 0,14 \text{ год.}$

Лінія концентрованих кормів

Необхідна кількість концентрованих кормів:

$$N_{к.к.} = 3 \cdot 800 = 2.4 \text{ т.}$$

Продуктивність лінії концентрованих кормів КОРК-15А: 0,1...7,0 т/год.

Приймаємо 4 т/год.

Знаходимо фактичний час роботи лінії концентрованих кормів:

$$T_{р.л.к.} = \frac{2.4}{4} = 0.6 \text{ ГОД.}$$

Лінія коренебульбоплодів

За добу тваринам згодовують:

$$N_{корн.} = 8 \cdot 800 = 6,4 \text{ т.}$$

$$\text{ЗА ОДНЕ ГОДУВАННЯ } N_{корн.} = \frac{6.4}{2} = 3.2 \text{ Т}$$

Продуктивність лінії коренебульбоплодів кормоцеху КОРК-15А – 1,0...7,0 т/год.

$$\text{ЧАС РОБОТИ ЛІНІЇ } T_{р.корн.} = \frac{3.2}{7.0} = 0.45 \text{ год.}$$

Лінія рідких мінеральних добавок

Добова потреба в мінеральних добавках:

$$N_{м.д.} = 0,180 \cdot 800 = 0,144 \text{ т.}$$

Всього:

$$N_{рід. доб. м. д.} = 0,05 \text{ т.}$$

$$\text{ЗА ОДНУ ГОДІВЛЮ: } N_{р.д.м.д.} = 0,05/2 = 0,025 \text{ Т}$$

Продуктивність лінії добавок КОРК-15А – 2,5 т/год.

$$\text{Час роботи лінії: } t_{р.л.} = 0,025/2,5 = 0,01 \text{ год.}$$

Лінія змішування і видачі готової кормосуміші

Для змішування всіх компонентів кормової суміші прийнято подрібнювач-змішувач ИСК-3 продуктивністю 15 т/год. В змішувач по трубопроводу подається меляса, де вона змішується з іншими кормами.

Суміш відвантажується скребковим транспортером в кормороздавач КТ4-10, який транспортує суміш і роздає в годівниці тваринам

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Вибір технологічного обладнання по поточкових лініях

Основною складовою частиною кормоцеху є поточкова технологічна лінія (ПТЛ). Кількість ПТЛ, як правило, визначають за кількістю видів перероблювальних кормів: грубих кормів, коренебульбоплодів, жому, меляси та карбаміду; поживних розчинів; мінеральних добавок; збирання та змішування компонентів; видачі готової кормо суміші.

Набір ПТЛ для даного поголів'я та зони використання визначає технологічну схему кормоцеху. ПТЛ різних типів кормоцехів комплектується як серійними робочими машинами, так і машинами спеціальної розробки, що і визначає відмінності окремих кормоцехів.

Враховуючи те, що частина машин з комплектів кормоцехів не ввійшла в систему машин на 2005 р. або підлягає модернізації в технологічні схеми кормоцехів періодично вносять відповідні зміни.

Технологічна схема кормоцеху серії КОРК-15 передбачає виконання таких операцій: приймання із саморозвантажувальних транспортних засобів, дозовану видачу та транспортування силосу (1-2) від 4,5 до 10,5 т/год з нерівномірністю 9,1-25% приймання, накопичення, дозування та транспортування концкормів (3-4) від 0,2 до 4,6 т/год з нерівномірністю 8,6-23,4; приймання з транспортних саморозвантажувальних транспортних засобів, накопичення, транспортування, миття та подрібнення, дозування коренебульбоплодів (6-7-8) від 4,2 до 5,3 т/год з нерівномірністю 7,7-18,5%; підготовку та транспортування меляси 90-400 кг/год та карбаміду (6) до 18-50 кг/год; приймання із саморозвантажувальних транспортних засобів, дозування та транспортування грубих кормів (соломи) (12-13) від 0,9 до 3,0 т/год з нерівномірністю 15-30 % ; зір компонентів кормової суміші, змішування та видача готової суміші 68-78 % для вологості 65-71%.

1. **Лінія соломи:** солома зернових культур займає значене місце в раціонах ВРХ. Враховуючи поживність та невисоку якість, її піддають обробці, існує 2 технологічні методи підготовки соломи:

- ▶ подрібнення, пом'якшення та покращення смакових якостей шляхом додавання сумішей;
- ▶ хімічна та термічна обробка соломи. Другий варіант є дорожчим, тому рідше використовується.

Лінія силосу: ефективним в раціонах ВРХ є комбінований силос. Він отримується силосуванням суміші різних видів кормів для їх збереження та безпосереднього згодовування без попередньої обробки. Поєднання різних видів кормів з силосом підвищує смакові якості корму та його поживну цінність.

Лінія коренебульбоплодів: коренеплоди заготовляють у натуральному вигляді. Перед подачею їх у кормосуміш проводять їх попередню очистку і мийку. Включення коренебульбоплодів у раціони ВРХ, особливо молочних корів, у період їх стійлового утримання дозволяє підвищити засвоєння грубих кормів та стимулює молоковіддачу при харчуванні.

Лінія концкормів: концкорми надходять до підприємств у вигляді гранул (гранульованими) або у вигляді порошку і складається з різних видів кормів і компонентів у вигляді суміші. Вони є багато раціональними. Тип кормів залежить від виду і віку тварин.

Лінія кароаміду і меляси: розчин меляси і кароаміду з водою подають у готову суміш корму. Дана речовина є поживною і додається до кормів для підвищення якості корму його смакових характеристик.

Лінія збору: подрібнення, змішування та видача кормосумішей. Дана лінія є кінцевою і підсумовує роботу кормоцеху. Вона збирає всю частково

перероблену суміш на потокових лініях, потім перемішує її з подрібненням. Готова суміш подається на вихід кормоцеху, де вивантажується у транспортні засоби і розвозиться на згодовування поголів'ю тварин.

Кормоцех КОРК-15 випускається у 4-х виконаннях:

КОРК-15А-без лінії жому;

КОРК-15А-9- повнокомплексне виконання;

КОРК-15А-10 – без лінії корнебульбоплодів і жому;

КОРК-15А-11 – без лінії корнебульбоплодів.

Для виробництва кормів вибираємо КОРК-15А.

До складу кормоцеху входять такі лінії:

- лінія соломи;
- лінія силосу
- лінія концентрованих кормів;
- рідких збагачувальних добавок;
- збору і змішування;
- обладнання для внесення мінеральних добавок.

До складу комплексу КОРК-15А входить таке технологічне обладнання:

1. Лінія соломи:

- живильник дозатор ПДК-Ф-3-2 або ПС-Ф-6А;
- привод АБВ 70.02.000

2. Лінія силосу:

- живильник дозатор ПДК-Ф-3-2 або ПЗМ-1,5А;
- привід АБВ 70.02.000.

3. Лінія корнебульбоплодів:

- живильник дозатор КОРК-15.70.11.000;
- подрібнювач каменевловлювач ИКМ-Ф-10;
- транспортер КОРК-15 70.02.000-0,1;
- гідросистема КОРК-15.70.10.000-1,1.

4. Лінія концентрованих кормів:

- дозатор КОРК-15.70.03.000;

- транспортер КОРК-15.04.30.000;

- бункер КОРК-15.04.15.100;

5. Збору і змішування:

- подрібнювач – змішувач ИСК-3А2;

- Дробарка ДБ-5

- транспортер ИСК-3.02.000;

- транспортер стрічково-скребкові 70.02.000 і 70.02.000-03.

6. Забагачення мінеральними добавками:

ОПР-Ф-14; обладнання для мінеральних добавок КОРК-15.70.12.000;

- шнек 0,1.06.000.

2.2 Розрахунок вентиляції

Для підтримання якісного складу повітря у промислових сільськогосподарських приміщеннях необхідна постійна вентиляція для забезпечення нормальних параметрів мікроклімату. Тому доцільно використовувати вентиляційне обладнання.

До параметрів мікроклімату відносять: температура, відносна вологість, газовий склад, механічна і бактеріальна забрудненість повітря, швидкість і напрямки повітряних потоків. Для вентиляції кормонехів використовують осьові вентилятори, які, як правило, працюють у тривалому режимі з постійним або слабо змінним навантаженням.

Проведемо розрахунок вентиляції для основного приміщення де знаходиться обладнання.

1) Визначимо необхідний повітрообмін у приміщенні за кратністю

повітрообміну:

$$K = \frac{L_p}{V} \Rightarrow L_p = K \cdot V, \text{ м}^3/\text{год};$$

де K- кратність повітрообміну. Так як у кормонеху люди працюють не постійно, то приймаємо $K=3$, 1/год,

L_p - необхідний повітрообмін м³/год;

V - об'єм приміщення, м³;

$$V = A \cdot B \cdot H, \text{ м}^3$$

де $A=20$ м, $B=10$ м, $H=5$ м,

$$V = 20 \cdot 10 \cdot 5 = 1000, \text{ м}^3$$

$$L_p = 3 \cdot 1000 = 3000, \text{ м}^3/\text{год}$$

2) По розрахунковому необхідному повітрообміну вибираємо вентилятор типу ВО-06-300-4А згідно умови: $L_B \geq L_P$

Вибраний вентилятор ВО-06-300-4А є осьовим і має таку технічну

характеристику: $L_B = 3000$ м³/год – номінальна продуктивність вентилятора,

$H = 72$ Па - номінальний тиск (напір), η (ККД) = 68%.

$L_B \geq L_P$; 3000 м³/год ≥ 3000 м³/год. Умова виконується.

3) Визначимо потужність споживану вентилятором:

$$P_B = \frac{L \cdot H}{1000 \cdot \eta_B}, \text{ кВт.}$$

де L - продуктивність (подача) вентилятора, м³/с.

Оскільки номінальна продуктивність вентилятора згідно технічних даних наведена у м³/год, то у формулі для визначення потужності вентилятора враховуємо коефіцієнт переведу годин у секунди, отже:

$$P_B = \frac{3000 \cdot 72}{3600 \cdot 100 \cdot 0.68} = 0.88 \text{ кВт.}$$

4) Визначимо потужність електродвигуна для приводу вентилятора:

$$P_{\text{дв.р.}} = \frac{K_3 \cdot P_B}{\eta_{\text{пер}}} \text{ кВт.}$$

де K_3 - коефіцієнт запасу, який залежить від типу і потужності вентилятора, Приймаємо: $K_3 = 1,15$ – для осьових вентиляторів з потужністю 0,5-1,0 кВт, $\eta_{\text{пер}}$ – ККД передачі. В нашому випадку пряма передача, $\eta_{\text{пер}}=1$,

$$P_{\text{дв.р.}} = \frac{1.15 \cdot 0.88}{1} = 1.012 \text{ кВт.}$$

5) Для вентилятора вибираємо електричний двигун типу АІР за умовою:
 $P_{дв.} \geq P_{дв.р.}$
 $1,5 \text{ кВт} \geq 1,012 \text{ кВт}.$

Вибираємо електричний двигун: АІР80В4У2 з технічними даними:
 $P_H = 1,5 \text{ кВт}; \eta_H = 1395 \text{ об/хв}; I_H = 3,52 \text{ А}; \eta = 78\%; \cos\phi = 0,83$

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

РОЗДІЛ 3. ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок та вибір електроприводу

Сільськогосподарське виробництво використовує різноманітні машини, агрегати та потокові лінії. Для виконання технологічної операції виконавчий орган робочої машини має здійснювати механічний рух з потрібною швидкістю і долати при цьому силу опору. Залежно від типу первинної енергії розрізняють ручний, паровий, пневматичний, гідравлічний, тепловий та електричний привод.

Електропривод є основним у промисловості, на транспорті, в сільському господарстві. Він дає можливість регулювати швидкість виконавчого органу робочої машини у потрібних діапазонах, швидко пускати і зупиняти, змінювати напрямок руху, ефективно гальмувати, витримувати тривалі незначні перевантаження без спеціального регулятора подачі енергії з мережі. Порівняно з іншими системами приводів, електропривод має такі переваги:

- високий коефіцієнт корисної дії
- надійність
- високий рівень автоматизації
- екологічна чистота
- компактність

Досвід електрифікованих сільськогосподарських підприємств показує, що застосування електропривода в стаціонарних виробничих процесах порівняно з механічним приводом дає економію затрат праці на 20 – 30%.

На прикладі розглянемо електродвигун дробарки ДБ-3. В цій установці електродвигун працює в тривалому режимі – S1.

Для вибору потужності електродвигуна і його перевірки необхідно знати:

- 1) Навантажувальна діаграма робочої машини (рис. 3.1)

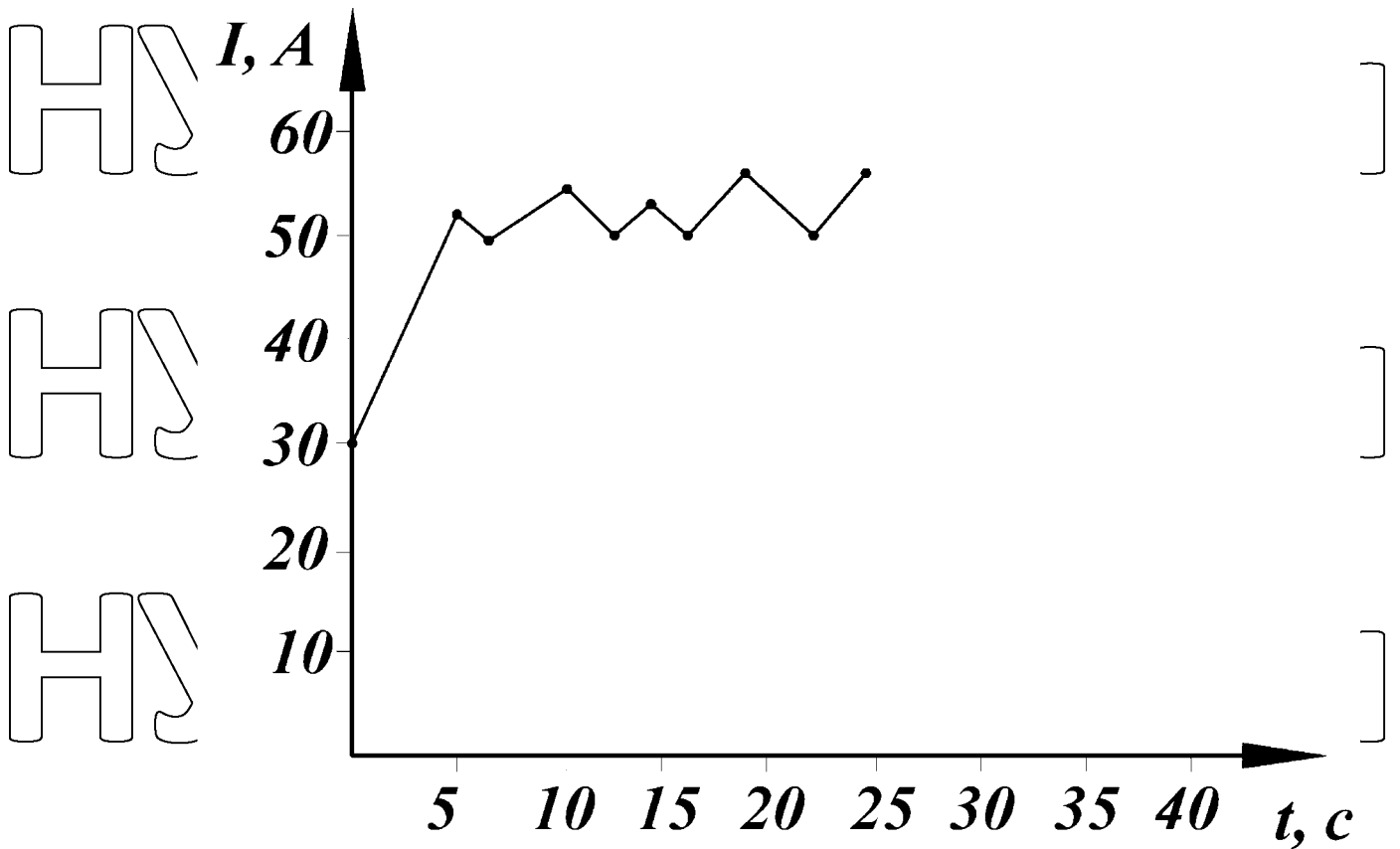


Рис. 3.1 – Навантажувальна діаграма робочої машини

2) Механічна характеристика робочої машини, наведена на рис. 3.2.

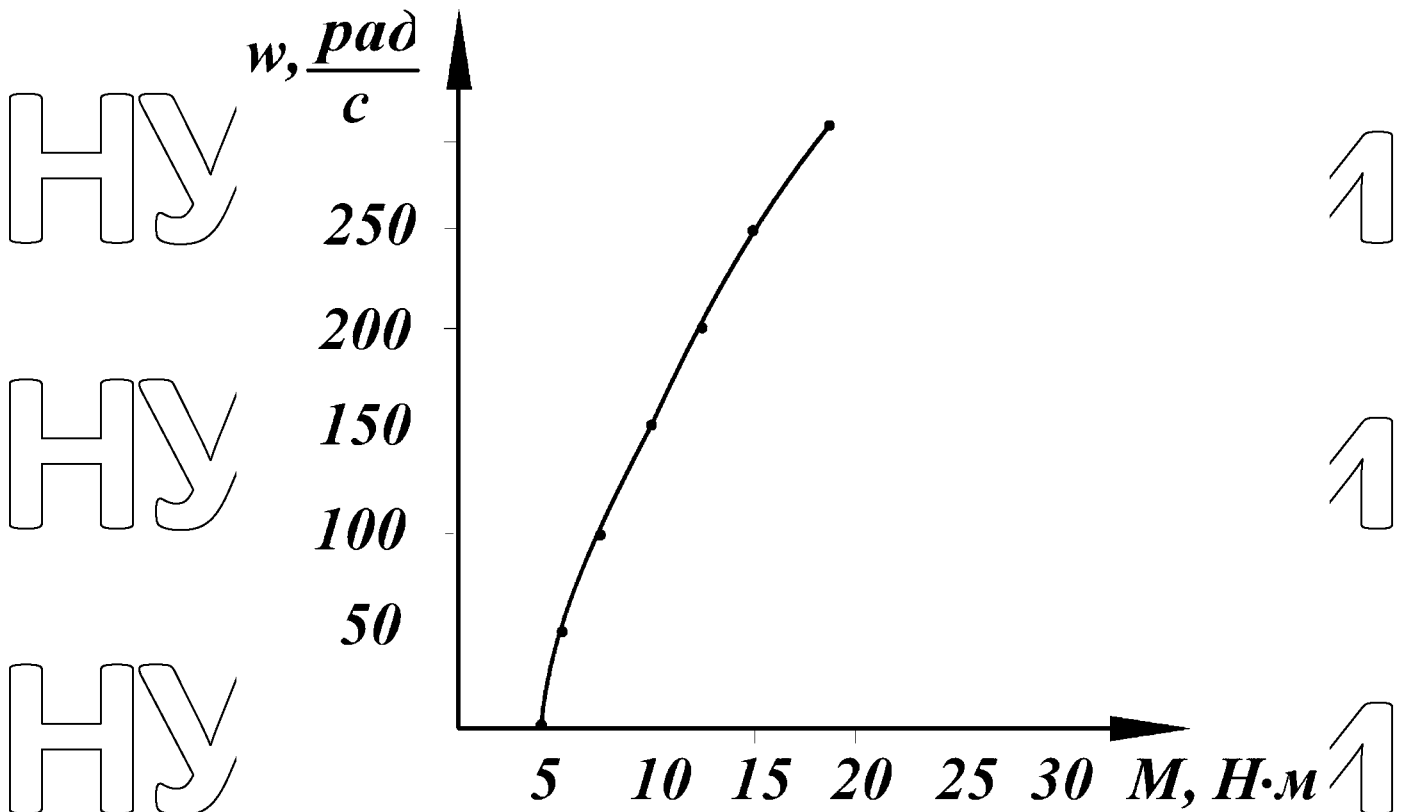


Рис. 3.2 – Механічна характеристика робочої машини

- 3) Зведений момент інерції схеми електродвигуна $I_{\Sigma} = 2,49 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ [3];
 4) Кінематична схема приводу, зображена на рис. 3.3

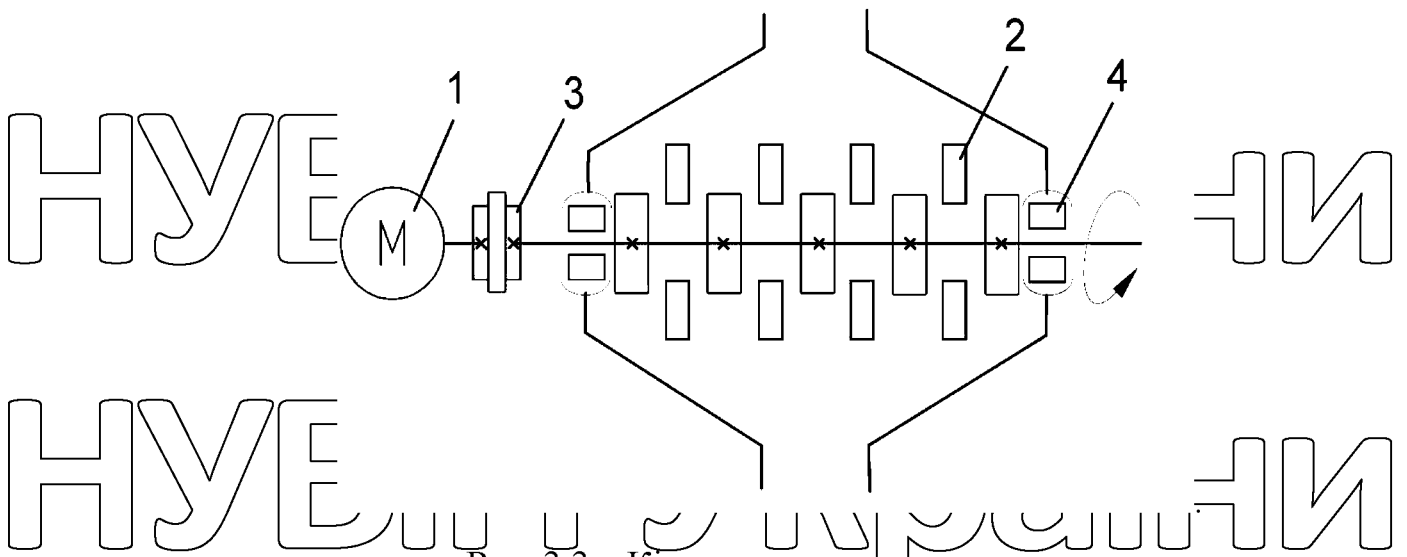


Рис. 3.3 – Кінематична схема приводу

1. Електродвигун

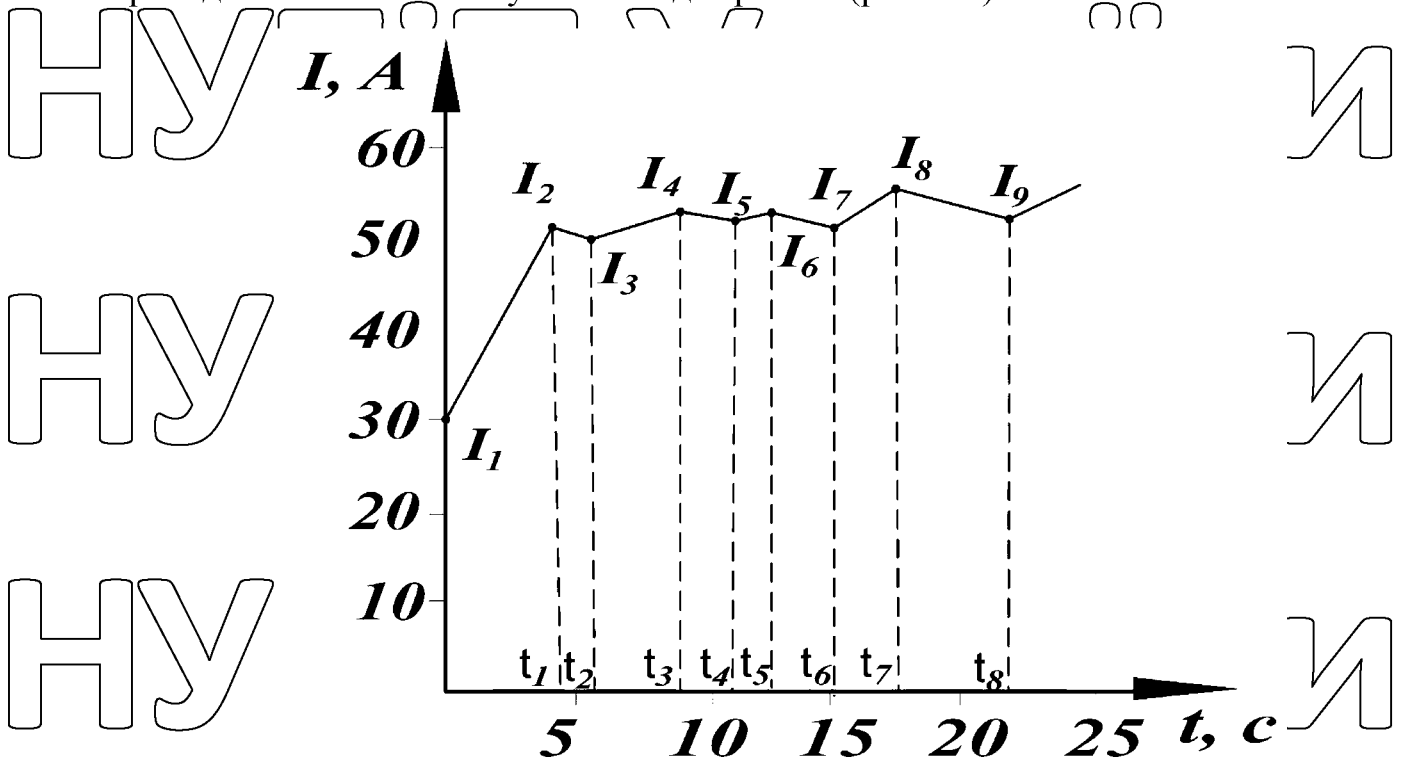
2. Підшипники

3. Муфта

4. Ротор

Вибір електродвигуна за потужністю при нерівномірному навантаженні,

проводиться за навантажувальною діаграмою (рис. 3.4):



30	2940	56,2	91	0,89	1,5	1,3	2,7	7,5	$\text{кг}\cdot\text{м}^2\cdot 10^{-3}$
----	------	------	----	------	-----	-----	-----	-----	---

Механічну характеристику асинхронного двигуна розраховуємо за

каталожними даними:

$\mu_{\text{п}}=1,5;$	$\mu_{\text{мін}}=1,3;$	$\mu_{\text{к}}=2,7.$
-----------------------	-------------------------	-----------------------

Будуємо механічну характеристику за 5-ма характерними точками:

$$1. S_0 = 0; \quad \omega_0 = \frac{2\pi \cdot 3000}{60} \text{ рад/с}; \quad M_0 = 0 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$2. S_{\text{НОМ}} = \frac{1873000}{18 \cdot 3000} - \frac{32940}{30} = 0,965; \quad M_{\text{Н}} = \frac{95000}{292} \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$3. S_{\text{к}} = \frac{S_{\text{НОМ}} \cdot \sqrt{\frac{M_{\text{к}}}{M_{\text{Н}}}}}{1 + S_{\text{НОМ}} \cdot \sqrt{\frac{M_{\text{к}}}{M_{\text{Н}}}}} = \frac{0,965 \cdot \sqrt{\frac{271}{18}}}{1 + 0,965 \cdot \sqrt{\frac{271}{18}}} = 0,27; \quad \omega_{\text{к}} = \frac{2\pi \cdot 2700}{60} \text{ рад/с};$$

$$4. S_{\text{мін}} = 0,8; \quad \omega_{\text{мін}} = \frac{2\pi \cdot 2700}{60} \text{ рад/с};$$

$$M_{\text{к}} = \mu_{\text{к}} \cdot M_{\text{Н}} = 2,7 \cdot 196,9 = 261,6 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{мін}} = \mu_{\text{мін}} \cdot M_{\text{Н}} = 1,3 \cdot 96,9 = 125,9 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$5. S_{\text{п}} = 0; \quad \omega_{\text{п}} = 0 \text{ рад/с}; \quad M_{\text{п}} = \mu_{\text{п}} \cdot M_{\text{Н}} = 1,5 \cdot 96,9 = 145,3 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Будуємо механічну характеристику електродвигуна з урахуванням відхилення напруги $\Delta U = -5\%$.

$$1. \omega_0, S_0, \quad M'_0 = 0;$$

$$2. \omega_{\text{Н}}, S_{\text{Н}}, \quad M'_{\text{НОМ}} = 0,95^2 \cdot M_{\text{Н}} = 0,95^2 \cdot 96,5 = 87,4 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$3. \omega_{\text{к}}, S_{\text{к}}, \quad M'_{\text{к}} = 0,95^2 \cdot 261,6 = 236 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$4. \omega_{\text{мін}}, S_{\text{мін}}, \quad M'_{\text{мін}} = 0,95^2 \cdot 125,9 = 113,6 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$5. \omega_{\text{п}}, S_{\text{п}} = 1,0, \quad M'_{\text{п}} = 0,95^2 \cdot 145,3 = 131,1 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Побудова механічної характеристики електродвигуна з урахуванням відхилення моменту:

$$1. \omega_0, S_0, \quad M''_0 = 0;$$

$$2. \omega_H, S_H, \quad M''_{\text{НОМ}} = M'_{\text{НОМ}} = 87,4 \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad \cup$$

$$3. \omega_K, S_K, \quad M''_K = 0,9 \cdot 236 = 212,4 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$4. \omega_{\text{МІН}}, S_{\text{МІН}}, \quad M''_{\text{МІН}} = 0,8 \cdot 113,6 = 90,8 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$5. \omega_{\text{П}}, S_{\text{П}} = 1,0, \quad M'_{\text{П}} = 0,85 \cdot 131,1 = 111,4 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Залежність зведеного моменту статичних опорів робочої машини від кутової швидкості $M_c = f(\omega)$ розраховуємо за рівнянням:

$$M_c = M_{M.0} + (M_{M.H} - M_{M.0}) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_H} \right)^x \quad (3.2)$$

де $M_{M.0}$ – початковий момент статичних опорів робочої машини, Н·м; $M_{M.H}$ – момент статичних опорів робочої машини при номінальній швидкості обертання електродвигуна, Н·м; ω – кутова швидкість електродвигуна, рад/с; x – показник степеня, що характеризує зміну моменту статичних опорів робочої машини.

$$M_{M.H} = 9550 \cdot (P_H / n_H) = 9550 \cdot (30 / 2940) = 97,4 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Номінальна частота обертання знаходиться за формулою:

$$M_{M.0} = (0,1 \dots 0,3) \cdot M_{M.H}$$

Степінь x задається залежно від робочої машини: $x = 1,6$

$$M_c = 0,1 \cdot 97,4 + (97,4 - 0,1 \cdot 97,4) \cdot \left(\frac{300}{3077} \right)^{1,6} = 93,8 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

Так само й далі розраховуємо моменти для п'яти точок швидкостей електродвигуна (табл. 3.2)

Таблиця 3.2 – Дані для побудови механічної характеристики двигуна 4AM180M2Y2

ω , рад/с	0	50	100	150	200	300
M_c , Н·м	9,74	14,5	24,2	37,4	53,5	93,8

Час пуску електродвигуна на i -тій ділянці графіка визначається за формулою:

\cup

$$\Delta\omega_i = \frac{j_{зв} \cdot \Delta\omega}{M_{дин.ср.i}}, \quad (3.3)$$

де $j_{зв}$ – зведений момент інерції, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

$M_{дин.ср.i}$ – середнє значення динамічного моменту на кожній ділянці.

Графічно знаходимо різницю $M_{дин} = M''_{дв} - M_c$ і будуємо графік динамічного моменту $\omega = f(M_{дин})$ (рис. 3.5). Цей графік розділяємо на окремі ділянки через проміжні швидкості $\Delta\omega$ і знаходимо середнє значення динамічного моменту на кожній ділянці:

$$M_{дин.ср.1} = \frac{10078}{2} = 8' \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{дин.ср.2} = \frac{7892}{2} = 8' \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{дин.ср.3} = \frac{9225}{2} = 10' \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{дин.ср.1} = \frac{12847}{2} = 13' \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{дин.ср.1} = \frac{1470}{2} = 7' \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Визначаємо час пуску на i -тій ділянці:

$$\Delta t_1 = 2,49 \cdot \frac{62,8}{89} = 1,7 \text{ с};$$

$$\Delta t_2 = 2,49 \cdot \frac{62,8}{85} = 1,8 \text{ с};$$

$$\Delta t_3 = 2,49 \cdot \frac{62,8}{108,5} = 1,4 \text{ с};$$

$$\Delta t_4 = 2,49 \cdot \frac{62,8}{136,5} = 1,1 \text{ с};$$

$$\Delta t_5 = 2,49 \cdot \frac{62,8}{73,5} = 2,1 \text{ с};$$

Знаходимо час розгону:

$$t_{розг} = 1,7 + 1,7 + 1,4 + 1,1 + 2,1 = 8,1 \text{ с}.$$

Графік зміни кутової швидкості в часі $\omega = f(M_{дин})$ будуємо в другому квадранті (рис. 3.5)

$$t_{\text{пуск}} \geq t_{\text{факт}} \cdot V_t \cdot t_n \quad (3.4)$$

де $t_{\text{доп}}$ – допустиме перевищення температури обмотки над температурою охолоджуючого середовища, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{доп}}=80^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{факт}}$ – фактичне перевищення температури в уінці періоду пуску електродвигуна, $^{\circ}\text{C}$; V_t – швидкість наростання температури обмотки при загальмованому роторі, $^{\circ}\text{C}/\text{с}$; $V_t=6,8^{\circ}\text{C}/\text{с}$; t_n – час пуску електродвигуна, с.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

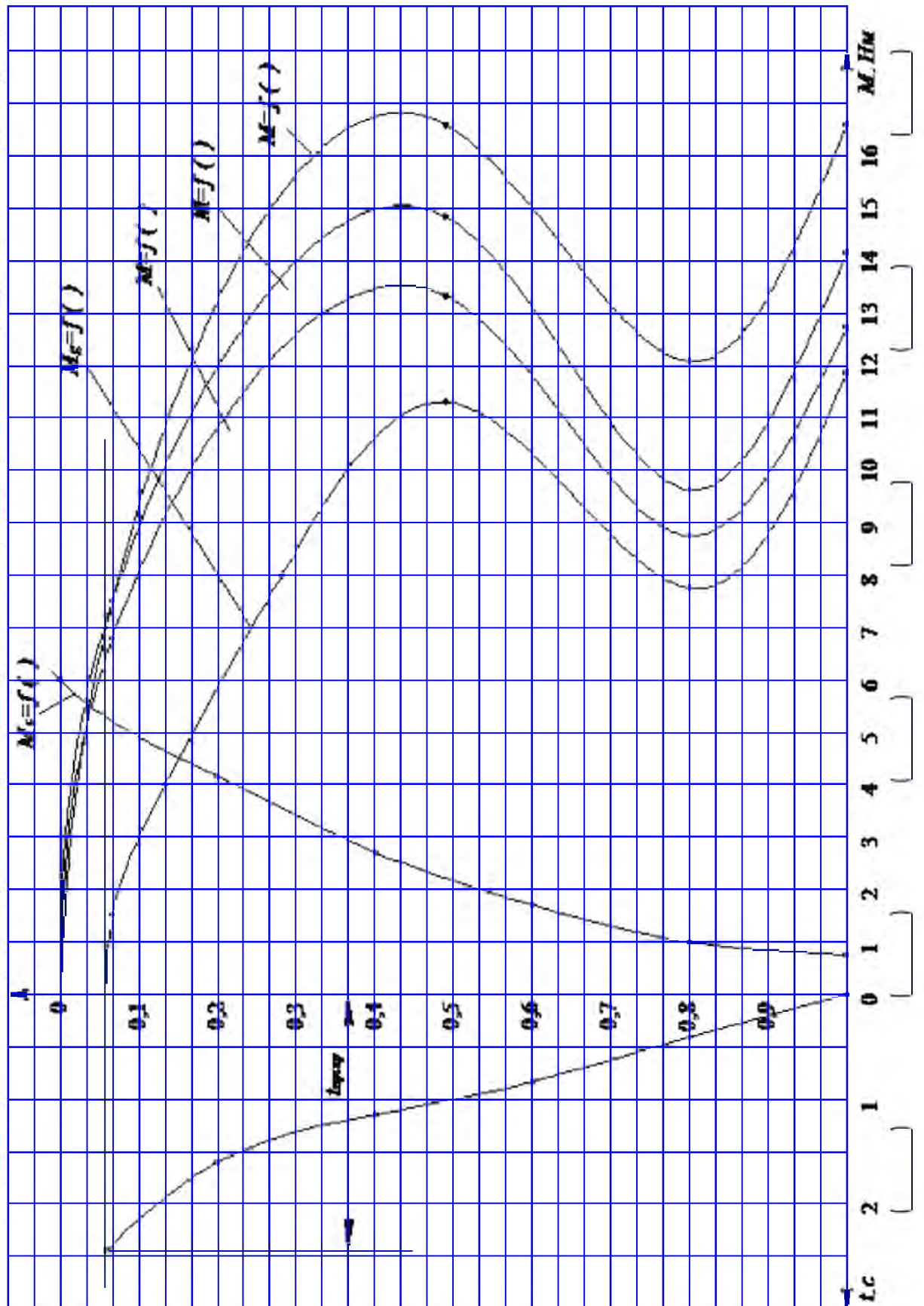


Рис. 3.5 – Механічні характеристики електродвигуна дробарки ДБ-5
Електродвигуни на перенагрівання під час пуску перевіряють за умовою:

Отже: $\tau_{\text{факт}} = 8,1 \cdot \frac{6,8}{3} = 18,3 \text{ } ^\circ\text{C}$

За умови: $80^\circ\text{C} \geq 18,3^\circ\text{C}$

Умова виконується під час пуску двигун не перегріватиметься.

На перевантажувальну здатність електродвигун перевіряється за умовою:

де $I_{\text{дв.н}} \geq I_{\text{мак.н.д.}}$

$I_{\text{дв.н}}$ – номінальний струм електродвигуна, А,
 $I_{\text{мак.н.д.}}$ – максимальний струм навантажувальної діаграми, А

Перевіряємо: $56,2\text{A} \geq 55\text{A}$

Умова виконується, двигун вибрано правильно

Перевірка вибраного електродвигуна на можливість пуску робочої машини здійснюється за такою умовою:

$$0,8 \cdot M_{\text{дв.п}} \geq M_{\text{зр.р.м}}$$

де $0,8$ – коефіцієнт запасу; $M_{\text{дв.п}}$ – пусковий момент двигуна, Н·м; $M_{\text{зр.р.м}}$ – момент зрушення робочої машини зведений до вала електродвигуна, Н·м.

$$M_{\text{дв.п}} = \mu_{\text{п}} \cdot M_{\text{н}} = 1,5 \cdot 96,9 = 145,3 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Отже, за умовами:

$$0,8 \cdot 145,3 \text{ Н}\cdot\text{м} \geq 9,74 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$118,2 \text{ Н}\cdot\text{м} \geq 9,74 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Умова виконується електродвигун вибрано вірно. Вибір електродвигуна для інших робочих машин здійснюється аналогічно.

Вибір електродвигуна за електричними модифікаціями, конструктивним виконанням, ступенем захисту від дії оточуючого середовища: конструктивне виконання і спосіб монтажу IM1081 (двигун на лапах, горизонтального розміщення).

Кліматичне виконання У2 (помірний клімат, для експлуатації у приміщеннях де коливання температури і вологості повітря істотно не відрізняється від зовнішнього).

Ступінь захисту від дії оточуючого середовища IP54.

Модифікація електродвигуна 4АМ180М2У2: асинхронний трифазний, кількість полюсів – 2, висота осі обертання – 160 мм, клас ізоляції нагрівостійкості – В, довжина осердя статора – В.

3.2 Розробка принципіальної схеми керування кормоцехом

Керування обладнанням КОРК-15 здійснюється оператором з одного пульта, який встановлений в окремому приміщенні. Пуско-захисна апаратура розміщена в шафі керування КОРК-15.0700.000. Пульти керування установками ИКМ-5 та ОМК-4 розташовані окремо (рис. 3.6).

Силова частина електричної схеми (рис. 3.7) складається з рубильника Q1 з запобіжниками FU типу ЯБІВУ-4У2 номінальним струмом 400 А при напрузі 380 В, автоматичних вимикачів QF1-QF8 серії АЕ20 для захисту електродвигунів та мережі від коротких замикань, електромагнітних пускачів КМ1-КМ17 з тепловими реле КК1-КК17 для захисту двигунів від невеликих тривалих перевантажень, контрольного вольтметра PV, перевантажувального амперметра типу Э3378 у колі подрібнювача-змішувача, перемикача S29 для ручного реверсування двигуна М17. У положенні „Вперед” перемикача S29 замикаються контакти 1-2; 3-6; 4-5, у положенні „Назад” 1-2; 8-9; 7-10.

Схема керування кормоцехом: рубильником Q1 подається напруга на силову схему (контроль за вольтметром PV). При натискуванні SB7 одержує живлення реле часу, яке через 10 с вимикає дзвоник і контактами КТ18 подає живлення на схему керування. Кнопками SB8 та SB9 біля підронасосів привода лотків-живильників, вмикають пускачі КМ1, КМ2 і електродвигуни М1, М2 (табл. 3.3).

Електродвигуни М3, М4, М5, лінії збору, змішування та видачі кормо суміші запускаються послідовним перемиканням перемикача S21 (пускачі КМ3, КМ4, КМ5.). Напруга в коло керування електродвигунами решти технологічних ліній буде подаватися тільки після запуску всіх машин лінії

збору, змішування та видача кормів (у режимі налагодження контакти реле K19 шунтують контактами перемикача S30).

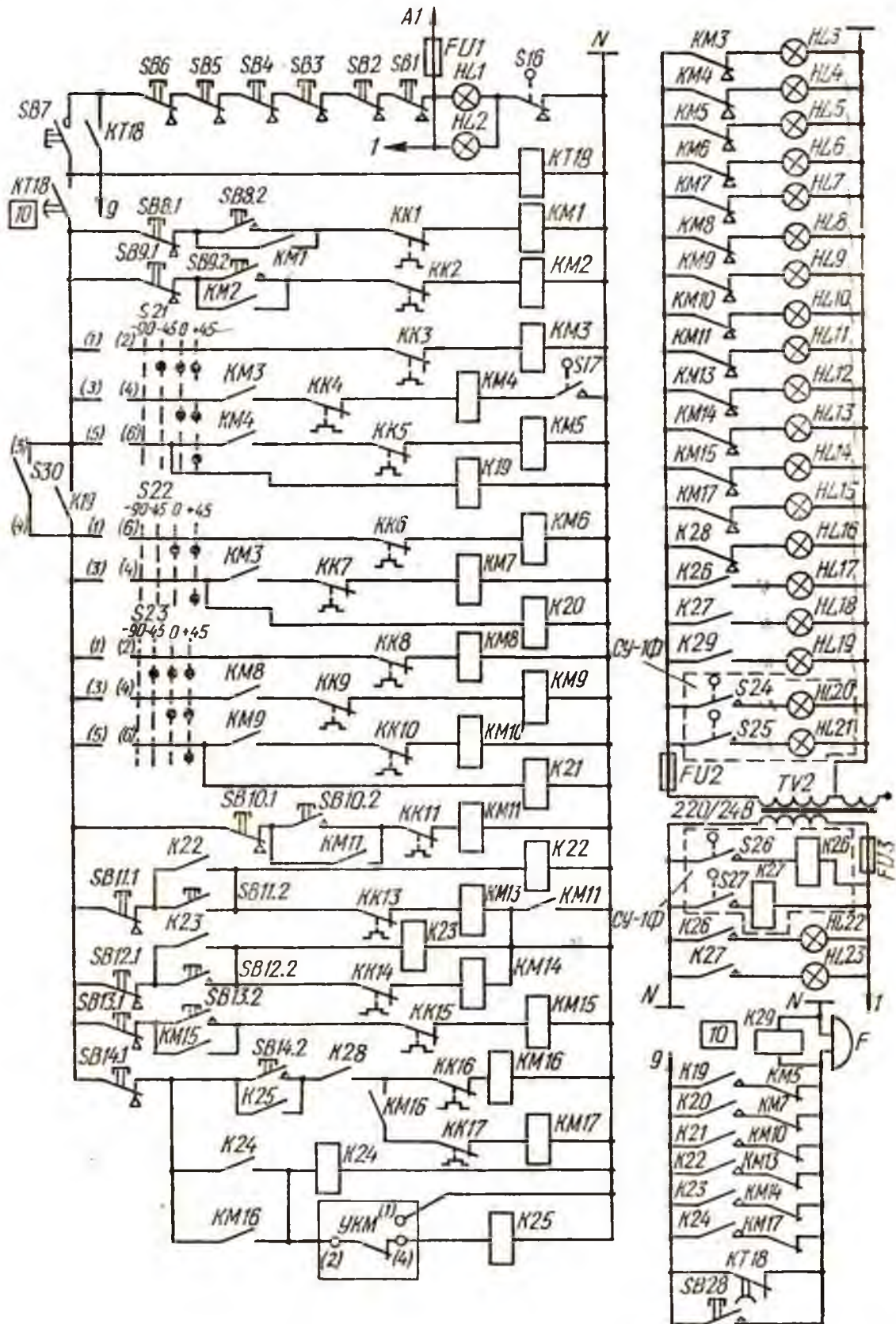


Рис. 3.6 – Схема електрична принципова управління кормоцехом КОРК-15

Таблиця 3.3 – Основні технічні характеристики електродвигунів кормоцеху

КОРК-15

Позиція позначення на рис. 3.6	Електродвигуни	Місце встановлення двигуна	Потужність, кВт	Частота обертання, об/хв
Лінія силосу				
M1	4A132M4Y3	Гідронасос підйому лотка	5,5	1425
M7	4A112MB6CY1	Конвеєр	4,0	945
M6	63KMP90	Транспортер	2,2	63
Лінія збирання				
M5	63KMP90	Збиральний транспортер	2,2	63
M4	4A200M4Y3	Подрібнювач-змішувач	37,0	1470
M3	63KMP90	Ви грузний конвеєр	2,2	63
Лінія концорма				
M11	Мотор-редуктор	Поздовжній гвинтовий конвеєр	1,5	1470
M13	4A90L6Y3	Дозатор	1,5	940
M14	4A90L6Y3	Дозатор	1,5	940
M12	Мотор-редуктор	Поздовжній гвинтовий конвеєр	1,5	1470
Лінія коренебульбоплодів				
M17	4A90L6Y3	Живильник	1,5	940
M16	4A90M6Y3	Транспортер	1,5	940
M15	4A90M6Y3	Дозатор	1,5	940
M8	63KMP90	Транспортер	2,2	63
M9	4A160S6Y3	Подрібнювач барабанный	11,0	975
M10	4A122MBCY1	Конвеєр	4,0	945
M2	4A132S643	Гідронасос підйому лотка	5,5	960

Блокування запуску подрібнювача-змішувача ИСК-3 при відчиненому

кожусі машини виконане кінцевим вимикачем S17 у код котушки пускача

КМ4.

Лінія силосу вмикається оператором вручну за допомогою перемикача S22, що дозволяє запуснути машини в задній послідовності (транспортер-конвеєр) пускачами КМ6 та КМ7. У коло пускача КМ7 ввімкнені замикаючі контакти КМ3 як блокіровка, якщо лінія збору, змішування та видачі не запустилась.

Лінія грубих кормів (соломи) запускається оператором за допомогою перемикача S22, в послідовності: КМ8, КМ9, КМ10, (транспортер М8, барабан М9, конвеєр М10). Додатково пускачі КМ9 та КМ10 заблоковані замикаючими контактами КМ8 та КМ9 для дотримання черговості пуску.

Електродвигуни лінії концентрованих кормів М11, (М12), М13, М14 запускаються пускачами УМЦ, КМ13, КМ14 за допомогою кнопок 8В10, 8В11, 8В12 (поздовжній та поперечний гвинтові конвеєри можуть приводитися в рух двигуном 3,0 кВт - М11, як показано на схемі, або двома двигунами М11 та М12).

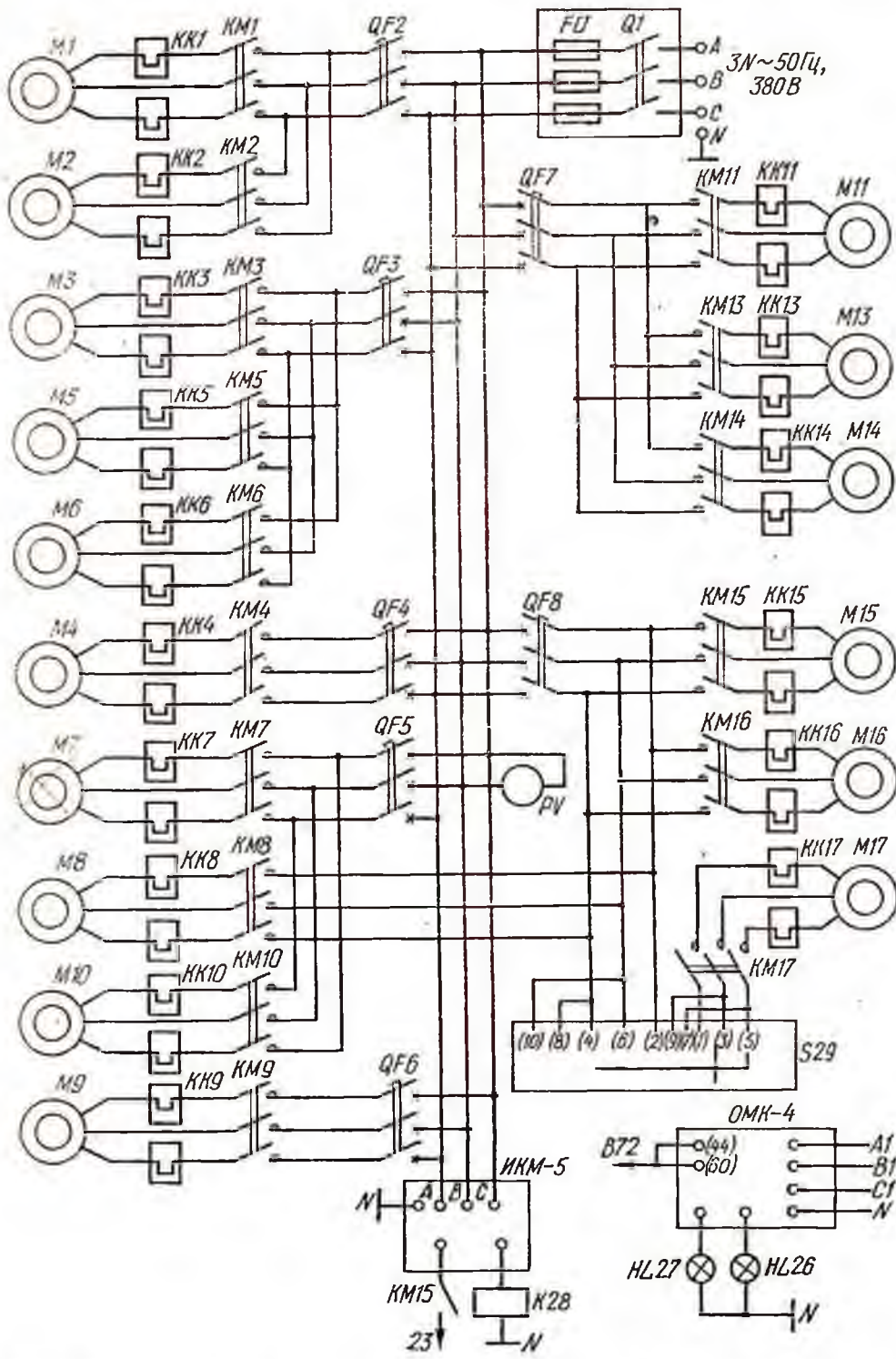
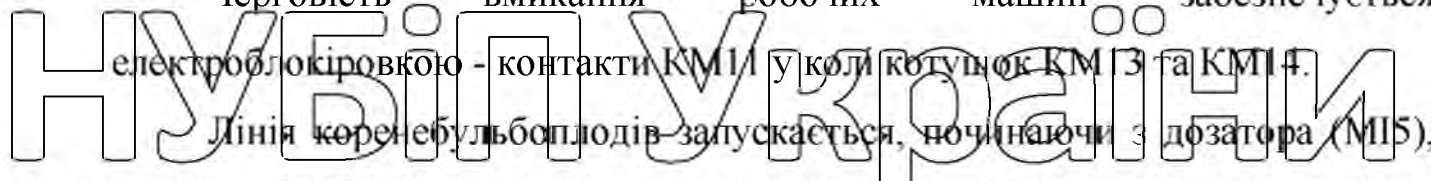


Рис. 3.7 - Схема електрична принципова управління кормощехом КОРК-

15

Черговість вмикання робочих машин забезпечується електроблоківкою - контакти КМ11 у колі катунок КМ3 та КМ14.

Лінія коренебульбоплодів запускається, починаючи з дозатора (М15), кнопкою SB13. Після подачі напруги на пульт-подрібнювача ИКМ-5 кнопкою



SB14 запускається транспортер (M16) та живильник (M7). Датчик рівня бункера-дозатора коренеплодів УЖМ через контакти реле K28 вмикає та знову вмикає електродвигуни M16 і M17 залежно від заповнення дозатора.

Обладнання для внесення меляси та карбаміду ОМК-4 або СМ-1.7 мають свою електричну схему (на силовій схемі позначені окремим пристроєм ОМК-4). Дозатори цього обладнання автоматично вмикаються при вмиканні електродвигуна M5 зворотного транспортера, про що сигналізують відповідні лампи.

У схемі використано 11 проміжних реле K19-K29, контакти яких використовуються для блокіровок на вмикання сигнальних ламп.

Аварійна зупинка всіх ліній здійснюється кнопками SB1 – SB6

3.3 Вибір апаратів керування та захисту

У сільському виробництві використовують чотири види апаратів: апарати керування, командні апарати, апарати захисту і сигнальні пристрої. Вибирають апарати за рядом умов і вимог, а саме за напругою, видом, величиною струму, конструктивним виконанням, кліматичним виконанням, умовами захисту від впливу оточуючого середовища і іншими показниками.

Вибір пуско-захисної апаратури проведемо на прикладі електроприводу ИСК – 3. Виберемо автоматичний вимикач для подачі живлення і захисту електричного кола і двигуна від струмів короткого замикання. Умови вибору:

За напругою:

$$U_{н.ав.} \geq U_{ел.дв.}; 380 \geq 380 \text{ В};$$

За струмом вимикача:

$$I_{н.ав.} \geq I_{н.дв.}; 100 \geq 83,3 \text{ А};$$

За струмом розчіплювачів максимального струму:

$$I_{н.р.ав.} \geq I_{н.дв.} \cdot 100 \geq 83,3 \text{ A};$$

За кратності відсічки:

$$I_{від.} \geq (1,5 \dots 1,6) I_{н.дв.}$$

5. За конструктивним виконанням;

6. За кліматичним виконанням і ступенем захисту.

Вибраний апарат перевіряється на не спрацювання при пуску двигуна:

$$I_{відс.розч.} = K_{відс.} \cdot I_{р.ном.} \geq 1,5 K_i \cdot I_{н.дв.}$$

$$I_{відс.розч.} = 14 \cdot 100 \geq 1,5 \cdot 7,5 \cdot 83; 1400 \text{ A} \geq 933,75 \text{ A}$$

Отже вибираємо автоматичний вимикач типу: ВА51-34-00100У3.

$$I_{р.н.} = 100 \text{ A}; K_{відс.} = 14.$$

Автоматичні вимикачі для інших груп споживачів вибираються аналогічно і дані занесемо в розрахунково-монтажну таблицю (аркуш 1).

Вибір магнітних пускачів.

Електромагнітні пускачі призначені для дистанційного пуску безпосереднім вмиканням у мережу і зупинки трифазних асинхронних електродвигунів із короткозамкненим ротором. При наявності теплових реле пускачі захищають також електродвигуни від перевантажень.

Вибір магнітних пускачів виконуємо за умовами:

$$U_{н.мп.} \geq U_{м.} \quad 380 \text{ В} > 380 \text{ В};$$

$$I_{н.мп.} \geq I_{н.дв.} \quad 125 \text{ A} > 83 \text{ A};$$

$$I_{н.тр.} \geq I_{н.дв.} \quad 105 \text{ A} > 83 \text{ A};$$

$$I_{нес.т.р.} \geq I_{н.дв.} \quad 105 \text{ A} > 83 \text{ A};$$

$$U_{кот.} = U_{к.к.} \quad 220 \text{ В} = 220 \text{ В};$$

де $U_{н.мп.}$, $I_{н.мп.}$ – відповідно номінальна напруга і струм магнітного пускача; $U_{м.}$ – напруга мережі, В; $I_{н.тр.}$ – номінальний струм теплового реле, А; $I_{нес.т.р.}$ – струм неспрацювання теплового реле, А; $U_{кот.}$ – напруга котушки пускача, В; $U_{к.к.}$ – напруга кола керування, В.

Вибираємо електромагнітний пускач типу: ПМЛ-62004В.

Для захисту двигуна від струмів перевантаження теплове реле серії:
 РТЛ-3105-04 $I_{рел} = (75-105)A$.

3.4 Вибір силових проводок

Правильний розрахунок і вибір електричної проводки має велике значення. Від надійності і довговічності проводки залежить безперервність електричного постачання, безпека людей і тварин. Проводи і кабелі вибирають в залежності від виду проводки, категорії приміщення, умов оточуючого середовища, способу прокладання. Проводи вибирають за тривало допустимим струмом згідно умови:

$$I_{тр.доп.} \geq I_{розр.},$$

де $I_{розр.}$ - розрахунковий струм окремих споживачів

Розрахунковий струм магістралі, по якій живиться кілька електричних приймачів:

$$I_{M.P.} = K_o \cdot \sum I_{н.с.}, A,$$

де K_o - коефіцієнт одночасності роботи електричних приймачів;

$I_{н.с.}$ - номінальний струм споживача, A.

Розрахунковий струм відгалуження до електродвигуна:

$$I_{р.відг.} = I_{дв.н} \cdot A.$$

Проведемо вибір і розрахунок проводки до змішувача ИСК-3 з

$$P_{н} = 37 \text{ кВт}, I_{дв.н} = 68,3 \text{ А}.$$

Вибираємо кабель АВВГ (4×25), який прокладається відкрито.

Решта проводів вибирається аналогічно.

3.5 Розрахунок освітлення. Вибір освітлювальних проводок. Вибір освітлювального щитка

Для створення нормальної достатньої освітленості на робочих місцях, при яких забезпечуються нормальний хід технологічних процесів, застосовують електричне освітлення. Воно може бути загальним з рівномірним чи локалізованим розміщенням світильників, або локалізованим.

У кормоцехах використовують комбіноване освітлення, що є поєднанням місцевого та загального освітлення. Загальне освітлення призначене для забезпечення рівномірної освітленості всієї площі приміщення, а місцеве у мережах робочої поверхні.

В якості джерел світла використовують лампи розжарювання загального призначення і люмінесцентні лампи, а також інші види ламп. Лампи розжарювання (ЛР) відрізняються типом нитки розжарювання, формою балона та його наповненням. Світловий ККД ламп загального призначення напругою 220В дорівнює 0,8-2,8%. Світловий потік ламп розжарювання в кінці строку служби зменшується приблизно на 15%. Строк служби ламп розжарювання при розрахунковій напрузі: 1100 год. для ламп на напругу 215-225В вищої якості; 1000 год.- для всіх інших.

Люмінесцентні лампи низького тиску (ЛЛ) мають значні переваги перед лампами розжарювання: високий ККД (4,9-9,6%) та строк служби до 15000 год. залежно від типу лампи. Ці лампи відрізняються кольоровістю, мають на кінцях двоштиркові цоколі (крім кінцевих). Вмикаються в мережу з пуско-регулюючим апаратом (ПРА).

Для робочого освітлення приміщення кормоцеху будемо використовувати лампи розжарювання і проведемо розрахунок освітлення методом коефіцієнта використання світлового потоку.

1) Вибираємо тип світильника для освітлення кормоцеху по впливу навколишнього середовища і по економічній доцільності. Оскільки кормоцех це вологе приміщення, і має косинусну криву сили світла

2) За [5] приймаємо нормовану освітленість: $E_{н} = 50$ лк.

Визначаємо коефіцієнти відбивання стелі: $\lambda_{ст}$; стін $\lambda_{СТ}$ підлоги $\lambda_{П}$.

Дані коефіцієнти визначають наближено. Для виробничих приміщень з рівними стелями беруть: $\lambda_{ст} = 50\%$; $\lambda_{СТ} = 30\%$; $\lambda_{П} = 10\%$.

4) Визначаємо найвигіднішу відносну відстань між світильниками за умовою:

$$\lambda_c \leq \lambda \leq \lambda_e;$$

де λ_c і λ_e – відповідно світлотехнічно та економічно найвигідніші відносні відстані між світильниками. λ – залежить від типу кривої сили світла світильника.

Для світильників з косинусною кривою сили світла:

$$1,4 \leq \lambda \leq 1,6, \text{ тоді приймаємо: } \lambda = 1,5.$$

5) Визначаємо висоту підвісу світильників: приймаємо $H_p = 3 \text{ м}$.

$$H_p = H - h_3 - h_p, \text{ м}$$

де $H = 5 \text{ м}$ – висота приміщення, $h = 0,25 \dots 0,8$ – висота завісу світильників, $h = 0$ – висота до робочої поверхні. Висота підвісу світильників повинна становити не менше $2,5 \text{ м}$ і визначається для обслуговування.

$$\text{Приймаємо } H_p = 3 \text{ м}.$$

6) Визначення відстані між світильниками, або рядами світильників:

$$LAB = 1,5 \cdot 3 = 4,5, \text{ м};$$

7) Визначаємо відстань між середнього ряду (крайнього) світильників до відповідної стінки:

$$l = |0,3 \dots 0,5| \cdot LAB, \text{ м};$$

де $0,3 \dots 0,5$ – коефіцієнт який залежить від розташування робочих місць.

$$l = 0,4 \cdot 4,5 = 1,8, \text{ м}.$$

8) Визначаємо кількість світильників в ряду:

$$n_A = \frac{A - 2\ell}{L_A} + 1$$
 , шт.;
 де $A=20\text{м}$ – довжина приміщення,

$$n_A = \frac{20 - 2 \cdot 1.8}{4.5} + 1 = 4.64 \approx 5$$
 , СВІТИЛЬНИКІВ.
 Визначаємо кількість рядів світильників:

$$n_B = \frac{B - 2\ell}{L_B} + 1$$

, шт.;

де $B=10\text{м}$ – ширина приміщення,

$$n_B = \frac{10 - 2 \cdot 1.8}{4.5} + 1 = 2.42 \approx 3$$
 , ряди

Визначаємо загальну кількість світильників:

$$N = n_A \cdot n_B = 5 \cdot 3 = 15$$
 , шт.

Визначаємо індекс приміщення в залежності від якого приймають коефіцієнт використаного світлового потоку:

$$i = \frac{A+B}{H_r \cdot (A+B)} = \frac{20+10}{3 \cdot (20+10)} = 2.22$$

В залежності від індексу приміщення і коефіцієнта відбивання стелі $r_{СТ}$, стін $r_{СТ}$, підлоги $РП$ і типу вибраного світильника вибираємо коефіцієнт використання світлового потоку η ;

$i=2,25$; $r_{СТ}=50\%$; $r_{СТ}=30\%$; $РП=10\%$;
 тип світильника НСП 09, тоді $\eta=0,39$.

Визначаємо розрахунковий потік лампи:

$$\Phi_p = \frac{E_H \cdot K_s \cdot S \cdot Z}{N + \eta}$$

, Лм;

де $E_H = 50$ Лк – нормована освітленість; K_3 – коефіцієнт запасу, враховує зменшення освітленості на робочому місці в процесі експлуатації освітлювальних установок. Дані значення приймають для світильників з лампами розжарення:

$S = A \cdot B = 20 \cdot 10 = 200$, м² – площа приміщення,

$Z = 1,15$ – коефіцієнт мінімальної освітленості, залежить в першу чергу від відносної відстані між світильниками.

По розрахунковому світловому потоці вибираємо стандартну лампу

згідно умови:

$$\Phi_{Л} \geq \Phi_{Р}, 2920 \text{ Лм} \geq 226068 \text{ Лм},$$

Світловий потік стандартної лампи відрізняється від розрахункового на 22%, що не є допустимим.

Вибираємо лампу: Г220 – 230 – 200.

Потужність лампи: $P_{Л} = 200$, Вт.

Визначаємо розрахункову потужність освітлювальної установки:

$$P = P_{Л} \cdot N \cdot n \cdot 10^{-3} = 3 \text{ кВт};$$

де $n = 1$ шт – кількість ламп в світильнику.

Напряг живлення світильників відповідає напрузі живлення від електричної мережі – трифазна, чотирьох провідна – система 380/220

В.

Оскільки нормована освітленість в приміщенні відповідає розрахунковому потоку, визначає фактичну освітленість:

$$E = \frac{E_{\Phi}}{E_H} \cdot 100\% = \frac{64,5}{50} \cdot 100\% = 129\%$$

Що є в межах допустимого.

Тоді перерахуємо фактичну кількість світильників:

$$N_{\Phi} = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{\Phi_{Л} + \eta} = \frac{50 \cdot 1,15 \cdot 200 \cdot 1,15}{2920 + 0,39} = 11,6 \approx 12, \text{ шт.}$$

Світильники розміщують з фактичною їх кількістю, а саме:

кількість світильників в ряду отримаємо $nA = 4$.

Кількість рядів світильників, $nB = 3$.

Помістимо світильники в приміщення таким чином, щоб освітлення було рівномірним, тоді отримаємо:

$LA = 5$ м – відстань між світильниками в ряду.

$LA = 5$ м – відстань між світильниками в рядах (рядами світильників).

$LA = 5$ м – відстань між світильниками і стінами по ширині приміщення.

На рис. 3.8 зображено план приміщення з нанесенням світильників.

Проведемо перевірочний розрахунок освітлення в приміщенні кормоцеху для приготування корму точковим методом

1) Намічаємо контрольну точку на плані приміщення, який виконаний у відповідному масштабі, з вірогідною освітленістю (рис 3.8). Визначаємо відстань від точки розрахунку до проєкції осі симетрії світильника на площину, яка їй перпендикулярна і проходить через точку розрахунку - a , м.

$$a_1 = a_4 = a_5 = a_8 = a_{1,4,5,8} = 7.0, м$$

$$a_2 = a_3 = a_6 = a_7 = a_{2,3,6,7} = 7.0, м$$

2) Визначаємо тангенс кута падіння світлового променя в точку

$$tg \varphi_{1.4.5.8} = \frac{a}{H_p};$$

розрахунку:

$$tg \varphi_{1.4.5.8} = \frac{7}{3} = 2,33; tg \varphi_{2.3.6.7} = \frac{2,5}{3} = 0,83.$$

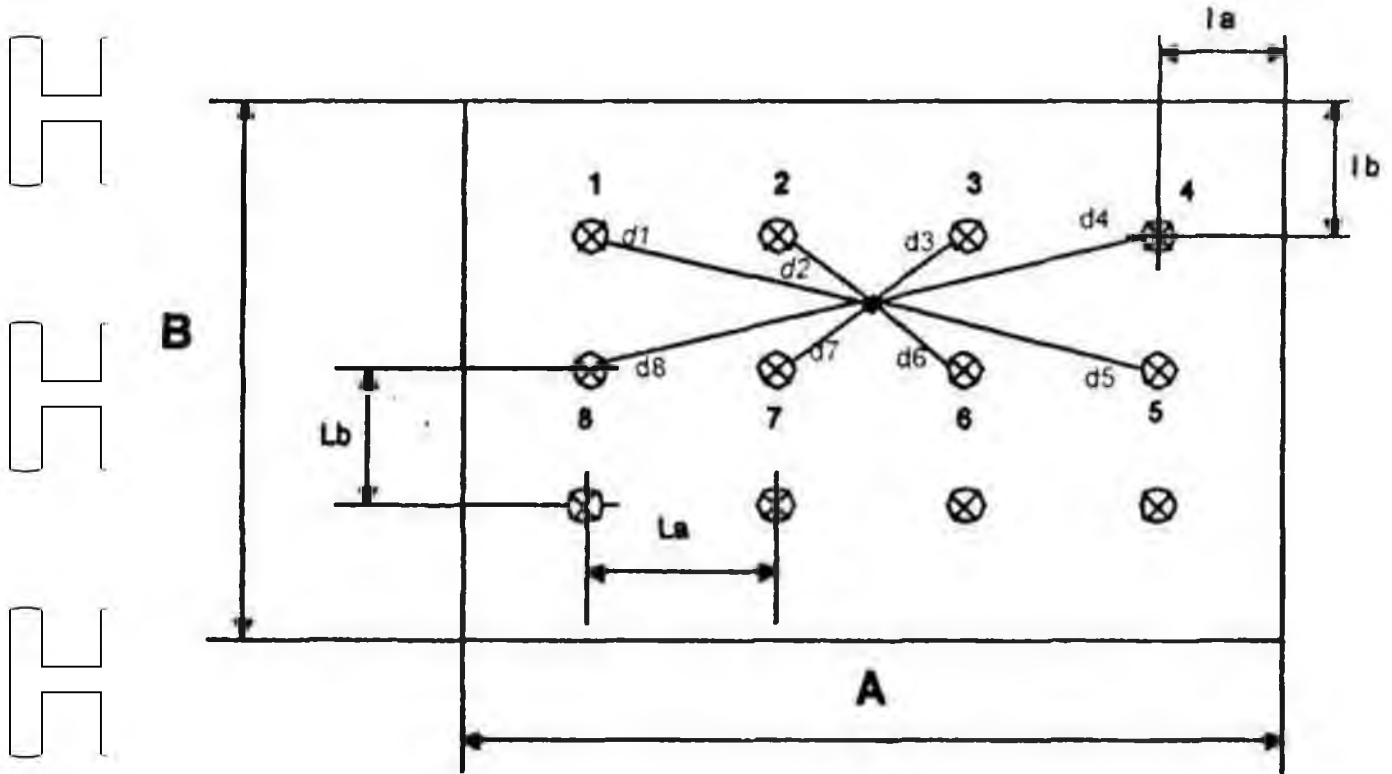


Рис. 3.8 – План приміщення кормоцеху для готування кормів з

нанесеними світильниками.

3) По знайденому $\text{tg} \varphi$ виберемо значення кута падіння світлового променя $\varphi \cos^3 \varphi$, $\varphi = \text{arctg} \varphi$;

$$\varphi_{1,4,5,8} = 66,77^\circ; \cos^3 \varphi_{2,3,6,7} = 0,06$$

$$\varphi_{2,3,6,7} = 39,7^\circ; \cos^3 \varphi_{1,4,5,8} = 0,45$$

Визначимо силу світла:

$$I_\varphi = \frac{\Phi_L}{1000} \cdot \text{КД};$$

де $\Phi_L = 2920 \text{ Лм}$ – світловий потік лампи.

| I_φ | T – сила світильника з умовною лампою 1000 Лк, вибираємо з

довідникових даних.

Дане значення залежить від $\angle \varphi$ і типу світильника.

$$I_{\varphi}^{T1.4.5.8} = 69, \text{ КД};$$

$$I_{\varphi}^{T2.3.6.7} = 81, \text{ КД};$$

$$I_{\varphi}^{T1.4.5.8} = \frac{69 \cdot 2920}{1000} = 201,48, \text{ КД};$$

$$I_{\varphi}^{T2.3.6.7} = \frac{81 \cdot 2920}{1000} = 236,52, \text{ КД};$$

5) Визначаємо освітленість в точці розрахунку відносно належного світильника:

$$E = \frac{I_{\varphi} \cdot \cos^3 \varphi}{H_p^2 \cdot K}, \text{ Лк};$$

де K — коефіцієнт запасу світильника і для ламп розжарювання він становить, $K=1,15$.

$$E_{1.4.5.8} = \frac{201,48 \cdot 0,06}{9 \cdot 1,15} = 1,17, \text{ Лк};$$

$$E_{2.3.6.7} = \frac{236,52 \cdot 0,45}{9 \cdot 1,15} = 10,3, \text{ Лк};$$

6) Визначаємо загальну освітленість в розрахунковій точці, сумуючи освітленість від кожного світильника.

$$E_{\text{заг}} = 4 \cdot E_{1.4.5.8} + 4 \cdot E_{2.3.6.7} = 4 \cdot 1,17 + 4 \cdot 10,3 = 45,88 \approx 46, \text{ Лк}.$$

Отже згідно розрахунку можемо зробити висновок, що розрахована освітленість знаходиться в межах допустимої, що означає, що розрахунок освітленості ми виконали правильно і освітленість відповідає нормам.

Розрахунок електроосвітлення в слідуючих допоміжних і підсобних

приміщеннях проведемо методом питомої потужності. Освітлення згідно за допомогою ламп розжарення загального призначення. Розрахуємо освітлення в таких приміщеннях:

$$\text{Інвентарна: } S = 12 \text{ м}^2 \text{ |4x3|}$$

$$\text{Щитова: } S = 12 \text{ м}^2 \text{ |4x3|}$$

Розрахунок освітлення методом питомої потужності проводиться в такій послідовності:

По впливу навколишнього середовища в по економічній доцільності вибирають світильник: Г220-230-200.

Вибираємо нормовану освітленість відповідного приміщення.

Визначаємо висоту підвішування світильників:

$$H_p = H - h_3 - h_p, \text{ м};$$

де H - висота приміщення, м,

h_3 - висота зв'язу світильників, м,

h_p - висота до робочої поверхні, м.

4) Знаходимо питому потужність, яка залежить від площі приміщення S , м²; освітленості E , Лк; висоти підвішування світильників H_p ,

м.

5) Визначаємо потужність лампи:

$$P_{Л} = \frac{P_{\text{пит}}}{N \cdot n}, \text{ Вт};$$

де $P_{\text{пит}}$ - питома потужність, Вт/м²;

N - кількість світильників в приміщенні;

n - кількість ламп у світильнику.

6) Згідно умови вибирають стандартну лампу:

$$P_{Н} \geq P_{Л}$$

де $P_{Н}$ - номінальна потужність лампи.

Визначаємо потужність освітлювальної установки:

$$P = P_H \cdot N \cdot n \cdot 10^{-3}, \text{ кВт.}$$

За даною методикою розраховуємо освітлення в допоміжних приміщеннях.

3.6 Розрахунок навантаження на вводі

Розрахунок електричних навантажень проведемо з метою раціонального вибору джерела живлення і параметрів лінії.

Розрахунковим навантаженням називається найбільше із середніх значень повної потужності за проміжком часу 30 хв, яке може виникнути на вводі до споживача або в живильній електричній мережі у розрахунковому році з ймовірністю не нижче 0,95. Розрахунковим вважають останній рік розрахункового періоду, яким визначається рівень навантажень та інші параметри електричних установок.

Розрізняють денні і вечірні розрахункові навантаження. За розрахункове навантаження приймають більшу з величин денного чи вечірнього розрахункових навантажень.

Проведемо розрахунок електричних навантажень на вводі в кормоцех.

1) Споживану двигунами потужність визначаємо за формулою:

$$P_{cn} = \frac{P_H \cdot K_3}{\eta}, \text{ кВт};$$

де P_H – номінальна потужність електродвигуна, кВт; K_3 – коефіцієнт завантаження електричного приймача по активній потужності, залежить від виконання певної технологічної операції; η – ККД двигуна:

Споживану повну потужність визначаємо за виразом:

$$S_{cn} = \frac{P_{cn}}{\cos \phi}, \text{ кВт};$$

Визначимо два максимуми навантаження враховуючи коефіцієнт одночасності:

$$P_{p.d.} = \sum_{i=1}^n P_{p.i.} \cdot K_0, \text{кВт};$$

денний максимум:

вечірній максимум:

$$P_{p.v.} = \sum_{i=1}^n P_{p.i.} \cdot K_0, \text{кВт};$$

де $P_{p.i.}$ - відповідно сумарне навантаження в денний і вечірній максимуми, кВт;

n - кількість споживачів; $K_0 = 0,5$;

$$P_{p.d.} = 80,73 \cdot 0,5 = 80,23 \text{ кВт}; \quad P_{p.v.} = 77,87 \cdot 0,5 = 77,37 \text{ кВт}; \quad S_n = 90 \text{ кВА}$$

Підключаємось до трансформаторної підстанції з силовим трансформатором номінальної потужності $S_N = 160 \text{ кВА}$, який буде завантажений на 65 %.

Струм вводу визначаємо за формулою:

$$I_{в} = \frac{\sum P}{\sqrt{3} \cdot 380} = \frac{117900}{\sqrt{3} \cdot 380} = 179,4$$

Вибираємо ввідний кабель марки АВВГ 1 (3x120+1x95).

Для керування і захисту мережі приймаємо ввідний щиток - ПР11-3078-54-У1 з ввідним автоматичним вимикачем ВА51-31-34 з ІНОМ=250А і 10-ма автоматами на фідерах типу ВА5126М.

РОЗДІЛ 4. СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

4.1 Електромагнітна сумісність трифазного двигуна з мережею живлення

Під електромагнітною сумісністю розуміють здатність асинхронних двигунів нормально функціонувати в їх електромагнітному середовищі, не створюючи електромагнітних перешкод для електричної мережі та іншого обладнання, яке включене на ту ж мережу [1]. Відомо, що асинхронні двигуни споживають з мережі два види потужності: активну, яка перетворюється в механічну та теплові втрати і реактивну, яка не перетворюється в інші види, а лише необхідна двигуну для створення магнітних полів. При цьому величина реактивних складових потужності та струму намагнічування є досить значними. Асинхронні двигуни в сільському господарстві середньо потужністю 4 кВт мають струм намагнічування, який становить біля 50% від номінального струму, потужні двигуни – до 40%, а асинхронні мікродвигуни – до 90%.

Електричну модель для теоретичного дослідження електромагнітної сумісності асинхронного двигуна з електричною мережею [2] отримаємо таким чином. Представимо трифазний асинхронний двигун однофазною розрахунковою схемою (рис. 4.1), що складається з лінії електропередачі та

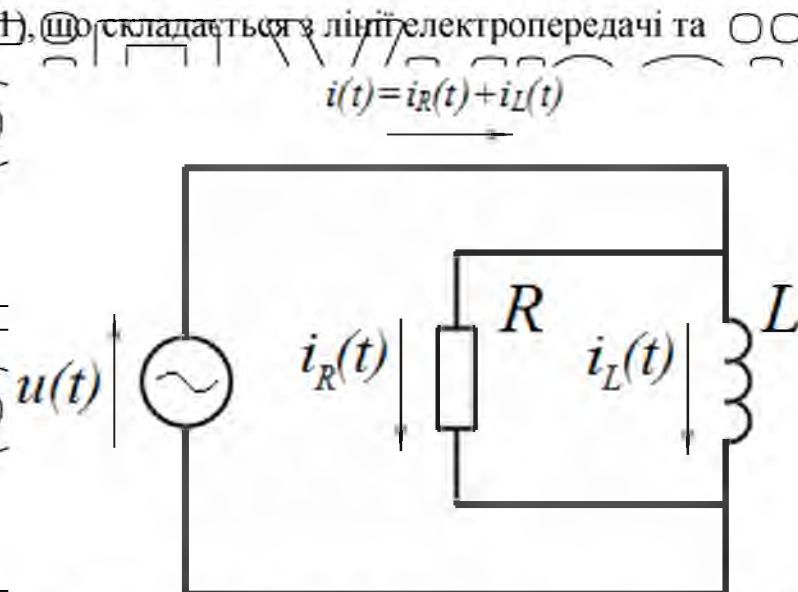


Рис. 4.1 – Спрощена електрична модель асинхронного двигуна

паралельно сполучених активного опору R та індуктивності L , які підключені до джерела синусоїдної напруги:

$$U = U_m \sin \omega t, \quad (4.1)$$

де t – час; ω – кутова частота; U_m – амплітудне значення напруги.

За рахунок підведеної напруги (3.1) у вітках схеми виникають синусоїдні струми (рис. 3.2). У вітці активного опору протікає активний струм

$$i_R(t) = \frac{U_m}{R} \sin \omega t, \quad (4.2)$$

А вітці індуктивності – реактивний струм, який відстає від напруги (1) на

чверть періоду основної частоти

$$i_L(t) = \frac{U_m}{\omega L} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) \quad (4.3)$$

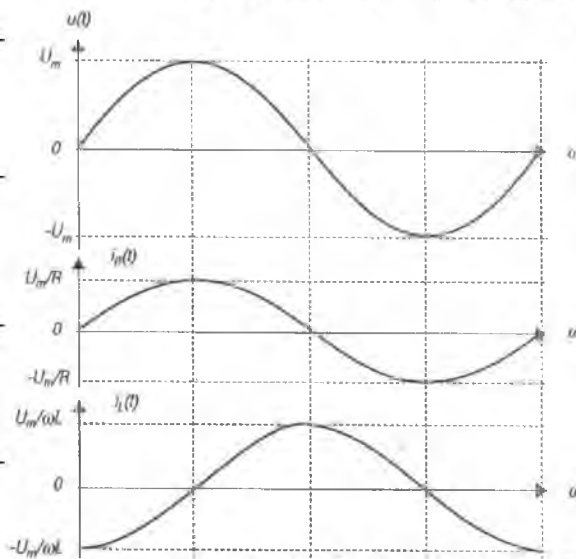


Рис. 4.2 – Залежності в часі електричних параметрів двигуна:

а – підведеної напруги; б – активного струму; в – реактивно-індуктивного струму

Миттєві потужності, (рис. 4.3), з якими електрична енергія надходить у

кожний момент часу від джерела живлення у кожному вітку схеми, дорівнюють

добуткам миттєвого значення напруги (4.1) на миттєві значення відповідних струмів (4.2) і (4.3). Враховуючи відомі тригонометричні співвідношення

періодичних функцій, знаходимо, що у вітку R надходить активна потужність

$$p_R(t) = \frac{U_m^2}{R} \sin^2 \omega t = \frac{1}{2} \frac{U_m^2}{R} (1 - \cos 2\omega t), \quad (4.4)$$

а у вітку L надходить реактивна потужність індуктивного типу

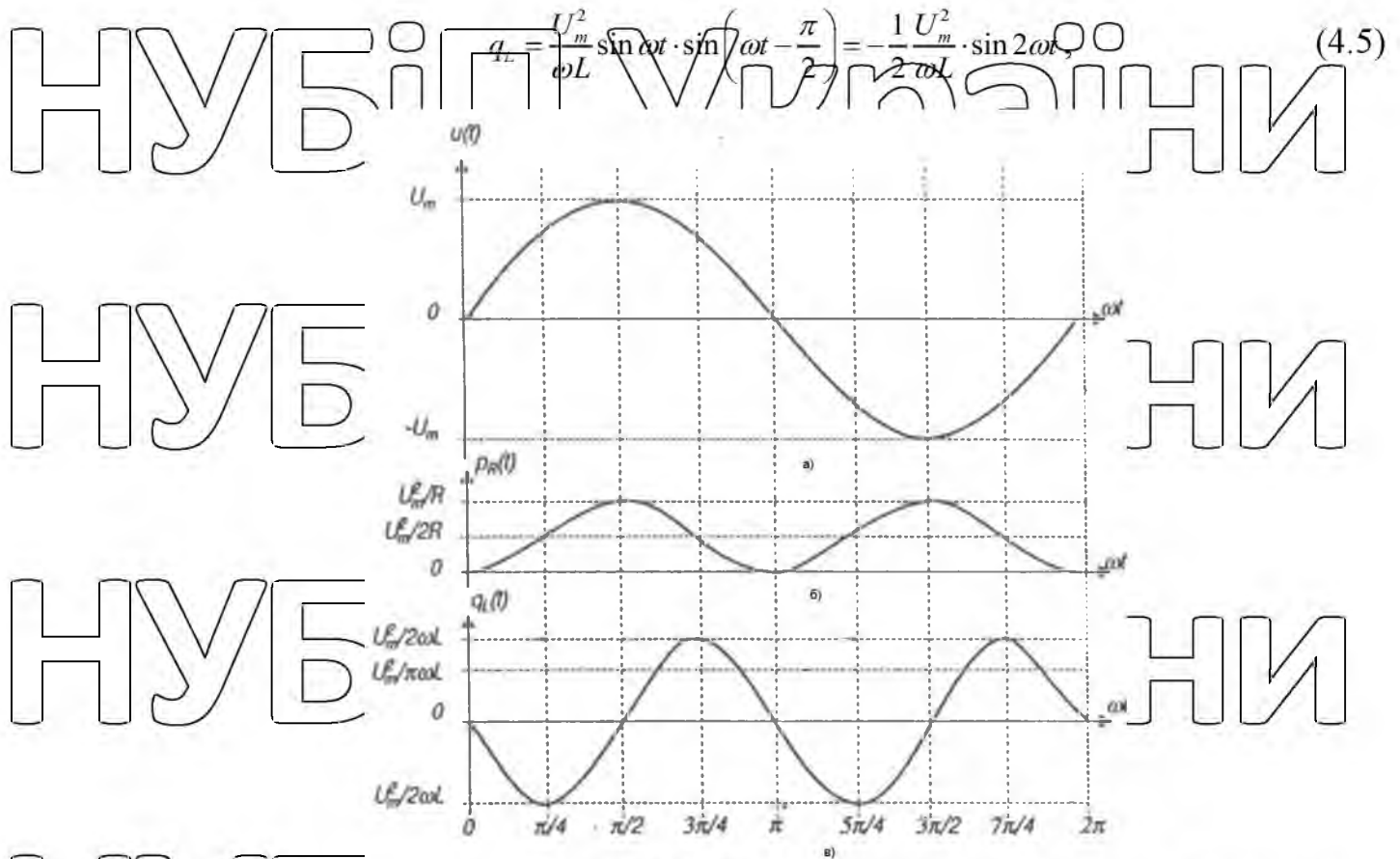


Рис. 4.3 – Залежності від часу підведеної напруги (а) і потужностей: б – активної; в – реактивно - індуктивної

З цих виразів видно, що обидві електричні потужності змінюються в часі з подвійною частотою. Принципова різниця між активною та реактивно-індуктивною потужностями полягає у тому, що величина активної потужності коливається навколо свого середнього значення, а реактивна навколо нуля. З фізичної точки зору це пояснюється тим, що активна потужність надходить у двигун з мережі живлення і перетворюється в ньому у механічну та теплові втрати, а реактивна потужність постійно змінює свій знак, тому не перетворюється у інші види, тобто двигун обмінюється нею з електричною мережею.

Обсяги електричної енергії, що надходять у кожен вітку розрахункової схеми асинхронного двигуна протягом часового інтервалу від 0 до τ , дорівнюють узятим на цьому інтервалі інтегралам потужностей. Виконавши операції інтегрування, отримаємо, що у вітку R надходить активна електроенергія

$$W_R(0 \dots \tau) = \frac{1}{2} \frac{\tau U_m^2}{R} - \frac{1}{4} \frac{J_m^2}{\omega R} \cdot \sin 2\omega \tau \epsilon \quad (4.6)$$

а у вітку L – реактивна електроенергія індуктивного типу

$$W_L(0 \dots \tau) = -\frac{1}{4} \frac{U_m^2}{\omega L} + \frac{1}{4} \frac{U_m^2}{\omega^2 L} \cdot \cos 2\omega\tau, \quad (4.7)$$

Графічні залежності виразів (4.6) і (4.7) представлені на (рис. 4.4), з яких слідує, що обидва потоки електричної енергії змінюються у часі з подвійною частотою. При цьому в потоці активної електроенергії коливна складова (рис. 4.4, б-2) додається до лінійної (рис. 4.4, б-1), яка накопичується на інтервалі часу τ . Реактивно-індуктивна коливна складова енергії додається до початкових констант, наявність забезпечує нульві значення енергії в момент часу $t = 0$ [3].

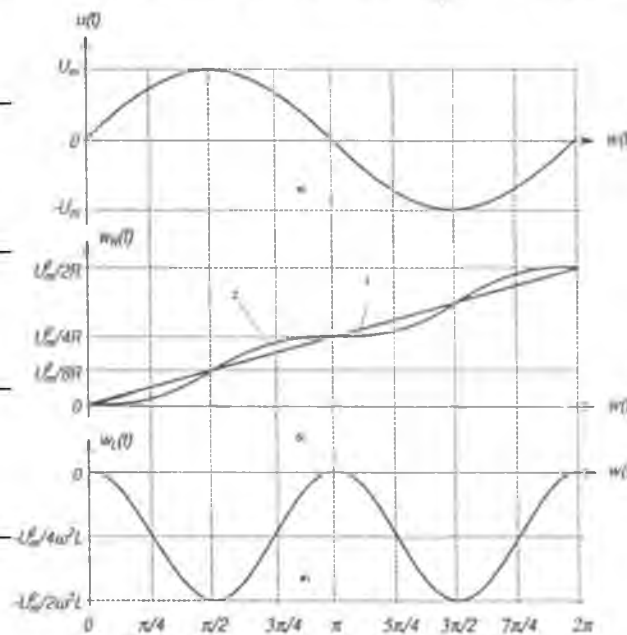


Рис. 4.4 – Залежності в часі підведеної напруги (а) і електричної енергії:

б-1 – активної накопичувальної лінійної; б-2 – активної коливної; в – реактивної коливної

Активна електроенергія на кожному періоді основної частоти переноситься від мережі до асинхронного двигуна двома пульсаціями в одному напрямку дії, а в самому двигуні вона перетворюється в механічну та теплову.

Початкова константа реактивної енергії індуктивного типу у формулі (4.7) являє собою середню енергію магнітного поля, яке утвориться і зникає у магнітному колі двигуна. На кожному періоді основної частоти реактивна енергія переноситься в електричному полі чотирма пульсаціями електричної потужності з чергуванням прямого та протилежного напрямків дії. Протягом чверті періоду вона посилює магнітне поле в двигуні, але далі не перетворюється в інший вид, а протягом наступної чверті періоду, повертається до електричної мережі.

Енергія за виразом (4.7) у момент часу коли вона досягає амплітудного значення, дорівнює

$$W_L \left(0 \dots \frac{\pi}{2\omega} \right) = \frac{1}{2} \frac{U_m^2}{\omega^2 L} \quad (4.8)$$

Враховуючи, що $U_m/\omega L = I_m L$, де $I_m L$ – амплітудне значення струму в індуктивності L двигуна, отримуємо

$$W_L \left(0 \dots \frac{\pi}{2\omega} \right) = \frac{1}{2} L \cdot I_m^2 \quad (4.9)$$

що без урахування знаку відповідає відомій формулі енергії магнітного поля.

4.2 Баланс реактивної потужності асинхронного двигуна

За принципом дії асинхронний двигун – споживач двох видів енергії: активної, яка перетворюється в механічну на валу двигуна та у теплові втрати, і реактивної, необхідної для створення обертового магнітного поля. При цьому реактивна енергія не перетворюється в інші види, проте обмін нею з джерелом живлення завантажує обмотку статора двигуна, мережу живлення та джерело електричної енергії реактивним струмом, що призводить до збільшення загального струму двигуна і додаткових втрат активної енергії в усіх елементах електричної системи. Зокрема, в режимі номінального навантаження асинхронного електродвигуна реактивна потужність становить 60 – 80% всієї споживаної потужності, а в режимі холостого ходу – до 80% реактивної потужності, яка витрачається в номінальному режимі [16].

Основну частину реактивної потужності асинхронного електродвигуна складає потужність Q_M , яка витрачається на створення основного магнітного поля машини. Потужності q_1 та q_2 витрачаються на створення полів розсіювання відповідно статора і ротора (рис. 4.5).

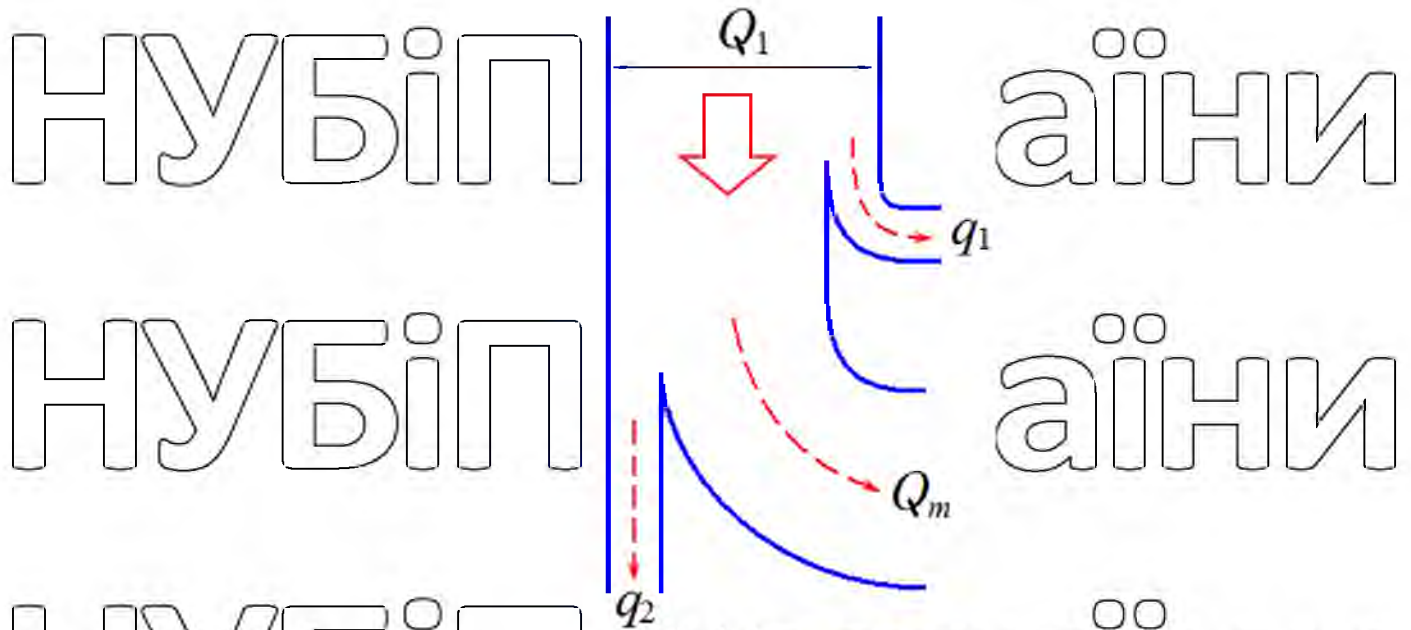


Рис. 4.5 Діаграма реактивних потужностей асинхронного двигуна

Значний обсяг Q_m пояснюється наявністю в асинхронних машинах повітряного

зазору між статором і ротором. Як і у будь-якому феромагнітному пристрої, магнітний потік асинхронного двигуна визначається напруженою, підведеною до обмотки статора, а оскільки магнітний потік машини замикається не лише по магнітопроводах статора і ротора, але й по повітряному зазору, який має великий магнітний опір, в процесі роботи двигун споживає з мережі великий реактивний струм намагнічування.

Причому характерним є те, що величина Q_m та струму намагнічування асинхронного двигуна практично не залежить від навантаження. Зокрема, в режимі холостого ходу, коли корисний момент двигуна $M_2 = 0$, споживаний двигуном струм є практично реактивним і складає 20 – 50% від номінального струму, залежно від потужності машини.

Реактивна потужність, яка споживається асинхронним двигуном при холостому ході, визначається за формулою :

$$Q_{xx} = \sqrt{3} U_n I_{xx} \quad (4.10)$$

де I_{xx} – струм холостого ходу асинхронного двигуна.

Збільшення споживання реактивної потужності при повному навантаженні двигуна порівняно з холостим ходом пояснюється деяким збільшенням полів розсіювання статора та ротора, і становить

$$\Delta Q_n = Q_n - Q_{xx} \approx \frac{P_n}{\eta_n} \operatorname{tg} \varphi_n - \sqrt{3} U_n I_{xx}. \quad (4.11)$$

При навантаженні асинхронного двигуна меншому номінальному приріст споживання реактивної потужності порівняно з холостим ходом пропорційний квадрату коефіцієнта завантаження k_s . Тому реактивна потужність, яка споживається двигуном при довільному навантаженні, буде :

$$Q = Q_{xx} + \Delta Q_n \cdot k_s^2. \quad (4.12)$$

Дана умова призводить до збільшення загального споживаного двигуном струму як при пуску, холостому ході, номінальному навантаженні так і в інших режимах роботи, внаслідок чого збільшуються втрати енергії як в обмотках статора і ротора двигуна, так і в мережі живлення. Відповідно коефіцієнт корисної дії асинхронного двигуна за рахунок збільшення втрат енергії зменшується.

Споживання асинхронним двигуном реактивної потужності також негативно впливає на його коефіцієнт потужності, який становить 0,7 – 0,9 в номінальному режимі роботи та 0,1 – 0,2 – при холостому ході.

Коефіцієнт потужності асинхронного двигуна в робочому режимі визначається за формулою :

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{\sqrt{P_1^2 + Q_1^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{Q_{xx} + \Delta Q_n k_s^2}{k_s P_n} \right)^2}}, \quad (4.13)$$

де $P_1 = P_2 + \Delta P$ – активна потужність, яка споживається двигуном з мережі живлення і витрачається на створення корисного моменту на валу та покриття втрат;

$Q_1 \in Q_M + Q_s$ – реактивна потужність, яка витрачається на створення основного магнітного потоку машини та полів розсіювання.

Відповідно при холостому ході, коли корисний момент двигуна $M_2 = 0$ і активна потужність, споживана з мережі, витрачається лише на покриття втрат, коефіцієнт потужності мінімальний. Зі збільшенням навантаження зростає $\cos \varphi$

пояснюється збільшенням споживання активної потужності та втрат, тоді як реактивна потужність за рахунок полів розсіювання збільшується несуттєво.

При зменшенні навантаження асинхронного двигуна зменшується його коефіцієнт потужності, що призводить до зменшення коефіцієнта потужності господарських об'єктів, оснащених асинхронними двигунами, які працюють з низьким середнім рівнем завантаження.

4.3 Електромагнітна збалансованість асинхронного двигуна, як фактор енергозбереження

Впровадження в електричних мережах України нової методики обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії між електропередавальною організацією та її споживачами значно розширює коло фахівців, причетних до вирішення проблеми енергозбереження та забезпечення якості електричної напруги шляхом адресного економічного стимулювання споживачів до компенсації реактивних навантажень і регулювання реактивних перетікань [2, 5].

У сільських споживчих мережах рівень реактивних навантажень досить високий внаслідок широкого використання в електроприводі робочих машин асинхронних двигунів [1], які, як відомо, споживають з електричної мережі два види потужності: активну, яка перетворюється в механічну та в теплові втрати і реактивну, яка не перетворюється в інші види, а необхідна двигуну для створення магнітних полів. Наявність реактивної складової потужності асинхронних двигунів поряд з активною зумовлюють збільшення загального струму двигуна та втрат активної електроенергії в споживчій мережі на передачу активної потужності, збільшення спаду напруги в мережі та зменшення напруги на записках двигуна, зменшення пропускної здатності електричної мережі по активній потужності, зростання плати за споживання та перетікання реактивної електроенергії між електропередавальною організацією та її споживачами та ін.

Одним із ефективних варіантів компенсації реактивної потужності є технологічна (індивідуальна компенсація), яка реалізується шляхом приєднання безпосередньо до виводів обмотки статора асинхронного двигуна конденсаторної

батарей, така компенсація досить поширена в розвинених державах світу [4]. У нашій країні вона не знайшла значного поширення за часів СРСР, а в насі відміни плати за споживання реактивної електроенергії взагалі була забута [4]. Проте після введення Методики [5] і зростання плати за перетікання реактивної електроенергії постало питання вибору варіантів компенсації реактивної потужності між централізованою, груповою і індивідуальною, регульованою і нерегульованою.

Математичну модель для теоретичного дослідження електромагнітної збалансованості асинхронного двигуна у разі використання індивідуальної ємнісної компенсації реактивної потужності отримують таким чином.

Представляють трифазний скомпенсований двигун однофазною розрахунковою схемою (рис. 4.6), що складається з лінії електропередачі та паралельно сполучених активного опору R , індуктивності L і ємності C , які підключені до джерела синусоїдальної напруги

$$U_i = \sin \omega t, \quad (4.14)$$

де $\omega = 2\pi f$ – кругова частота, f – частота напруги живлення; T – час, U_m – амплітудне значення напруги

$$i(t) = i_R(t) + i_L(t) + i_C(t)$$

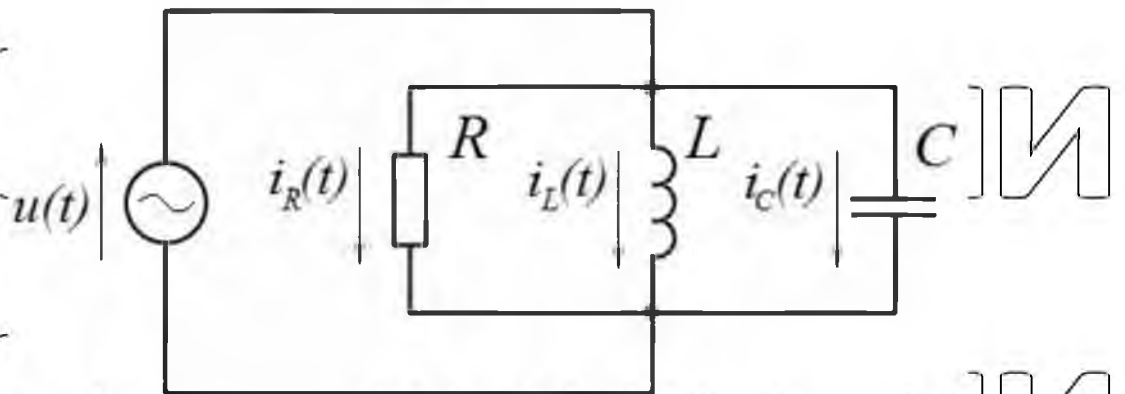


Рис. 4.6 – Спрощена модель компенсованого асинхронного двигуна

За рахунок підведеної напруги (4.14) у вітках схеми (рис. 4.6) протікають струми (рис. 4.7). У вітці активного опору протікає активний струм, який співпадає за фазою з напругою живлення

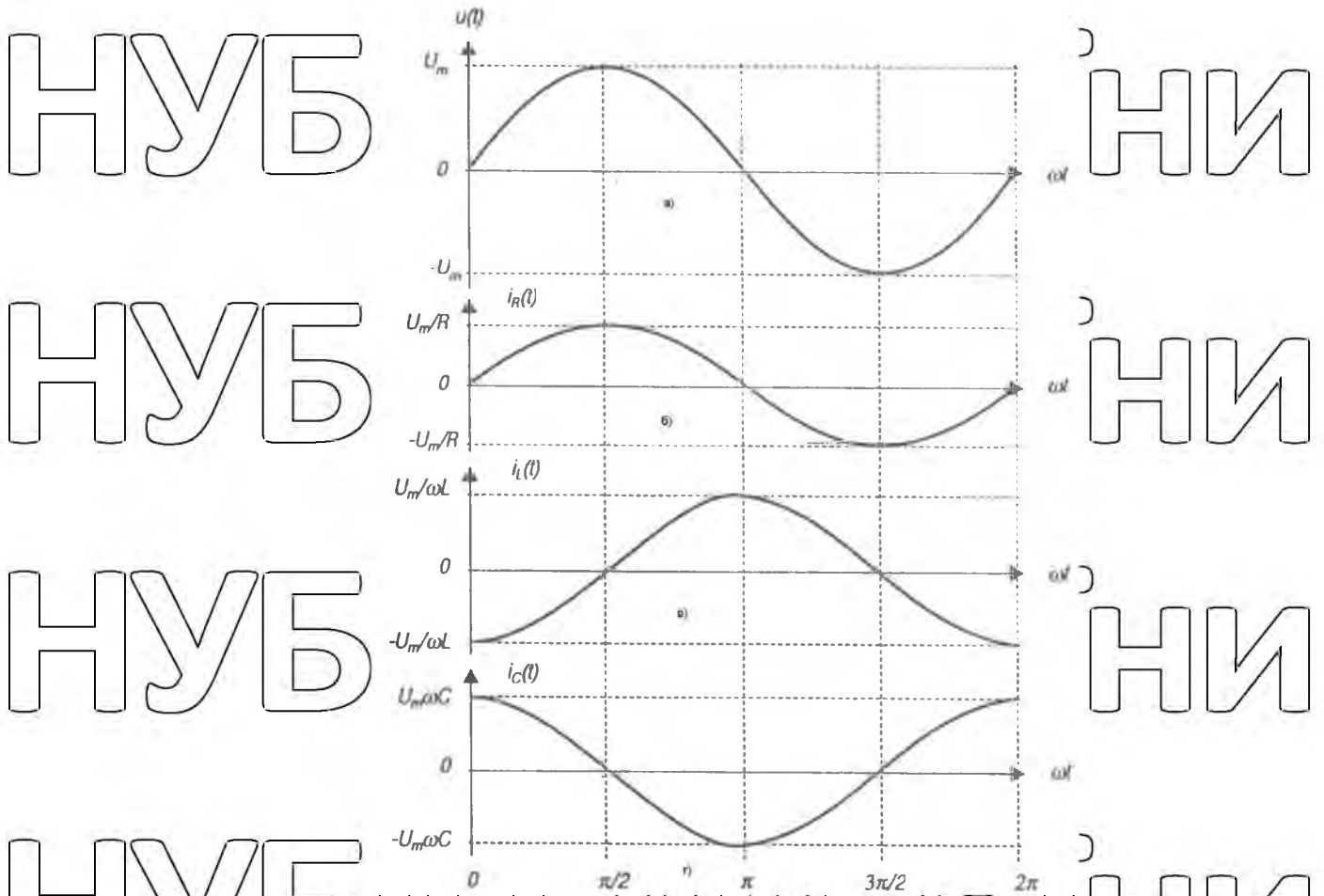


Рис. 4.7 – Залежності в часі електричних параметрів двигуна:

а – підведеної напруги; б – активного струму; в – реактивно-індуктивного струму; г – реактивно-ємнісного струму

$$i_R(t) = \frac{U_m}{R} \cdot \sin \omega t, \quad (4.15)$$

у вітці індуктивності реактивно-індуктивний струм, який відстає за фазою від напруги на чверть періоду основної частоти

$$i_L(t) = \frac{U_m}{\omega_L} \cdot \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right), \quad (4.16)$$

а у вітці ємності – реактивно-індуктивний струм, який випереджає за фазою напругу також на чверть періоду основної частоти

$$i_C(t) = U_m \cdot \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right). \quad (3.17)$$

Миттєві потужності (рис. 4.8), що надходять у кожний момент часу від джерела живлення у кожну вітку схеми (рис. 4.6), дорівнюють добуткам

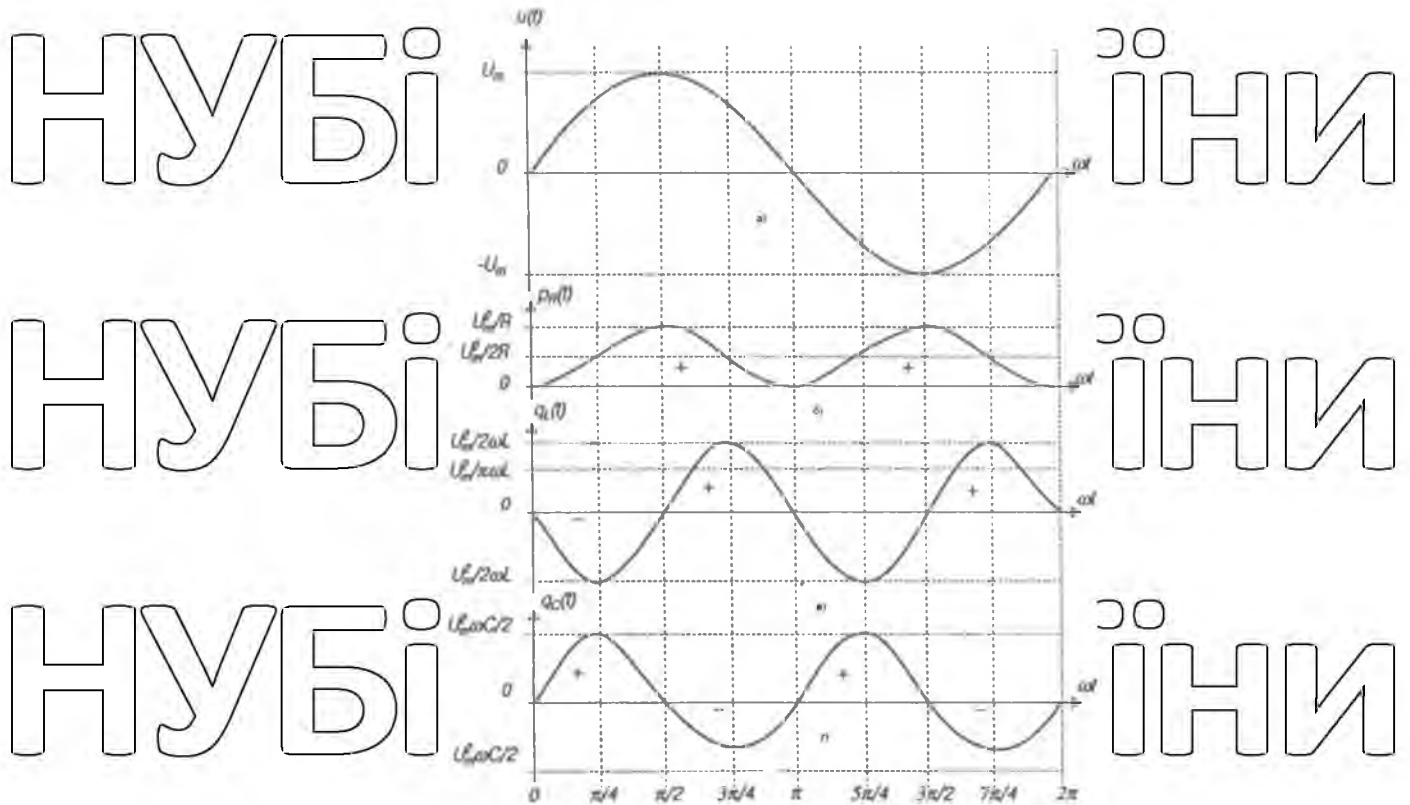


Рис. 4.8 – Залежності в часі підведеної до двигуна напруги (а) і потужностей: б – активної; в – реактивно індуктивної; г – реактивно-ємнісної.

миттєвого значення напруги на миттєві значення відповідних струмів (4.15), (4.16) і (4.17). Враховуючи відомі співвідношення тригонометричних функцій, бачимо, що у вітку R надходить активна потужність:

$$p_p(t) = \frac{U_m^2}{R} \cdot \sin^2 \omega t = \frac{1}{2} \frac{U_m^2}{R} \cdot (1 - \cos 2\omega t), \quad (4.18)$$

у вітку L – реактивно-індуктивна потужність

$$q_L = \frac{U_m^2}{\omega L} \sin \omega t \cdot \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) = -\frac{1}{2} \frac{U_m^2}{\omega L} \cdot \sin 2\omega t, \quad (4.19)$$

а у вітку C – реактивно-ємнісна потужність

$$q_C(t) = U_m^2 \omega C \sin \omega t \cdot \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) = \frac{1}{2} U_m^2 \omega C \cdot \sin 2\omega t \quad (4.20)$$

З виразів (4.18), (4.19) і (4.20) видно, що всі види електричних потужностей змінюються в часі з подвійною частотою. Принципова різниця між активною і реактивною потужностями полягає в тому, що величина активної потужності коливається біля свого середнього значення, а реактивні – біля нуля. З фізичної точки зору це пояснюється тим, що активна потужність поступає в двигун з мережі і перетворюється в ньому в механічну та теплові втрати, а реактивні потужності

індуктивна і ємнісна безперервно змінюють знак, тому вони в інший вид не перетворюються, а знаходяться у протифазі, зумовлюючи обмін реактивною енергією між магнітним полем двигуна і електричним полем конденсатора.

Протилежні знаки періодичних функцій (4.19) і (4.20) показують, що в кожен момент часу в лінії електропередачі відбувається часткова взаємна компенсація реактивних потужностей індуктивності та ємності. Якщо вдасться досягти умови, коли $1/\omega L = \omega C$, то виникає повна взаємна компенсація індуктивної потужності двигуна та ємнісної потужності батареї конденсаторів і результуюча реактивна потужність в лінії електропередачі в усі моменти часу дорівнює нулю.

Асинхронний двигун, у якого має місце повна взаємна компенсація реактивних потужностей, називають електромагнітно збалансованим, при цьому він споживає з мережі чисто активний струм і коефіцієнт потужності $\cos\varphi = 1$. Такий режим роботи асинхронного двигуна енергозощадним і бажаним в практиці електроприводу робочих машин.

4.4 Режими індивідуальної ємнісної компенсації реактивної потужності асинхронного двигуна

З теорії електричних машин відомо, що за постійної частоти і напруги живлення асинхронного двигуна величина робочого обертового магнітного потоку Φ лишається практично постійною при зміні навантаження на валу. Це можна пояснити таким чином. Рівняння рівноваги напруги обмотки статора двигуна в режимі холостого ходу має вигляд

$$\dot{U} = -\dot{E} + \dot{I}_0 Z_1, \quad (4.21)$$

де $E_1 = 4.44 f W_1 K_1 \Phi$ – проти-ЕРС обмотки статора, W_1 – число витків фазної обмотки статора; K_1 – обмотковий коефіцієнт; I_0 – струм холостого ходу двигуна; Z_1 – загальний опір обмотки статора;

Для асинхронного двигуна потужністю 4 кВт при $U_0 = 220\text{В}$ проти-ЕРС становить приблизно $E_1 = 218\text{В}$ і спад напруги на опорі обмотки приблизно складає $I_0 Z_1 = 12\text{В}$.

З невеликою похибкою можна вважати, що підведена до обмотки статора напруга зрівноважується проти-ЕРС E , оскільки в рівнянні (4.21) вони близькі за величиною, тому приймають

$$U = E = 4,44 f_1 W_1 K_1 \Phi = const.$$

Звідси слідує, що величина обертового магнітного потоку двигуна визначається напругою живлення, тому при $U = const$ та $\Phi = const$. Цей магнітний потік створюється магніторушійною силою обмотки статора двигуна

$$\Phi = \frac{MPC}{R\mu} = \frac{\uparrow I_0 W_1}{\uparrow R\mu} = const, \quad (4.22)$$

де $R\mu$ – магнітний опір магнітного кола асинхронного двигуна вздовж замкненої магнітної силової лінії поля.

Замкнений магнітний потік на своєму шляху двічі перетинає повітряний зазор між статором і ротором, який має великий магнітний опір $R\mu$, тому для створення відповідного підведеній напрузі магнітного потоку двигун споживає (4.22) великий реактивний струм намагнічування. Цим асинхронні машини в магнітному відношенні принципово відрізняються від трансформаторів, в яких за відсутності повітряного зазору в магнітному колі магнітний опір магнітопроводу дуже малий, тому для створення робочого магнітного потоку вони споживають дуже малий струм намагнічування. В споживчих трансформаторах, що використовуються в сільській електрифікації, струм намагнічування складає 2-3 % від номінального струму, а в потужних трансформаторах – менше 1 %.

Нині рівень реактивної індуктивної потужності в електричних споживчих мережах досить високий і створюється він в основному широким використанням асинхронних двигунів в електроприводі робочих машин. Тому початковою задачею в плані вирішення проблеми енергозбереження є зниження рівня реактивної потужності в споживчих мережах за рахунок зменшення реактивної потужності асинхронних двигунів, якою вони завантажують мережу.

Найбільш ефективною і прийнятною для широкого використання в практиці є індивідуальна зовнішня ємнісна компенсація реактивної потужності асинхронних двигунів. Це коли правильно розрахована батарея конденсаторів підключається

безпосередньо до виводів обмотки статора двигуна на клемному щитку і забезпечує обмін реактивною потужністю асинхронного двигуна не з електричною мережею, а з батареєю конденсаторів, звільняючи мережу від передачі цієї потужності.

Звичайний асинхронний двигун в робочому режимі споживає з мережі активно-індуктивний струм (рис. 3.9-а). Величина індуктивної складової струму I_p визначається напругою живлення, оскільки цей струм намагнічування створює магнітний потік, а останній своєю проти-ЕРС зрівноважує підведену до обмотки статора напругу. Тому при $U_1 = const$ струм I_p є постійним за незмінного навантаження на валу двигуна. Активна складова струму статора I_{1a} визначається навантаженням на валу та тепловими втратами в двигуні.

Для проведення аналізу режимів компенсації потужності асинхронного двигуна належить пам'ятати, що за постійної напруги живлення та навантаження на валу струм статора I_1 та його складові активна I_a та реактивна I_p є постійними і не залежать від величини ємності батареї конденсатора, що підключена до виводів обмотки статора. Ємність впливає на величину та фазу струму I_1 , який споживає компенсований двигун з мережі в різних режимах компенсації.

У режимі повної компенсації (рис. 3.9, б) реактивну складову струму намагнічування I_p двигуна повністю забезпечує конденсаторна батарея. Звільняючи мережу від передачі цієї складової струму, тому споживаний з мережі струм є мінімальним за величиною і чисто активним ($I_1 = I_a$) за характером, оскільки $\varphi_k = 0$, а $\cos \varphi_k = 1$.

У режимі недокомпенсації (рис. 4.9, в) асинхронний двигун отримує намагнічування від батареї конденсаторів струмом I_c , а решту необхідного струму намагнічування $I_p - I_c$ отримує з мережі, тому струм I_1 , окрім активної складової I_a , має деяку реактивну складову.

У режимі перезбудження (рис. 4.10, г) асинхронний двигун повністю отримує намагнічування від батареї конденсаторів, а надлишковий струм $I_c - I_p$ збільшує загальний струм I_1 та зумовлює генерацію реактивної ємнісної енергії в електричну мережу. Слід зазначити, що режим перекомпенсації в практиці небажаний,

оскільки енергопостачальна організація застосовує штрафні санкції до споживачів електроенергії за генерацію реактивної енергії в мережу.

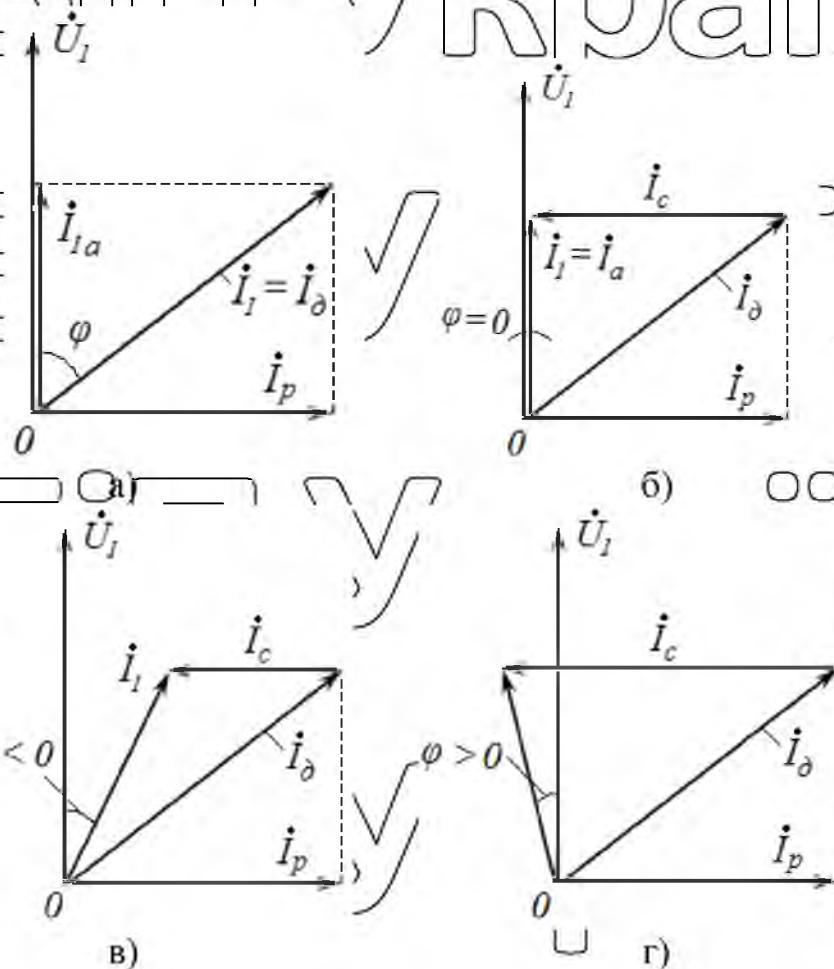


Рис. 4.9 – До аналізу процесу компенсації реактивної потужності асинхронного

двигуна:

- а – компенсація відсутня;
- б – повна компенсація;
- в – недокомпенсація;
- г – перекомпенсація

4.5 Асинхронний двигун з внутрішньою ємнісною компенсацією реактивної потужності

Низка недоліків асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором, таких як великий пусковий струм при малому пусковому моменті, великий струм холостого ходу, відносно малий коефіцієнт потужності та інші, обумовлені тим, що за принципом дії асинхронний двигун є споживачем двох видів електричної енергії: активної, що перетворюється в механічну для приводу виконавчого механізму і теплові втрати в двигуні, та реактивної, яка витрачається на створення змінного

магнітного поля [1]. При цьому реактивна енергія не перетворюється в інші види, але при зміні змінного струму відбувається обмін нею між джерелом живлення і споживачем, завантажуючи всі елементи електричної системи реактивним струмом і викликаючи додаткові втрати активної енергії.

Класичний спосіб зовнішньої компенсації реактивної потужності заснований на включенні конденсаторів електричної ємності паралельно споживачу, призводить до обміну реактивною енергією між конденсаторами і споживачем та часткового або повного звільнення мережі живлення від реактивного струму і зменшення втрат енергії у ній. Однак при цьому робочі характеристики і техніко-економічні показники самого споживача залишаються незмінними.

У випадку застосування внутрішньої ємнісної компенсації реактивної потужності в асинхронному двигуні одна з послідовних напівобмоток фази обмотки статора шунтується конденсатором електричної ємності, з яким вона частково або цілком обмінюється реактивною енергією, звільняючи від передачі цієї енергії іншу напівобмотку (рис. 4.10). При цьому ємнісні струми конденсаторів, з'єднаних трикутником, випереджають свої відповідні напруги на 90° та до середніх точок фазних обмоток статора a, b, c підходять сумарні ємнісні струми, що випереджають фазні напруги зашунтованих напівобмоток на 90° , наприклад, для фази $A-a$ цей струм дорівнює $i_a^c = i_{ba} - i_{ca}$, він випереджає напругу U_{1A} зашунтованої напівобмотки на 90° , що компенсує її реактивний струм, а загальний струм іншої напівобмотки $i_{1A} = i'_{1A} + i_a$ зменшується і зміщується за фазою відносно струму зашунтованої напівобмотки на кут α . При повній компенсації реактивного струму зашунтованих напівобмоток струм інших напівобмоток, а отже, і загальний струм двигуна буде мінімальним, що зменшує втрати потужності в самому двигуні і мережі живлення.

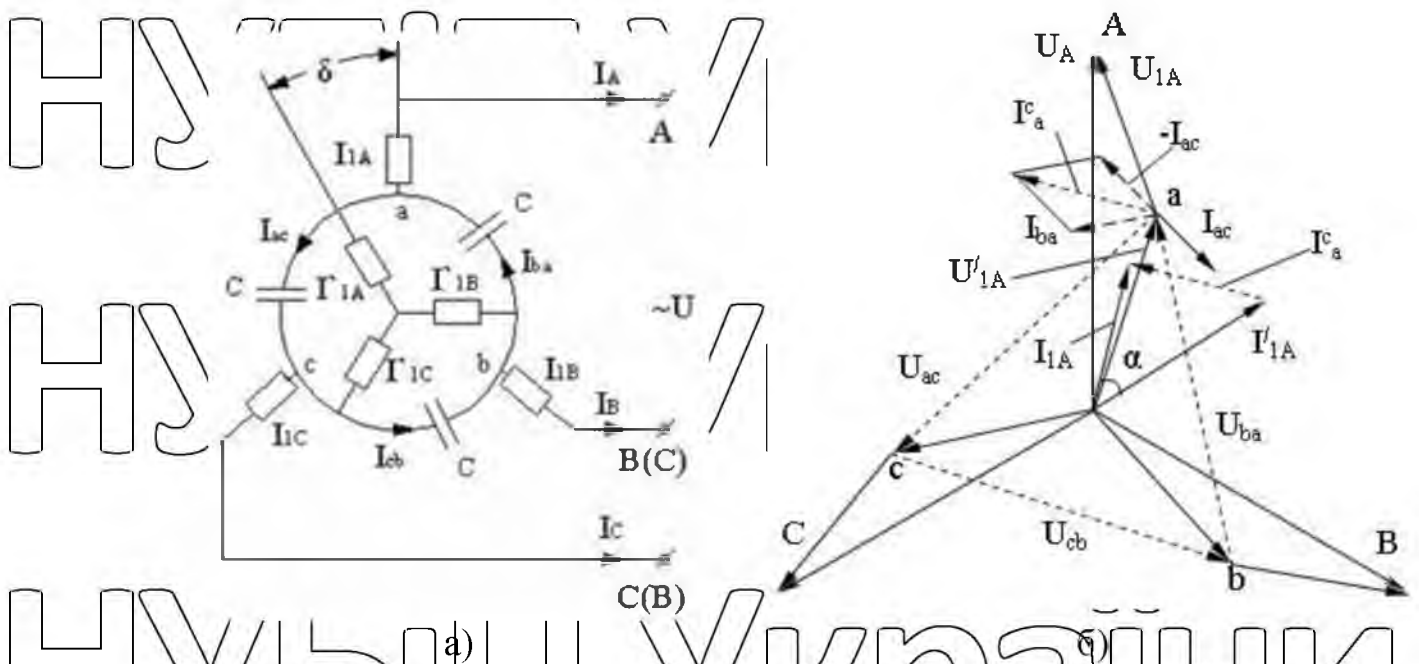


Рис. 4.10 – Внутрішня емкісна компенсація реактивної потужності асинхронного двигуна шунтуванням конденсаторами внутрішніх напівобмоток статора: а – принципова електрична схема кола статора; б – спрощена векторна діаграма

У варіанті звичайного трифазного асинхронного двигуна (рис. 4.11 а, б, в) напівобмотки фази з'єднані між собою послідовно, по них протікає однаковий струм і МРС $F_1 = F_2$ напівобмоток просторово зміщені одна відносно іншої на кут 30° , створюючи загальну МРС

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_1' \quad \text{або} \quad F = 2F_1 \cos \frac{30^\circ}{2} = 2F_1' \cos \frac{30^\circ}{2} \quad (4.22)$$

При шунтуванні однієї з напівобмоток ємністю струм I_1' відстає від струму іншої напівобмотки на кут α , який залежить від величини ємності конденсаторів, тобто, від величини ємнісного струму (рис. 4.12, б).

Сумарна МРС напівобмоток F_{13} з урахуванням просторового зміщення фаз однієї відносно іншої на кут $\rho = 120^\circ$ буде складати

$$F_1 = F_{1A} + F_{1B}e^{j\rho} + F_{1C}e^{-j\rho} = \frac{3}{2}F_{m1}e^{j\omega t}, \quad (4.24)$$

де поворотний множник $e^{j\omega t}$ визначає обертання постійного за модулем вектора

МРС $\frac{3}{2}F_{m1} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot \frac{I_1 w}{p} k_{cl}$.
МРС зашунтованих ємністю внутрішніх напівобмоток в окремих

фазах описуються залежностями

$$F'_{1A} = F'_{m1} \cos(\omega t - \alpha), \quad F'_{1B} = F'_{m1} \cos(\omega t - \alpha - \rho), \quad F'_{1C} = F'_{m1} \cos(\omega t - \alpha + \rho), \quad (4.25)$$

а їх сумарне значення F_{23} з урахуванням просторового зміщення на кут δ від іншої напівобмотки фази буде

$$F'_1 = F'_{1A}e^{j\delta} + F'_{1B}e^{j(\delta-\rho)} + F'_{1C}e^{j(\delta+\rho)} = \frac{3}{2}F'_{m1}e^{j(\omega t + \alpha + \delta)}, \quad (4.26)$$

де $F'_{m1} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot \frac{I_2 w}{p} k'_{ol}$ – амплітуда МРС фазної напівобмотки, що зашунтована ємністю.

При однакових напівобмотках $k_{ol} = k'_{ol}$, а струми I_1 та I'_1 в загальному випадку різні та зсунуті у напівфазах фази на кут α .

Дві обертові хвилі МРС F_1 та F'_1 трифазних напівобмоток просторово зсунуті між собою на кут $(\alpha + \delta)$ і складають загальну МРС всієї обмотки статора $\bar{F} = \bar{F}_1 + \bar{F}'_1$. Хвилі МРС напівобмоток просторово співпадають і

створюють загальну максимальну МРС $\bar{F} = \bar{F}_1 + \bar{F}'_1$ при $\alpha + \delta = 0$ [2], тобто, коли

струми їх у відповідних напівфазах зміщені просторово і в часі на однакові за величиною і протилежні за знаком кути $\alpha = -\delta$. Це зумовлює мінімальний струм намагнічування при створенні заданої МРС, магнітного потоку та є

необхідною умовою підвищення ефективності машини при використанні

внутрішньої ємнісної компенсації.

Так, при умові $\delta = -\alpha$, створюються дві трифазні системи МРС, які просторово співпадають, а при $I_1 = I'_1$ їх амплітуди однакові. Система МРС

перетворюється в симетричну 6 – фазу з відповідними перевагами над 3 – фазною системою [1].

Величину ємності, що необхідна для створення оптимального режиму компенсації при номінальному навантаженні двигуна, можна визначити скориставшись векторною діаграмою (рис. 4. 12, д). При побудові цієї діаграми за основу прийнято вектор напруги U_1 напівобмотки, яка зашунтована ємністю, а також враховано, що при однакових параметрах напівобмоток ($r_1=r_2$ та $X_1=X_2$) фазові кути зсуву векторів струму напівобмоток відносно векторів напруги на них однакові, тобто, $\varphi_1 = \varphi_2$.

З векторної діаграми (рис. 4. 12, д) слідує, що загальний струм I_1 та його активна I_{a1} і реактивна I_{p1} складові мають значення:

$$I_1 = U_1 \cdot y_1 = \frac{U_1}{Z_1} = oc; \quad I_{a1} = U_1 \cdot g_1 = oa; \quad I_{p1} = U_1 \cdot b_1 = ac,$$

де y_1 , g_1 та b_1 – провідності вітки напівобмотки статора відповідно повна, активна і реактивна складові, які визначаються із співвідношень:

$$y_1 = \frac{1}{Z_1}, \quad g_1 = \frac{r_1}{Z_1^2}, \quad b_1 = \frac{X_1}{Z_1^2}.$$

Струм ємності визначається співвідношенням:

$$I_c = U_1 \cdot b_c, \text{ де } b_c = \frac{1}{X_c} \text{ – провідність ємності.}$$

Враховуючи, що струм I_c не змінює активної складової струму напівобмотки I_{a1} та активної складової загального струму I_2 , отримаємо

кут $\varphi' = \varphi - \alpha$, між векторами напруги U_1 та струму I_2 , а

$$tg\varphi = \frac{ab}{oa} = \frac{b_1 - b_c}{g_1} = \frac{\frac{X_1}{Z_1^2} - \frac{1}{X_c}}{\frac{r_1}{Z_1^2}} = \frac{X_1 - \frac{Z_1^2}{X_c}}{r_1} \text{ або } \frac{Z_1}{X_c} = X_1 - r_1 \cdot tg\varphi'$$

$$\text{звідси } X_c = \frac{Z_1^2}{X_1 - r_1 \cdot tg\varphi'} = \frac{Z_1^2}{r_1 (tg\varphi_1 - tg\varphi')}, \text{ де } tg\varphi_1 = \frac{X_1}{r_1}.$$

З відомого співвідношення $X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$ визначають величину ємності конденсатора $C = \frac{1}{2\pi f X_c}$.

Ємність, розрахована за цією методикою для створення заданого зсуву по фазі струмів напівобмоток на кут α в номінальному режимі роботи двигуна, не забезпечує такий же зсув в інших режимах, наприклад, при пуску двигуна. Це пояснюється зміною еквівалентних параметрів двигуна в залежності від режиму його роботи. Так при пуску двигуна значно зменшується X_1 , а φ_1 зростає, це зумовлює збільшення ємності, що необхідна для створення такого ж кута α як і в номінальному режимі роботи.

Для двигунів щодо малої потужності (до 11 кВт) з номінальним коефіцієнтом потужності $\cos \varphi_n = 0,8-0,87$ ($\varphi_n = 29-35$, при повній компенсації $\varphi_n \approx \alpha \approx 30^\circ$) для забезпечення умови $\delta - \alpha = 0$ кут просторового зсуву напівобмоток одна відносно одній зручно прийняти $\delta = 30^\circ$, який досягається розподілом фазної зони 60° обмотки статора на дві рівні частини.

Звичайно трифазна ($m=3$) система струмів електричної машини своїми прямими і зворотними струмами котушок фази обмотки статора створює $2m=6$ фазних зон по 60° кожна [1]. При розділенні такої фазної зони на дві рівні частини по 30° кожна зі струмами, зміщеними у часі в напівобмотках на 30° , наприклад, за рахунок ємнісної компенсації струму в одній з напівобмоток, відбувається подвоєння кількості фазних зон обмотки статора до $2m'=12$, що еквівалентно подвоєнню кількості фаз обмотки статора до $m' = 2m$.

Подвоєння кількості фазних зон обмотки статора при розділенні її звичайної фазної зони на дві частини та компенсації реактивної потужності в одній з напівобмоток обумовлює наступні додаткові ефекти у асинхронному двигуні із внутрішньою ємнісною компенсацією реактивної потужності [21]:

— удвічі зменшується кількість пазів обмотки на полюс і фазу $q = \frac{Z}{2pm'}$, що веде до росту обмотувального коефіцієнта по першій гармоніці k_{d1} , зменшенню МРС і магнітного потоку, необхідних для створення заданої ЕРС. З урахуванням

зниження коефіцієнта насичення магнітного кола k_{μ} струм намагнічування $I_0 \equiv \frac{k_{\mu}}{k_{o1}^2}$ зменшується на 15-20% у порівнянні з базовою серійною машиною;

–3 гармонійного складу магнітного поля машини $\nu = 2m'k \pm 1$ при $2m' = 12$

виключаються найбільш небезпечні паразитні гармоніки зворотна $\nu_{zv} = 5$ і пряма

$\nu_{np} = 7$, просторове зміщення яких у напівхвилях МРС складає $\nu\delta - \alpha = \pm 180^\circ$,

тобто вони знаходяться у протифазі. При цьому відпадає необхідність боротьби

із п'ятою і сьомою просторовими гармоніками поля розподілом обмотки та

вкороченням її кроку. Обмотка може бути простою одношаровою.

Не дивлячись на деяке відхилення від умови $\delta - \alpha = 0$ та нерівність струмів у напівобмотках у цілому $\delta - \alpha \rightarrow 0$, позитивно впливаючи як на робочий, так і на пусковий режим компенсованого асинхронного двигуна. Зміна напрямку

обертання двигуна приводить до зміни знака кута δ і $\delta - \alpha \neq 0$, що знижує

ефективність асинхронного двигуна із внутрішньою ємнісною компенсацією

реактивної потужності.

Даний спосіб внутрішньої ємнісної компенсації реактивної потужності асинхронних двигунів є простим, дешевим і надійним, він дає можливість знизити

струм холостого ходу двигуна на 40-50%, робочий номінальний струм на 10-12%,

пусковий струм на 8-10% при деякому збільшенні пускового моменту. Такі

результати забезпечуються при використанні конденсаторів ємністю 8-12 мкФ на

фазу на 1 кВт номінальної потужності двигуна [21].

Матеріали проведених лабораторних досліджень дозволяють всебічно

оцінити ефективність двигуна з внутрішньою ємнісною компенсацією реактивної

потужності та дати порівняльну оцінку його з базовим двигуном.

Виміри для порівняльної оцінки двигунів виконувалися на одному й тому ж випробувальному стенді, при одному й тому ж характері навантажень, при

живленні від одного й того ж джерела живлення, що забезпечило співставність

отриманих результатів.

Для оцінки електромагнітних та енергетичних властивостей асинхронного електродвигуна з внутрішньою ємнісною компенсацією реактивної потужності

були отримані характеристики холостого ходу (рис. 4.13), короткого замикання (рис. 4.14) та робочі характеристики (рис. 4.15), що знімались за схеми з'єднання фазних обмоток та компенсуючих ємностей. Величина ємності становить 8 мкФ на фазу.

У досліді холостого ходу напруга живлення обмотки статора змінювалась в межах $(0,3...1,2)U_n$ за відсутності навантаження на валу (двигун від'єднаний від балансирної машини), а отримані характеристики представлені на (рис. 4.17). Експериментально встановлено, що за номінальної напруги живлення при включенні компенсуючих ємностей струм холостого ходу зменшується від 1,78 А до 1,2 А (на 32,6%) а коефіцієнт потужності зростає від 0,108 до 0,175 (на 62%).

При цьому споживана активна потужність зменшилась з 138 Вт до 126 Вт (на 8,7%).

У досліді короткого замикання за нерухомого ротора двигуна напруга живлення обмотки статора змінювалась в межах від 0 до 100 В. Було встановлено, що за напруги 100 В при використанні внутрішньої ємнісної компенсації реактивної потужності (ВСКРП) лінійний струм статора зменшується від 3,25 до 3,02 (на 7,5%). За номінальної напруги струм короткого замикання зменшився від 13,06 А до 12,13 А (на 7,1%), чим зумовлюється зменшення сил динамічної взаємодії у лобових частинах обмотки статора на 14%.

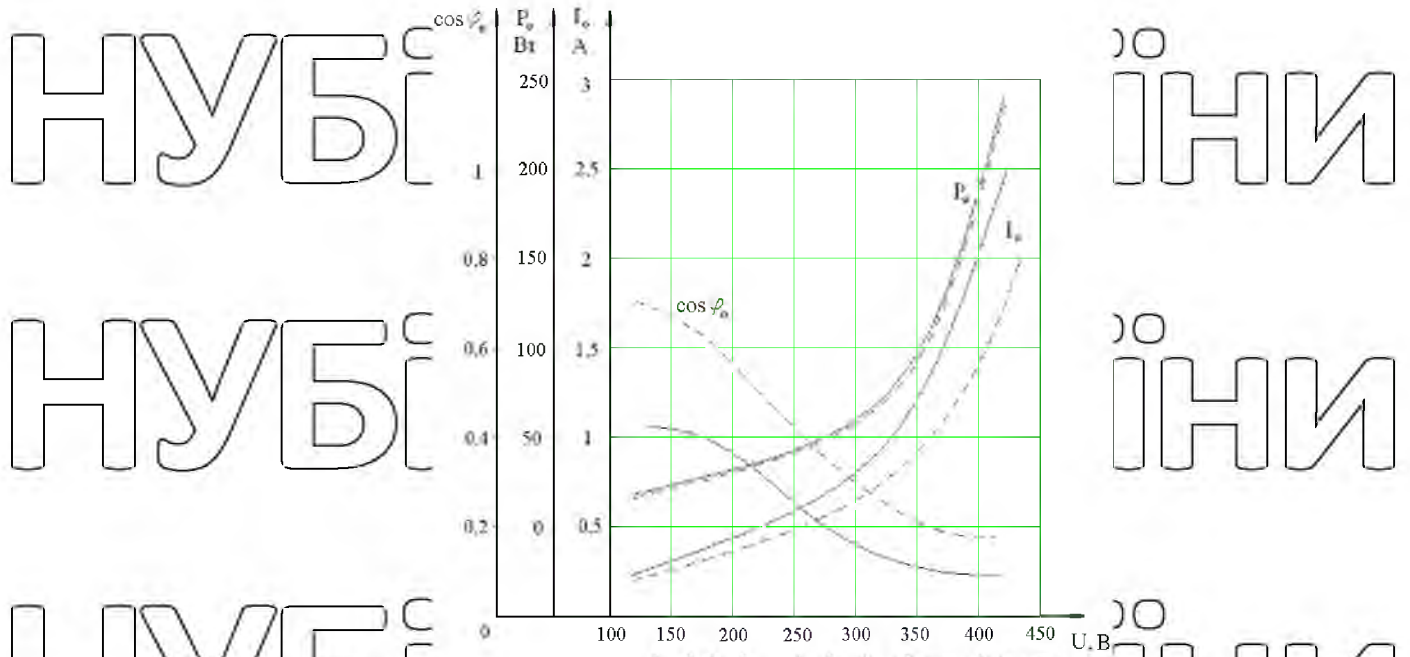


Рис. 4.13 – Характеристики холостого ходу асинхронного двигуна:

— – базового;

- - - з використанням внутрішньої ємнісної компенсації

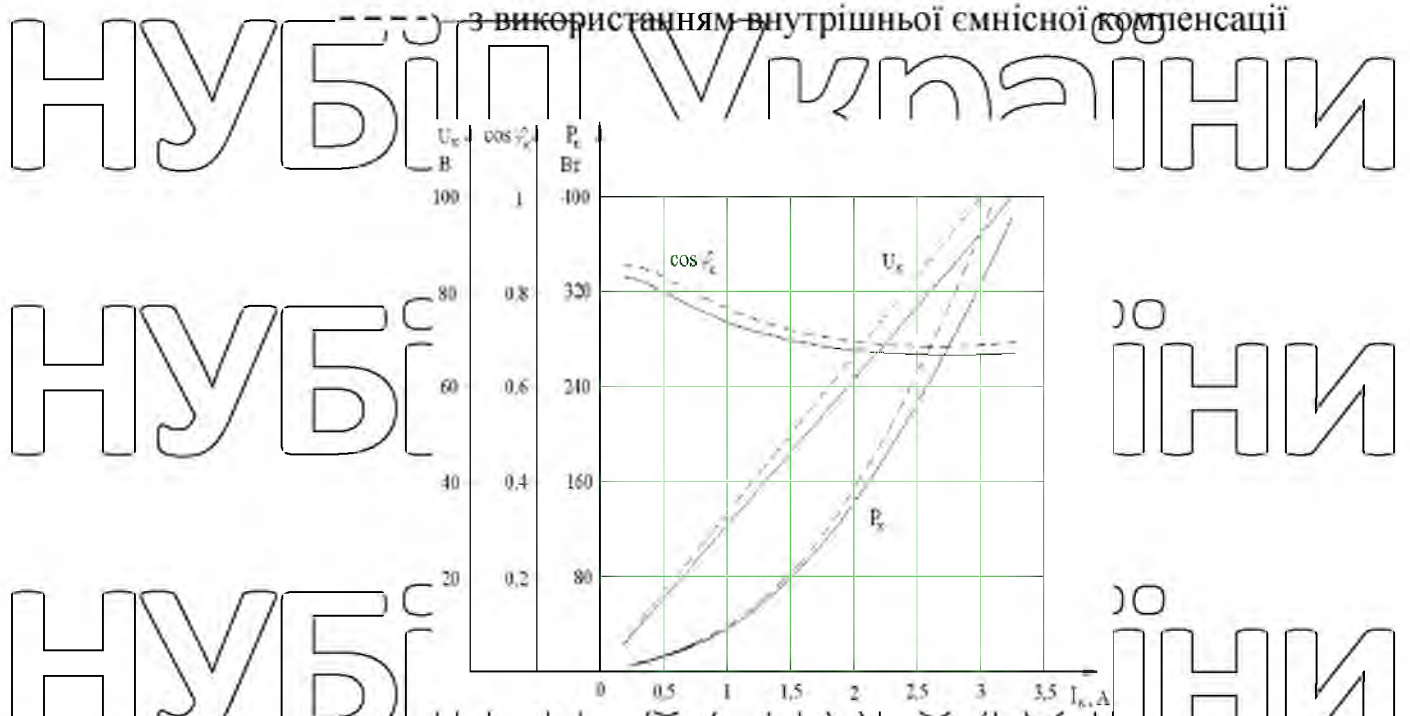


Рис. 4.14 – Характеристики короткого замикання асинхронного двигуна:

— – базового;

- - - з використанням внутрішньої ємнісної компенсації

НУБІП України

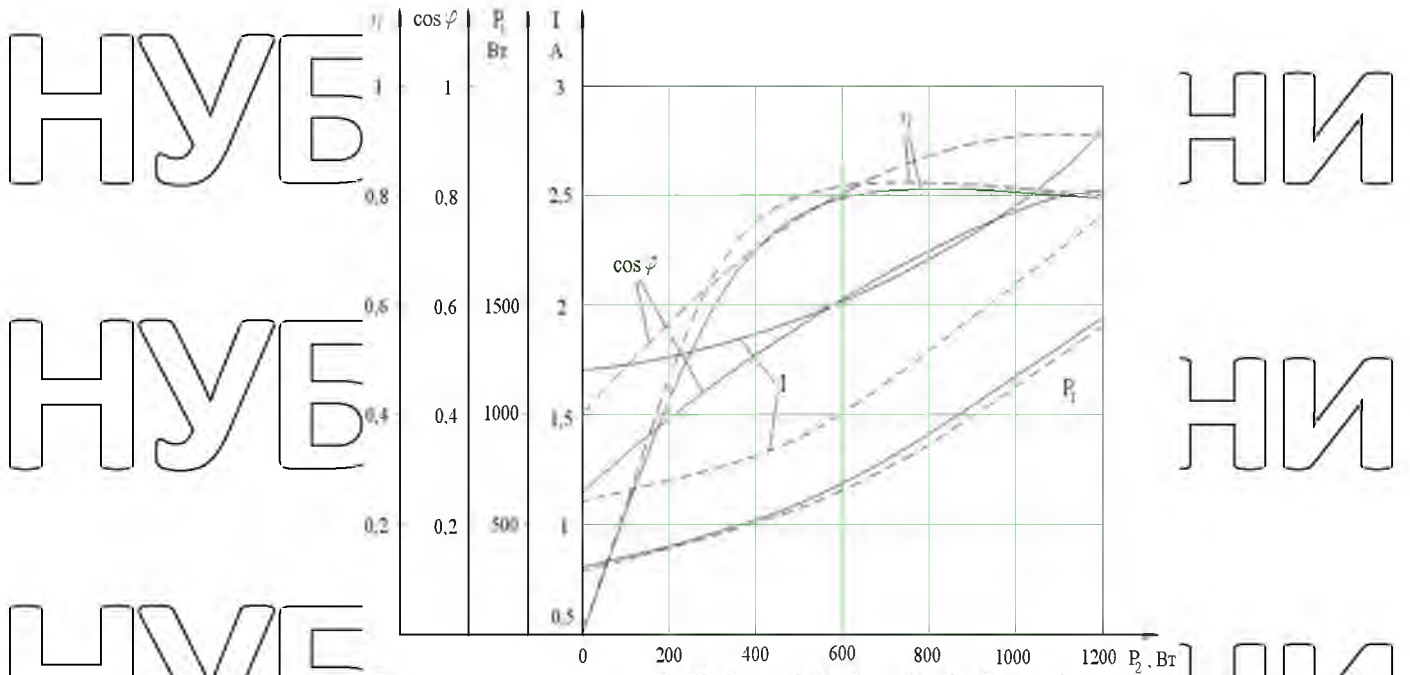


Рис. 4.15 – Робочі характеристики асинхронного двигуна:
 — базового;

----- з використанням внутрішньої ємнісної компенсації

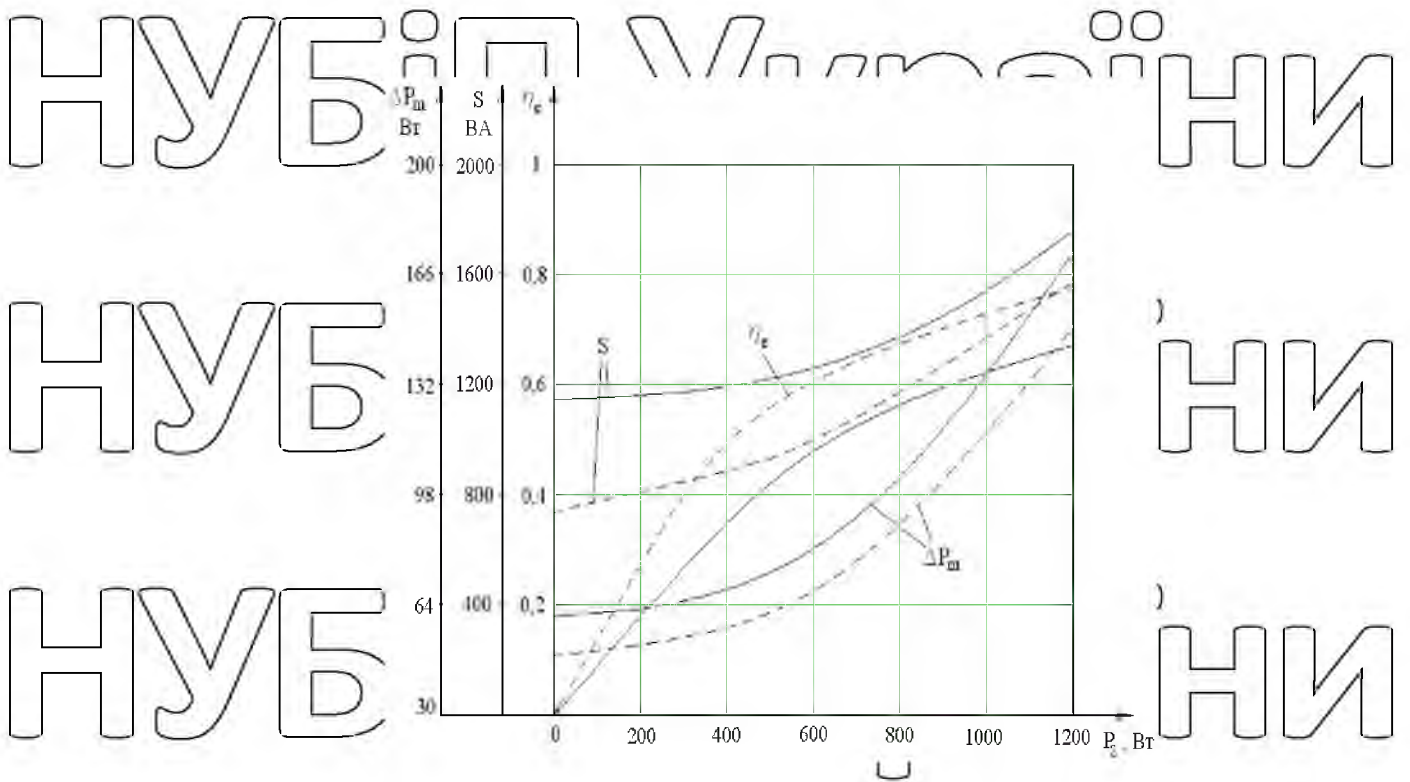


Рис. 4.16 – Робочі характеристики асинхронного двигуна:

— базового;

----- з використанням внутрішньої ємнісної компенсації.

У разі недовантаження асинхронного двигуна при використанні внутрішньої ємнісної компенсації ступінь зменшення лінійного струму статора і зростання

коефіцієнта потужності та коефіцієнта корисної дії буде більшою від зазначених даних для номінального режиму.

За рахунок використання внутрішньої ємнісної компенсації струм статора за номінального навантаження на валу зменшується від 2,6 А до 2,29 А (на 11,9%).

Загалом внаслідок зменшення струму намагнічування двигуна за рахунок подвоєння числа фазних зон та зменшення струму незашунтованих напівобмоток внаслідок впливу внутрішньої ємнісної компенсації, зменшуються втрати в міді обмотки статора чим зумовлюється деяке збільшення (на 2-3%) коефіцієнта корисної дії двигуна (рис. 4.16).

Як видно з рис. при використанні внутрішньої ємнісної компенсації суттєво зростає енергетичний коефіцієнт корисної дії двигуна η_c і значно зменшується споживана двигуном загальна потужність S . Так в режимі номінального навантаження двигуна його енергетичний коефіцієнт корисної дії зростає від 0,64 до 0,74 (на 16%), а загальна споживана з мережі потужність зменшується від 1711 ВА до 1507 ВА (на 12%).

Внаслідок зниження загальної споживаної потужності та струму асинхронного двигуна при застосуванні внутрішньої ємнісної компенсації на 25-40% зменшуються транспортні втрати активної електроенергії в усіх елементах електричної системи.

Для оцінки електромагнітної сумісності асинхронного двигуна з використанням внутрішньої ємнісної компенсації реактивної потужності із мережею живлення було використано цифровий осцилограф Metrix-3252 та модуль гальванічної розв'язки SDI-AIU-4U (рис. 4.17). При цьому були зняті осцилограми напруги та струму, що споживається двигуном з мережі живлення для двох випадків: на холостому ході (рис. 4.18 а) та за номінального навантаження (рис. 4.18 б).

З аналізу отриманих осцилограм можна зробити висновок про те, що використання внутрішньої ємнісної компенсації реактивної потужності асинхронного двигуна не погіршує його електромагнітну сумісність із мережею живлення.



Рис. 4.17 – Зовнішній вигляд цифрового осцилографа (а) та модуля гальванічної розв'язки (б)

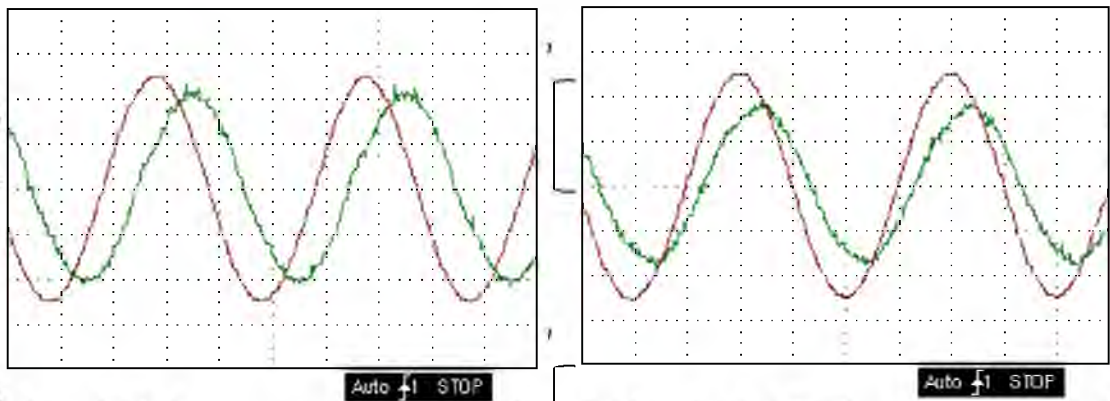


Рис. 4.18 – Осцилограми напруги та струму асинхронного двигуна з використанням ВСКРП на холостому ході (а) та за номінального навантаження на валу (б)

РОЗДІЛ 5. ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

5.1. Загальні положення по монтажу, налаштуванні і прийнятті в експлуатацію електрообладнання

Монтаж силового електрообладнання, освоєння вального обладнання, внутрішніх електричних систем і систем автоматики у виробничих приміщеннях виробляється в відповідальних з ПУЕ, СНПІКШ – 33-76 "Электрические устройства", СНПІП-А-10-66 "Приемка в эксплуатацию законченных строительством предприятий, зданий и сооружений. Основные положения", СНПІП-А-11-62 "Техника безопасности в строительстве", технічні вимоги до електричної частини проекту.

Електромонтажні роботи проводяться в дві стадії. На першій стадії виконують усі підготовчі операції, а на другій стадії виконують роботи по монтажу електрообладнання, скомплектованого у вигляді вузлів і блоків, прокладають силові і освітлюючі мережі на підготовку в першій стадії трасах.

Завершають монтаж пусканалагоджувальними роботами, які проводять чотири етапу. Перший етап - роботи без подачі напруги в оперативній системі управління. Другий етап – роботи з подачею напруги в систему управління.

Третій етап – перевірка силових систем. Четвертий – комплексне випробування і ретельне налаштування.

При комплексному випробуванні, технічною метою на початку випробують в холосту, а затим під напругою в робочому режимі.

Пусканалагоджувальні роботи випробування закінченням, якщо обладнання протягом 52 годин працює під навантаженням без збоїв у відповідності з проектними параметрами.

При здачі об'єкта експлуатацію монтажна організація представляє наступну документацію: 1) перелік відключень від проекту; 2) направлені креслення; 3) акти на скриті роботи; 4) протоколи огляду, формуляри машин.

Пусконаладжувальна організація представлений такими документами: 1) протокол виробування налаштувань, 2) виправленні креслення-схем; 3) свідчення про заміну апаратури.

Підприємство замовник презентую технічні документацію заводів-виробників, постачальників обладнання.

5.2. Підрахунок об'єму роботи по експлуатації електрообладнання

Об'єм роботи по експлуатації електрообладнання кормоцеху в умовних одиницях згідно єдиним нормативам по основній номенклатурі електрообладнання і електроустановках.

Розрахунок об'єму роботи по експлуатації електрообладнання кормоцеху проведений в табличній формі (табл. 5.1)

Таблиця 5.1 – Об'єм роботи по експлуатації електрообладнання.

Назва	Одиниці вимір	К-сть устан.	К-сть у.о.	
			На 1 уст.	Всього
Електроприводи з $P \leq 10$ кВт	один.	23	0,5	11,5
$P > 10$ кВт	один.	2	0,6	1,20
Внутрішня силова і освітлювальна проводка	1000м ²	3,78	0,5	1,89
Розподільники і щитки управління		48	0,5	24,0
Дизельна електростанція	один.	1	10,0	10,0
Конденсаторна батарея	один.	1	16,0	16,0
Всього по кормоцеху				64,6

Кількість електромонтерів, необхідних для обслуговування кормоцеху:

$$N_{em} = A/70 \quad (5.1)$$

де: A – об'єм робіт по експлуатації електрообладнання, у.о.;

70 – середнє навантаження на одного електромонтера, у.о.

$$N_{em} = A/70 = 64.6/70 = 0.92$$

Приймаємо $N_{em} = 1$.

Виходячи із вимог ПТБ при експлуатації електроустановок, за даними дільницями повинно бути закріплено два електромонтери. Вони будуть обслуговувати електрообладнання молочного блоку, щоб мати повне навантаження.

Затрати праці на поточний ремонт визначають за формулою:

$$Q_{\text{тр}} = n_1 q_1 m_1 + n_2 q_2 m_2 + \dots + n_m q_m m_m \quad (5.2)$$

де: n – кількість електрообладнання, за типами і технічними характеристиками; q – нормативи затрат на поточний ремонт, люд. год.; m – кількість поточних ремонтів, шт.

Результати розрахунку зводимо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Затрати праці на поточний ремонт

Найменування електрообладнання	Кількість, шт.	Кількість, ТР	Норма, люд. год.	
			на 1 од.	всього
Ел. двигун з асинхр. ротором 1500 об/хв. потужністю: до 1кВт	1	2	3,9	7,8
	до 3 кВт	3	4,33	25,98
	до 5 кВт	1	1,8	9,6
	до 10 кВт	2	5,46	21,84
	до 40 кВт	1	2	7,04
Ел. двигун з асинхр. ротором 1500 об/хв. потужністю: до 1кВт	2	2	4,29	17,16
	до 3 кВт	11	4,76	104,79
	до 5 кВт	2	5,28	21,12
	до 10 кВт	4	6,0	12,04
	до 40 кВт	1	2	6,0

Розподільчі щитки з автоматами до 200А				
Розподільчі щитки освітлення	2		14.0	56.0
Вимикач трифазний (до 400А)	1	2	8.0	16.0
Ел. маг. пускач для ел.дв. 15кВт	2	2	0.8	3.2
Автоматичний вимикач до 50А	26	2	1.2	62.4
Трансформатор до 250 Вт	25	2	2	100
Конденсаторна установка 80кВА	2	2	1.5	6.0
Пакетний перемикач до 63А	1	2	10	20
Електромагніт	5	2	1.5	45.0
Кнопки управління (на 10шт)	1	2	3	6
Реле часу	8	2	2	23.2
Реле проміжне	5	2	10	100
Електроосвітлювача арматура (10світ.)	19	2	1.5	57
Розподільчі мережі в трубі (4x(1.5...6)м ²)	35	2	2.5	17.5
Освітлюванні мережі прокладання кабелю на 100м	4.2	2	5	42.0
Висновок по кормоцеху	2.5	2	6	30
				831.91

Всього на поточний ремонт необхідно затратити 832 люд.год. Затрати праці на технічне обслуговування прийняте в загальному 10% від затрат на поточний ремонт.

$$Q_{m.y.} = 0,1 \cdot 832 = 83,2 \text{ люд.год.}$$

5.3. Планування експлуатаційних робіт, графік технічного обслуговування і поточного ремонту для електрообладнання

Надійна і безперебійна робота електроустановок забезпечується високоякісним проведенням ТО і ТР. Формою організації ТО і ТР електроустановок в господарстві являється система планово-попереджувальних ремонтів (ППР), яка представляє собою сукупність організаційних і технічних заходів по обслуговуванню і ремонту електрообладнання.

В відповідності с ПТЄ не рідше одного разу в місяць проводиться зовнішній ремонт електродвигунів з ліквідації дрібних неполадок. Не рідше двох разів в рік проводиться поточний ремонт і ревізія електродвигунів. Під час огляду

За надійністю електропостачання кормоцех відноситься до II категорії.

Перерва в електропостачанні не повинна перевищувати 3 годин. Збиток від цього визначається:

$$Y = y \cdot n \cdot t; \quad (5.7)$$

де: y – удільний збиток, кун;

n – кількість тварин, шт.;

t – час перерви в електропостачанні, год.

Для кормоцеху: $y=0,06$ кун, $n=1200$ голів.

$$Y = 0,06 \cdot 1200 \cdot 3 = 216 \text{ кун.}$$

Кількість електроенергії, яка використовується комплексом за годину:

$$W = S_n \cdot T_m; \quad (5.8)$$

де: S_n – максимальна потужність на щитах 0,38 кВ;

T_m – число годин використання максимального навантаження.

$$T_m = 2800 \text{ год, } S_n = 279 \text{ кВА}$$

$$W = 279 \cdot 2800 = 781200 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Втрати електроенергії в мережах 0,38 кВ:

$$\Delta W_i = S_m^2 / U_n^2 \cdot r_{0i} \cdot l_i \cdot \tau \cdot 10^{-3}; \quad (5.9)$$

де: S_{m_i} – максимальна потужність навантаження i -тої ділянки лінії, кВ·А;

U_n – номінальна лінійна напруга мережі, кВ;

r_{0i} – удільний активний опір i -тої ділянки лінії, Ом/км;

l_i – довжина ділянки, км;

τ – річне число годин втрат, год;

$$\tau = 1000 \text{ год, } U_n = 380 \text{ В.}$$

Результати розрахунку зводимо в таблицю 5.5

Річні втрати електроенергії в трансформаторі 10/0,4 кВ.

$$\Delta W = \Delta P_{K3} \cdot S_m^2 / S_n^2 \cdot \tau + \Delta P_{xx} \cdot t; \quad (5.10)$$

де: S_n – номінальна потужність трансформатора, кВА;

S_m – максимальна потужність навантаження трьохфазна, кВ·А;

ΔP_{K3} – втрати короткого замикання в трансформаторі, кВт;

ΔP_{xx} – втрати холостого ходу трансформатора, кВт;

τ – річна кількість втрат, год;

t – час роботи трансформатора, год.

$$\Delta P_{\text{кз}} = 4,2 \text{ кВт}; \Delta P_{\text{хх}} = 0,78 \text{ кВт}; \tau = 3500 \text{ год}; t = 8760 \text{ год}.$$

$$\Delta W_{\text{тр}} = 4,2 \cdot 297^2 / 250^2 \cdot 3500 + 0,78 \cdot 8760 = 27579,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Загальні втрати в мережах 0,38 кВ складають 3297,5 кВт·год.

Сумарні втрати електроенергії в мережах 0,38 кВ і в трансформаторі:

$$\Delta W_{\text{п}} = \Delta W_{\text{л}} + \Delta W_{\text{тр}} = 3297,5 + 27579,6 = 30877,1 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (5.11)$$

Від всієї електроенергії, яку споживає комплекс, це складає:

$$\Delta W\% = \Delta W_{\text{п}} / W \cdot 100 = 30877,1 / 781200 \cdot 100 = 3,95 \% \quad (5.12)$$

Таблиця 5.5 – Втрати електроенергії в мережі 0,38 кВ

Лінія	Ділянка	Довжина, км	Потужність, кВА	Провід, марка	Удельн. акт. опору Ом/км	Втрати, кВт·год.
1	2	3	4	5	6	7
1	1-0	0.01	92.8	A50	0.588	380.7
	2-1	0.0655	84.04	A50	0.588	288.4
	3-1	0.045	14.0	A25	1.165	71.2
2	1-2	3	4	5	6	7
	1-0	0.079	90.8	A50	0.588	265.2
	3-1	0.033	49.7	A50	0.588	231.9
	2-1	0.036	57.12	A50	0.588	47.8
	4-3	0.152	14.0	A25	1.165	240.4
	5-3	0.02	41.2	A50	0.588	138.0
	2-5	0.019	40.04	A50	0.588	124.0
	6-5	0.025	1.87	A16	1.838	1.1
	9-7	0.02	38.92	A50	0.588	123.4
	8-7	0.025	2.87	A16	1.838	1.1
	11-9	0.02	27.25	A50	0.588	60.5
3	10-9	0.064	18.7	A25	1.165	180.6
	13-11	0.028	18.7	A25	1.165	79.0
	12-11	0.008	14.0	A25	1.165	11.1
3	1-0	0.067	111.1	A50	0.588	311.6
	4-1	0.107	60.48	A50	0.588	159.3
	2-1	0.036	57.12	A50	0.588	278.3
	3-1	0.016	18.7	A25	1.165	45.2
	5-4	0.036	57.12	A50	0.588	278.3
6-4	0.026	5.6	A16	1.838	10.7	

Кількість електроенергії, яку використовує кормоцех:

$$W_k = S_m \cdot T_m = 90,04 \cdot 2800 = 252112 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Удільні витрати електроенергії в кормоцеху:

$$q = W_k / Q; \quad (5.13)$$

де: q – удільні витрати електроенергії, кВт·год/т.

Q – кількість переробленої продукції, кг;

W_k – кількість електроенергії, що використовується кормоцехом, кВт·год.

$$Q = 252112 / 39032000 = 0,00645 \text{ кВт}\cdot\text{год/т.}$$

5.5 Організація обліку електроенергії і заходи по її раціональному використанню

Облік електроенергії, отримуваної від енергопостачальної організації, необхідний для фінансового розрахунку за використану електроенергію, а також для визначення кількості електроенергії, використаної окремими галузями господарства.

Згідно ПУЕ облік електроенергії передбачений на стороні 0,38 кВ користувачької підстанції лічильником СА4У-И672М, ввімкненим через вимірювальний трансформатор струму ТК-20 з коефіцієнтом трансформації $K_T = 50$.

Важливе місце в раціональному використанні електроенергії відводиться компенсації реактивної потужності. Для сільськогосподарських користувачів найбільш ефективним компенсувальним пристроєм являється конденсаторна батарея з автоматичним регулюванням потужності.

Реактивна потужність конденсаторної установки:

$$Q_p = (0.2 + 0.5 d) S; \quad [л.11] \quad (5.14)$$

де: d – відношення встановленої потужності електродвигунів і зварювальних трансформаторів до загальної встановленої потужності навантаження;

S – приєднана потужність користувачів, кВ·А.

$$d = P_{\text{вст.дв.}} / P_{\text{заг.уст.}} = 106,9 / 111,5 = 0,96 \text{ (5.15)}$$

$$Q_p = (0,2 + 0,5 \cdot 0,96) \cdot 297 = 201,9 \text{ кВ}\cdot\text{Ар}$$

Для компенсації реактивної потужності прийнята конденсаторна установка КТУ-0,38 –V потужністю 280 кВ•Ар [Л.11]. Конденсаторна установка встановлюється на вводі в кормоцех.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Перелік основних нормативних документів.

1. Закон України “Про охорону праці”. Постанова Верховної Ради України від 14.11.92 № 2695-XII.
2. Закон України “Про пожежну безпеку”. Постанова Верховної Ради України від 17.12.93 № 3747-XII.
3. Закон України “Про дорожній рух”. Постанова Верховної Ради України від 28.01.93.
4. Закон України “Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення”. Постанова Верховної Ради України.
5. ГОСТ 12.1.009-76 “Електробезопасность. Термины и определения».
6. ССБП ДСТУ 2293-93. “Система стандартів безпеки праці”
7. ДСТУ 2272-93 Пожежна безпека. Терміни та визначення.
8. ДБН А 3.1-3-94. Прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об’єктів.
9. НАПБ А 01.001.-95. Правила пожежної безпеки України, затверджені наказом МВС України від 22.06.95 № 400, зареєстровані Мінюстом України 14.07.95 за № 219\95.
10. Типове положення про службу охорони праці: затверджене. Наказом Держнаглядохоронпраці України від 03.08.93 № 73, зареєстроване в Мінюсті України 30.09.93 за № 140.
11. ДНАОП 0.00-4.12-94. Типове положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці, затверджене наказом Держнаглядохоронпраці України від 04.04.94 № 60, зареєстровано в Мінюсті України 12.05.94 за № 95\309.
12. Положення про медичний огляд працівників певних категорій: затверджене наказом Міністерства охорони здоров’я України від 31.03.94 № 45, зареєстроване в Мінюсті України 21.06.94 за № 136\345.

13. Положення про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємствах, установах і організаціях затверджено постановою КМУ України від 10.08.93 №625.

14. ДНАОП 0.00-4.26-96. Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту. Зареєстровано в Мінюсті України 18.11.96 № 667/1692.

15. ДНАОП 0.03-3.30-96. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань. Зареєстровано в Мінюсті України 29.08.96 № 488/1513.

16. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 288с.

17. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (Держенергонагляд України. – К.: Дисконт, 1995. – 260с.

18. Правила технічної експлуатації тепловикористовуючих установок і теплових мереж (Держенергонагляд України. – К.: Дисконт, 1995. – 81с.

19. Правила безпечної експлуатації електроустановок ДНАОП 1.1.10-1.01-97. – К.: 1997. – 265 с.

20. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів ДНАОП 0.00.1.21 - 98 (Держнаглядохоронпраці України. – К.: Основа, 1998. – 380 с.

21. ГКД 34.12.102-915. Навчання, інструктаж та перевірка знань працівників підприємств, установ і організацій Міненерго України з питань охорони праці та експлуатації обладнання. Положення.

22. Правила применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках (ПО Союзсоюзтехэнерго – 7-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983 – 64 с.

23. Правила пожежної безпеки у кампаніях, на підприємствах і в організаціях енергетичної галузі України.

6.1 Заходи з охорони праці

Для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу в кормоцеху передбачено занулення всіх металічних частин електроустановок, які нормально не знаходяться під напругою, але можуть опинитись під напругою під час аварії відносно заземлюючої шини, що прокладається по стінах приміщення. З'єднання передбачено зварюванням чи болтовим з'єднанням.

Силові мережі необхідно виконувати в трубах. Робоче і чергове освітлення передбачено виконати на напругу 380/220 В. Ремонтне освітлення - від трансформатора ОСМ - 0,25 - 220/12 В.

Розробка заходів щодо усунення небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Розробку технічних та організаційних заходів основані на результатах аналізу умов праці та класифікації приміщень, приділяючи особливу увагу заходам захисту людей та птиці від дії електричного струму.

Перелік технічних та організаційних заходів для усунення небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

- 1) забезпечення достатньої вентиляції виробничих приміщень;
- 2) раціональне розміщення виробничого устаткування, всі рухомі частини обладнання захищаються огорожами;
- 3) в усіх приміщеннях потрібно забезпечити достатню освітленість;
- 4) використання ізолюючих вставок у водопровідній мережі для попередження винесення електричного потенціалу на водонапувалки;
- 5) занулення корпусів всіх електроприймачів;
- 6) передбачення повторного заземлення нульового проводу на кінцях магістралей та відгалуженнях, а також на вводах в будівлі;
- 7) обмеження шумів і вібрацій;
- 8) дотримання при проектуванні, спорудженні та експлуатації електроустановок правил і норм, вказаних в ПУЕ, ПТЕ, ПТБ;

9) використання плакатів по ТБ та пожежній безпеці, по гігієні праці., по методам надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

Розрахунок індивідуальних засобів захисту.

Для безпечної роботи при обслуговуванні електроустановок передбачено забезпечення обслуговуючого персоналу основними та додатковими засобами захисту, розрахунок яких виконано відповідно до "Норм комплектування засобами захисту", які викладено в ПТЕ і ПТБ

6.2 Заходи щодо забезпечення належних умов праці

На фермі передбачається кабінет з охорони праці. Для обслуговуючого персоналу передбачені побутові приміщення. Весь персонал ферми оснащений спецодягом. Для безпечної роботи обслуговуючого персоналу передбачено приєднувати до заземленого нульового проводу металеві частини корпусів, які знаходяться під напругою.

При пошкодженні ізоляції передбачено відключення пошкоджених ділянок автоматичними вимикачами. Для запобігання травми і нещасних випадків всі обертаючі деталі і вузли механізмів передбачено огородити захисними кожухами і сітчастими огороженнями.

В кімнатах для відпочинку і на робочих місцях передбачаються аптечки для надання першої допомоги.

Серед заходів виробничої санітарії є:

- забезпечення нормативних значень освітленості приміщень;
- влаштування системи опалення;
- обладнання виробничих приміщень вентиляцією.

6.3. Розрахунок потреби та вибір захисних засобів

Для захисту від ураження електричним струмом персоналу обслуговуючого електроустановки передбачається забезпечення їх необхідними засобами захисту в відповідності з ПТЕ і ПТБ.

Відомості про засоби індивідуального захисту персоналу наведено в таблиці 5.1. Визначення потреби у спеціальному одязі, спеціальному взутті та інших засобах індивідуального захисту виконується за чином "Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту."

Таблиця 5.1. Перелік засобів індивідуального захисту персоналу ферми ВРХ

Найменування	Марка, тип	Од. виміру	Кількість
Вказівник напруги	ВНН - 1	шт	2
Діелектричні рукавички		пар	2
Комплект інструментів	МН - 64	комплект	2
Заземлення переносні для ВА - 10 кВ	ШЗП - 1	комплект	1
Плакат і знаки безпеки		комплект	8
Діелектричні боти		пар	2
Діелектричний коврик		шт	4
Респіратор	У - 2К	шт.	2
Закисні окуляри	033 - 9	шт.	2
Пояс захисний	ПО - 1	шт.	2
Універсальні кігті лази		пар	2

ВИСНОВОК

НУБІП України

В даному дипломному проєкті бакалавра розглянуто питання електрифікації технологічних процесів в кормоцеху.

НУБІП України

Для зростання продуктивності праці, збільшенні кількості і підвищенні якості сільськогосподарської продукції, в сучасних умовах необхідно ефективно і в повному обсязі використовувати комплексну механізацію та автоматизацію. Головною умовою для підвищення продуктивності праці є всебічне використання електроенергії. З цією метою був проведений вибір технологічного обладнання для приготування корму ВРХ. Проведено вибір двигунів, пуско-захисної апаратури, силових проводок. Зроблені розрахунки вентиляції, освітлення, силових проводок. Розроблені заходи з безпеки праці.

НУБІП України

Ефективність використання засобів КРП у споживчих електричних мережах зростає при наближенні точки приєднання компенсувальних пристроїв до споживача, оскільки це супроводжується зменшенням транспортних втрат електроенергії в мережі.

НУБІП України

При використанні внутрішньої ємнісної компенсації реактивної потужності покращуються енергетичні характеристики асинхронних двигунів і такий однаковий для усіх проаналізованих варіантів режим компенсації досягається за найменшої потужності компенсувальних пристроїв та найменшої їх вартості. Зокрема, коефіцієнт потужності кормоцеху збільшився від 0,774 до 0,925, загальна плата за спожиту електроенергію зменшилась на 35%.

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Баев В.И. Практикум по электрическому освещению и облучению. – М.: Агропромиздат, 1991. – 175 с.

2. Герасимович Л.С., Калинин Л.А., Корсаков А.В., Сериков В.К. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок. – М.: Колос, 1980. – 391 с.

3. Гончар В.Ф., Тищенко Л.П. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок. – К.: Вища школа, 1984. – 342 с.

4. Довідник з експлуатації електрообладнання / За ред. Корчемного М.О. – К.: Урожай, 1986. – 239 с.

5. Драганов Б.Х., Пчюлкін Ю.М. Економія енергоресурсів в сільському господарстві. – К.: Урожай, 1983. – 80 с.

6. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній / Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, Д.Г. Войтюк / За ред. Є.Л. Жулая. – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.

7. Єрмолаєв С.О., Яковлев В.Ф. Експлуатація і ремонт електрообладнання та засобів автоматизації / За ред. С.О. Єрмолаєва. – К.: Урожай, 1996. – 336с.

8. Ковалко М.П., Денисюк С.П. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України. – Київ: УЕЗ, 1998. – 506 с.

9. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.

10. Кравчик А.Э. и др. Выбор и применение асинхронных двигателей. – М.: Энергоиздат, 1987. – 96 с.

11. Мартыненко И.И., Тищенко Л.И. Курсовое и дипломное проектирование по комплексной электрификации и автоматизации. – М.: Колос, 1987. – 219 с.

12. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві / За ред. О.С. Марченка. – Урожай, 1995. – 416 с.

13. Олійник В.С. Довідник сільського електрика. К.: Урожай, 1989. – 264 с.

14. Поярков К.М. Практикум по проектированию комплексной электрификации. - М.: Агропромиздат, 1987. - 192 с.

15. Правила користування електричною енергією. - Миколаїв.: Крус.-1996, 48с.

16. Правила устройства электроустановок. 6-е изд. - М.: Энергоиздат, 1986. - 645с.

17. Пястолов А.А., Ерошенко Г.П. Курсовое и дипломное проектирование по эксплуатации электрооборудования. - М.: Агропромиздат, 1988. - 160 с.

18. Пястолов А.А., Ерошенко Г.П. Эксплуатация электрооборудования. - М.: Агропромиздат, 1991. - 288 с.

19. Фоменков А.П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и потоковых линий. - М.: Колос, 1984. - 340 с.

20. Чміль А.І., Лут М.Т. Безпека праці в сільських електроустановках. - К.: Урожай, 1996. - 144 с.

21. W. T. Thomson : "A Review of On-Line Condition Monitoring Techniques for Three-Phase Squirrel-Cage Induction Motors, Past Present and Future" Keynote address at IEEE Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics and Drives, Gijon, Spain, Sept. 1999 pp 3-18.

22. EPRI: "Improved Motors for Utility Applications and Improved Motors for Utility Applications, Industry Assessment Study", Vol 1, EPRI EL-2678, Vol 1 1763-1, final report and EPRI EL-2678, Vol 2, 1763-1 final report October 1982

23. V Thorsen and M Dalva: "Condition Monitoring Methods, Failure Identification and Analysis for High Voltage Motors in Petrochemical Industry", Proc 8a IEE Int Conf, EMD'97, University of Cambridge, No 444, pp 109-113

24. W T Thomson and D Rankin; "Case Histories of Rotor Winding Fault Diagnosis in Induction Motors", 21'1 Int Conf Proc on Condition Monitoring, University College Swansea, March 1987

25. G B Kliman and J Stein: "Induction Motor Fault Detection Via Passive Current Monitoring", Proc Int Conf (ICEM'90), MIT, Boston, USA, 1990, pp 13-17

26. W T Thomson, S J Chalmers and D Rankin: "On-line Current Monitoring and Fault Diagnosis in High Voltage Induction Motors - Case Histories and Cost Savings in

Offshore Installations", Offshore Europe '87, Conf Proc SPE September 1987, Aberdeen, SPE 16577/1 - SPE 16577/10

27. Randy R. Schoen, Thomas G. Habetler, Farrukh Kamran, Robert G. Barthel "Motor Bearing Damage Detection Using Stator Current Monitoring" IEEE

TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL.31, NO. 6, November/December 1995

28. William T. Thomson, Mark Fenger "Current Signature Analysis to Detect Induction Motor Faults" IEEE Industry Application Magazine July/August 2001.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України