

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва
та інженерної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

КАМІНСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР ВІКТОРОВИЧ

УДК 621.331:631.363.2

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування модернізації електроприводу ковшового транспортера лінії
приготування концентрованих кормів

141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр.

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають
посилання на відповідне джерело

_____ О.В. Камінський

Керівник роботи

Коновалов Олександр Васильович
старший викладач

Консультант

Соколовський Олег Феліксович
к.т.н., доцент

Житомир 2021

АНОТАЦІЯ

Камінський О.В. «Обґрунтування модернізації електроприводу ковшового транспортера лінії приготування концентрованих кормів». - Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" Поліський національний університет, Житомир, 2021.

Ковшовий транспортер доцільно обладнувати електроприводами змінного струму з трифазними асинхронними двигунами.

Практична цінність: обґрунтована та розроблена електрична схема електроприводу ковшового транспортеру.

Обґрунтована методика та приведений приклад розрахунку електрообладнання електроприводу ковшового транспортеру.

Ключові слова: електропривід, електродвигун, електропостачання, енергозбереження, потужність.

ANNOTATION

Kaminskyi O. "Substantiation of modernization of the electric drive of the bucket conveyor of the line of preparation of concentrated forages". - Qualifying work for a bachelor's degree.

Qualifying work for a master's degree in specialty 141 "Electric power, electrical engineering and electromechanics" Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

It is expedient to equip the bucket conveyor with alternating current electric drives with three-phase asynchronous motors.

The practical value is substantiated and the electric scheme of the electric drive of the bucket conveyor is proved.

The method is substantiated and the example of calculation of the electric equipment of the electric drive of the bucket conveyor is resulted.

Key words: electric drive, electric motor, power supply, energy saving, power.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. РОЗДІЛ 1	
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОВШОВОГО ТРАНСПОРТЕРА	
ЛІНІЇ ПРИГОТУВАННЯ КОНЦЕНТРОВАНИХ	
КОРМІВ.....	6
1.1 Опис роботи технологічної схеми потокової лінії приготування	
концентрованих кормів.....	6
2. РОЗДІЛ 2	
РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНА	
КОВШОВОГО ТРАНСПОРТЕРА ЛІНІЇ ПРИГОТУВАННЯ	
КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ.....	8
2.1 Визначення режиму роботи електродвигуна ковшового транспортера	
лінії приготування концентрованих кормів.....	8
2.2 Розрахунок потужності і вибір електродвигуна ковшового	
транспортера приготування концентрованих кормів.....	10
2.3 Визначення повної, активної і реактивної потужності споживаної	
електродвигуном ковшового транспортера лінії приготування	
концентрованих кормів з електричної мережі.....	11
3. РОЗДІЛ 3	
СХЕМА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ТА РОЗРАХУНОК ЇЇ	
ЕЛЕМЕНТІВ	14
3.1 Розробка принципової електричної схеми, опис її роботи.....	14
3.2 Вибір апаратів керування і захисту.....	16
3.3 Вибір провідників і кабелів силової проводки	20
Висновки.....	23
Список використаних джерел	24

ВСТУП

У зв'язку з тим що, змінюються вимоги до електричних машин, з'являються поліпшені електротехнічні матеріали, удосконалюються конструкції і технологічні процеси виробництва – все це призводить до того, що серії машин швидко застарівають і тому через 10 – 15 років вони замінюються новими.

Слід відзначити такі основні характеристики в розвитку електромашинобудування в даний час: використання більш тонкої корпусної ізоляції і обмотувальних дротів з малою товщиною ізоляції; використання покращених марок електротехнічної сталі; використання більш нагрівостійкої ізоляції; вдосконалення систем охолодження машин; вдосконалення методів розрахунку машин.

Для приводу машин агрегатів та потокових технологічних ліній промислового та сільськогосподарського призначення застосовуються електроприводи змінного та постійного струму. Вибір типу електропривода обумовлений особливостями технологічних операцій та іншими умовами. В роботі виконано обґрунтування та розрахунок електроприводу ковшового транспортера лінії приготування концентрованих кормів.

Актуальність теми: Впровадження електроприводів змінного струму на базі асинхронних двигунів дозволить підвищити надійність ковшового транспортера та зменшити його електроспоживання.

Об'єкт дослідження: Електроприводи змінного струму.

Предмет дослідження: Електропривід змінного струму з трифазним асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором.

Мета: Зменшення електроенергії що споживається електроприводом, підвищення його надійності та зменшення витрат на експлуатацію.

Завдання дослідження: Обґрунтувати модернізацію електроприводу ковшового транспортера, виконати розрахунок основних параметрів електрообладнання.

Методи дослідження: При розв'язанні поставленої задачі використовувалися методи математичного моделювання.

Впровадженні інженерні рішення: Розроблена принципова електрична схема електроприводу для ковшового транспортеру.

Практичне значення: Підвищення надійності електроприводу, зменшення споживання електроенергії.

Наукові публікації автора за темою дослідження:

1. Тези доповіді на тему «Дослідження можливостей використання транспортерів при створенні потокових ліній в сільськогосподарському виробництві» Гончар О.В., Камінський О.В., Онищук В.В. Збірник тез доповідей науково-практичної конференції I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. Житомир 2021 (18 січня)

2. Тези доповіді на тему «Розрахунок потужності і вибір електродвигуна ковшового транспортера лінії приготування концентрованих кормів». Камінський О.В. Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 20 травня 2021 р. Житомир: Поліський національний університет, 2021.

Структура та обсяг роботи: Робота містить анотацію, вступ, три розділи, висновки, література. Обсяг 24 сторінок А4 друкованого тексту.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОВШОВОГО ТРАНСПОРТЕРА ЛІНІЇ ПРИГОТУВАННЯ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ

1.1 Опис роботи технологічної схеми потокової лінії приготування концентрованих кормів

Потокова лінія приготування концентрованих кормів містить дробарку Д, ковшовий транспортер Е, горизонтальний транспортер Т та два бункери Б1 і Б2. Заслінки переміщуються електричними виконавчими механізмами автоматики в якості яких застосовуються електромагніти ЕЗБ1 і ЕЗБ2 з рухомими осерддями.

Перероблюване зерно поступає в приймальні бункери, з якого воно направляється на горизонтальний транспортер, в ковшовий транспортер Е і далі в дробарку. На виході з бункерів встановлена заслінка з електромагнітним приводом. При обтіканні струмом обмотки електромагніту заслінка відкривається. В знеструмленому стані електромагніту пружина заслінки повертає останню у вихідне положення, перекриваючи вихід зерна з бункера [8].

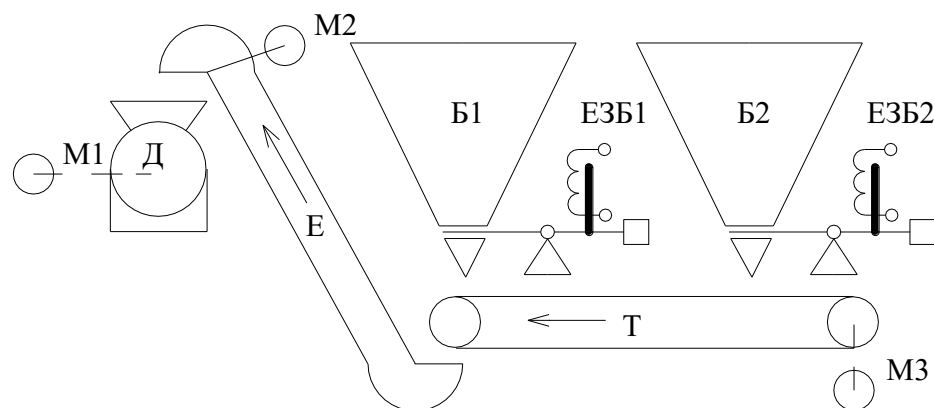


Рис. 1. Технологічна схема потокової лінії приготування концентрованих кормів:

Д – дробарка; Е – ковшовий транспортер; Т – горизонтальний конвеєр;
Б1, Б2 – бункери; ЕЗБ1, ЕЗБ2 – електромагніти приводу заслінок.

Лінія приготування концентрованих кормів приводиться в дію трьома

двигунами серії 4А потужностями: ковшового транспортера 4 кВт, дробарки 30 кВт, горизонтального транспортера 5,5 кВт. Дані електродвигуни серії 4А мають суттєві недоліки, а саме відпрацювали нормативний ресурс годин та не являються енергоефективними, складні у ремонті та обслуговуванні. Станція керування виконана на релейно-контактних апаратах. Такі апарати мають малу надійність тому що, контакти окислюються в умовах навколишнього середовища. Магнітні пускачі і реле споживають значну потужність по колам управління (напруга живлення 220 В або 380 В змінного струму).

Електричну енергію потокова лінії отримує по трифазній чотирипровідній мережі з глухозаземленою нейтраллю від трансформаторної підстанції. Лінійна напруга 380 В з частотою 50 Гц.

Висновки по першому розділу

Електропривід лінії приготування концентрованих кормів складається з трьох асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором серії 4А та станції управління, яка виконана на релейно-контактних апаратах. Оскільки в електроприводі застосовується електродвигуни старої серії та станцію управління, яка виконана на релейно-контактних апаратах, то необхідно виконати модернізацію електричного обладнання з метою покращення надійності та енергетичних характеристик.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНА КОВШОВОГО ТРАНСПОРТЕРА ЛІНІЇ ПРИГОТУВАННЯ КОНЦЕНТРОВАНИХ КОРМІВ

2.1 Визначення режиму роботи електродвигуна ковшового транспортера лінії приготування концентрованих кормів

Споживана потужність електроприводу ковшового транспортера визначається за даною формулою ($P_{\text{ср.м}}$), Вт:

$$P_{\text{ср.м}} = (P_{\text{м1}} \cdot t_1 + P_{\text{м2}} \cdot t_2 + P_{\text{м3}} \cdot t_3) / (t_1 + t_2 + t_3) \quad (1)$$

$$P_{\text{ср.м}} = (3000 \cdot 15 + 8800 \cdot 480 + 3000 \cdot 15) / (15 + 480 + 15) = 8458 \text{ Вт}$$

Момент статичного опору електроприводу ковшового транспортера $M_{\text{с.н.}}$ становитиме:

$$M_{\text{с.н.}} = P_{\text{ср.м.}} / \omega_{\text{м}} \quad (2)$$

де, $\omega_{\text{м}}$ – кутова швидкість приводного вала машини, с^{-1}

$$M_{\text{с.н.}} = 8458 / 10 = 845,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент опору тертя M_0 в рухомих частинах машини, який буде не залежити від швидкості ω визначається по формулі:

$$M_0 = k \cdot M_{\text{с.н.}} \quad (3)$$

де, k – коефіцієнт, що характеризує відношення $M_0 / M_{\text{с.н.}}$

Приймаємо $k = 0,35$ [5]

$$M_0 = 0,35 \cdot 845,8 = 296 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Механічна характеристика електроприводу ковшового транспортера буде описуватися за такою формулою:

$$M_{\text{с}} = M_0 + (M_{\text{с.н.}} - M_0) \cdot (\omega / \omega_{\text{м}})^x \quad (4)$$

де, $M_{\text{с}}$ – значення моментів статичних опорів, при кутовій швидкості ω ;

x – показник, який характеризує зміну статичного моменту, при зміні кутової швидкості (у відповідності до завдання $x = 1,7$).

$$M_c = 296 + (845,8 - 296) \cdot (0,1 \cdot 10/10)^{1,7} = 306,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розраховуємо інші значення моментів статичних опорів електроприводу ковшового транспортера аналогічно.

Будуємо навантажувальну діаграму електроприводу ковшового транспортера (рис. 2.1), прийнявши масштаби $m_p = 1 \text{ кВт/см}$; $m_t = 100 \text{ хв/см}$.

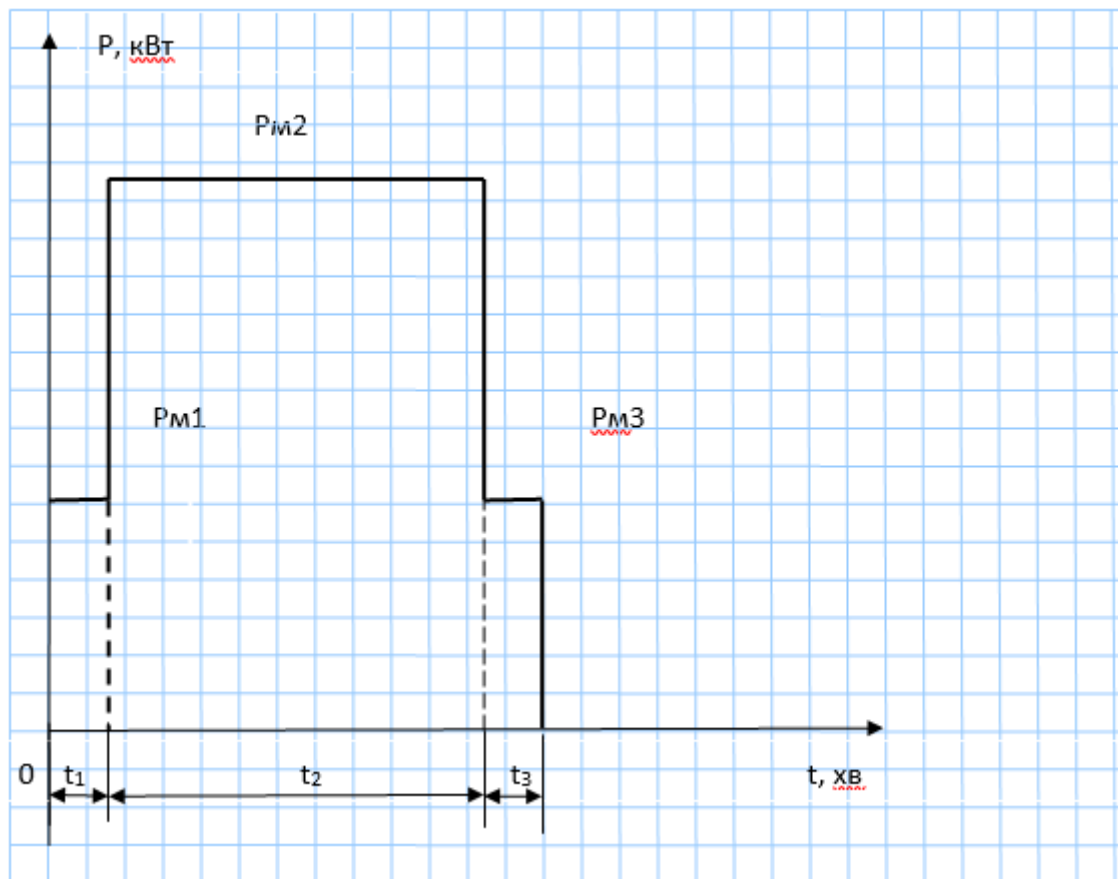


Рисунок 2.1. Навантажувальна діаграма електроприводу ковшового транспортера

Максимальна потужність робочої машини за навантажувальною діаграмою $P = 8,8 \text{ кВт}$.

Для електродвигунів такої потужності постійна часу нагрівання становитиме $T = 25 \dots 30 \text{ хв}$ [5].

З графіка навантажувальної діаграми (рис. 2.1) видно, що час роботи, хв:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 \quad (5)$$

$$t_p = 15 + 480 + 15 = 510 \text{ хв.}$$

При цьому $t_p > 4T$; $510 > 4 \cdot 30 = 120$ хв. За час роботи 510 хвилин електродвигун нагрівається до встановленої температури. Даний режим роботи називається тривалим і згідно з ДСТУ позначається S1.

2.2 Розрахунок потужності і вибір електродвигуна ковшового транспортера приготування концентрованих кормів

Для правильного вибору електродвигунів до приводу робочих машин потрібно порівняти конкретні умови роботи електродвигуна з технічними його даними для того щоб забезпечити надійну роботу електроприводу протягом заданого часу.

Використання електродвигуна заниженої потужності приведе до зниження продуктивності, порушення технологічного режиму роботи установки, прискорення старіння ізоляції, підвищення нагріву і виходу двигуна з ладу.

Недоцільним є також використання електродвигуна завищеної потужності, збільшуються втрати електроенергії за рахунок зниження ККД двигуна, оскільки при цьому підвищується вартість приводу, а для асинхронного електроприводу, крім того, знижується коефіцієнт потужності.

Вибір електродвигуна за потужністю виконаний застосуванням методу еквівалентної потужності.

Потужність на валу електропривода ковшового транспортера змінюється у часі:

$$P_{M1} = 3 \text{ кВт}, P_{M2} = 8,8 \text{ кВт}, P_{M3} = 3 \text{ кВт.}$$

$$\text{Час роботи} - t_1 = 15 \text{ хв}, t_2 = 480 \text{ хв}, t_3 = 15 \text{ хв.}$$

$$\text{Частота обертання вала машини} - \omega_M = 10 \text{ с}^{-1}.$$

Визначено еквівалентні потужності машини та електродвигуна

Еквівалентна потужність машини за робочий період

$$P_{E.M} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + P_3^2 t_3}{t_1 + t_2 + t_3}} \quad (6)$$

$$P_{E.M.} = \sqrt{\frac{3000^2 \cdot 15 + 8800^2 \cdot 480 + 3000^2 \cdot 15}{15 + 480 + 15}} = 2908 \text{ Вт}$$

Еквівалентна потужність двигуна на валу

$$P_E = P_{E.M.}/\eta_{\Pi}, \quad (7)$$

де η_{Π} – коефіцієнт корисної дії передачі (приймаю 0,9)

$$P_E = 2908/0,9 = 3231 \text{ Вт.}$$

Аналогічно до розрахунку електроприводу ковшового транспортера лінії приготування концентрованих кормів робимо розрахунки і для електроприводів дробарки та горизонтального транспортера.

За розрахунковими потужностями з каталогу вибрано електродвигун. Аналогічно вибираємо електродвигуни для дробарки та горизонтального транспортера.

Для електроприводу ковшового транспортера лінії виготовлення концентрованих кормів за каталогом вибрано електродвигун М2: типу АИР100Л4У3 $P_H = 4$ кВт; $I_H = 8,5$ А $K_i = 7,0$ $n_H = 1410$ об · хв⁻¹, ($\omega_{н.дв.} = 147,6$ с¹), $K_{min} = 1,6$; $K_{max} = 2,2$; $\cos \varphi_{ном} = 0,84$; ккд. = 85 %; $U_H = 380$ В.

Для електроприводу дробарки вибрано електродвигун М1: типу АИР180М4У3, $P_H = 30$ кВт; $I_H = 56,9$ А $K_i = 7,0$ $n_H = 1470$ об · хв⁻¹, ($\omega_{н.дв.} = 153,9$ с¹), $K_{min} = 1,5$; $K_{max} = 2,7,0$; $\cos \varphi_{ном} = 0,87$; ккд = 92 %; $U_H = 380$ В.

Для електроприводу горизонтального транспортера лінії виготовлення концентрованих кормів за каталогом вибрано електродвигун М3: типу АИР112М4У3 $P_H = 5.5$ кВт; $I_H = 11,4$ А $K_i = 7,0$ $n_H = 1430$ об · хв⁻¹, ($\omega_{н.дв.} = 149,7$ с¹), $K_{min} = 1,6$; $K_{max} = 2,2$; $\cos \varphi_{ном} = 0,86$; ккд. = 85,5%; $U_H = 380$ В.

2.3 Визначення повної, активної і реактивної потужності, споживаної електродвигуном ковшового трнспортера лінії приготування концентрованих кормів з електричної мережі.

Електродвигун який споживає активну потужність з електричної мережі, визначається за формулою:

$$P_{м.ном} = \frac{P_{ном} \cdot \kappa_3}{\eta_{д.ном}} \quad (11)$$

де: $P_{ном}$ – номінальна потужність електродвигуна, ($P_{ном} = 4$ кВт)

κ_3 – коефіцієнт завантаження ($\kappa_3 = 0,8$);

$\eta_{д.ном}$ - номінальне значення ккд електродвигуна ($\eta_{д.ном} = 85$).

$\cos \varphi_{ном} = 0,84$.

$$P_{м.ном} = \frac{4 \cdot 0,7}{0,85} = 3,3 \text{ кВт.}$$

$\cos \varphi_{ном} = 0,84$; ккд. = 85 %;

Реактивну потужність, споживану електродвигуном, визначають за формулою:

$$Q_{ном} = P_{м.ном} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{ном} \quad (12)$$

де: $\operatorname{tg} \varphi_{ном}$ – тангенс кута ($\operatorname{tg} \varphi_{ном} = 0,6$) при номінальному значенні

$\cos \varphi_{ном} = 0,84$.

$$Q_{ном} = 3,3 \cdot 0,6 = 1,98 \text{ кВар.}$$

Повну потужність, кВ·А, визначаємо за формулою:

$$S_{д.ном} = \sqrt{P_{м.ном}^2 + Q_{ном}^2} \quad (13)$$

$$S_{д.ном} = \sqrt{3,3^2 + 1,98^2} = 3,85 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Поскільки електродвигун споживає реактивну потужність індуктивного характеру, необхідно в системі електропостачання застосувати компенсатор реактивної потужності для підвищення $\cos \varphi$.

Висновки по другому розділу

Двигуни серії 4А доцільно замінити на двигуни серії АИ. Електродвигуни серії АИ на відміну від серії 4А мають покращені пускові характеристики, покращені енергетичні показники. Також електродвигуни серії АИ мають покращені віброакустичні характеристики (рівень шуму знижений у порівнянні з серією 4А на 10–15 дБ), забезпечують підвищені показники надійності (термін служби до капітального ремонту не менше 10

років, але не більше 20000 год.), знижену масу і конструктивних матеріалів відповідно на 10–15% і 15–20%, знижені витрати активних матеріалів (міді – на 2,5%, електротехнічної сталі – на 4%). Електродвигуни основного виконання мають ступінь захисту IP54.

РОЗДІЛ 3

СХЕМА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ТА РОЗРАХУНОК ЇЇ ЕЛЕМЕНТІВ

3.1 Розробка принципової електричної схеми, опис її роботи

Електрообладнання лінії приготування концентрованих кормів складається з трьох приводних трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором та шафи з пуско-захисною апаратурою.

Схема керування потоковою лінією повинна забезпечувати:

- автоматизований пуск машин ліній в заданій послідовності, а саме від кінця лінії до її початку з метою створення легких умов пуску електродвигунів;
- автоматизована зупинка машин лінії в заданій послідовності, а саме від початку лінії до її кінця з метою звільнення робочих органів робочих машин від залишкових кормів;
- вмикання електродвигунів в лінії повинно здійснюватись послідовно з визначеною затримкою в часі виходячи із інерційних властивостей електродвигунів;
- вибір оператором приводу тієї чи іншої заслінки в залежності від виду кормосуміші;
- автоматичне вмикання приводу заслінок після включення в роботу електродвигунів машин ліній;
- автоматичне вимикання приводу заслінок при вимиканні електродвигунів.
- автоматичний захист електродвигунів та електрообладнання станції керування від струмів короткого замикання та струмів перевантажень;
- світлову сигналізацію включеного і виключеного стану машин лінії.

Розроблена електрична принципова схема шафи управління лінії представлена на (рис.3.1.).

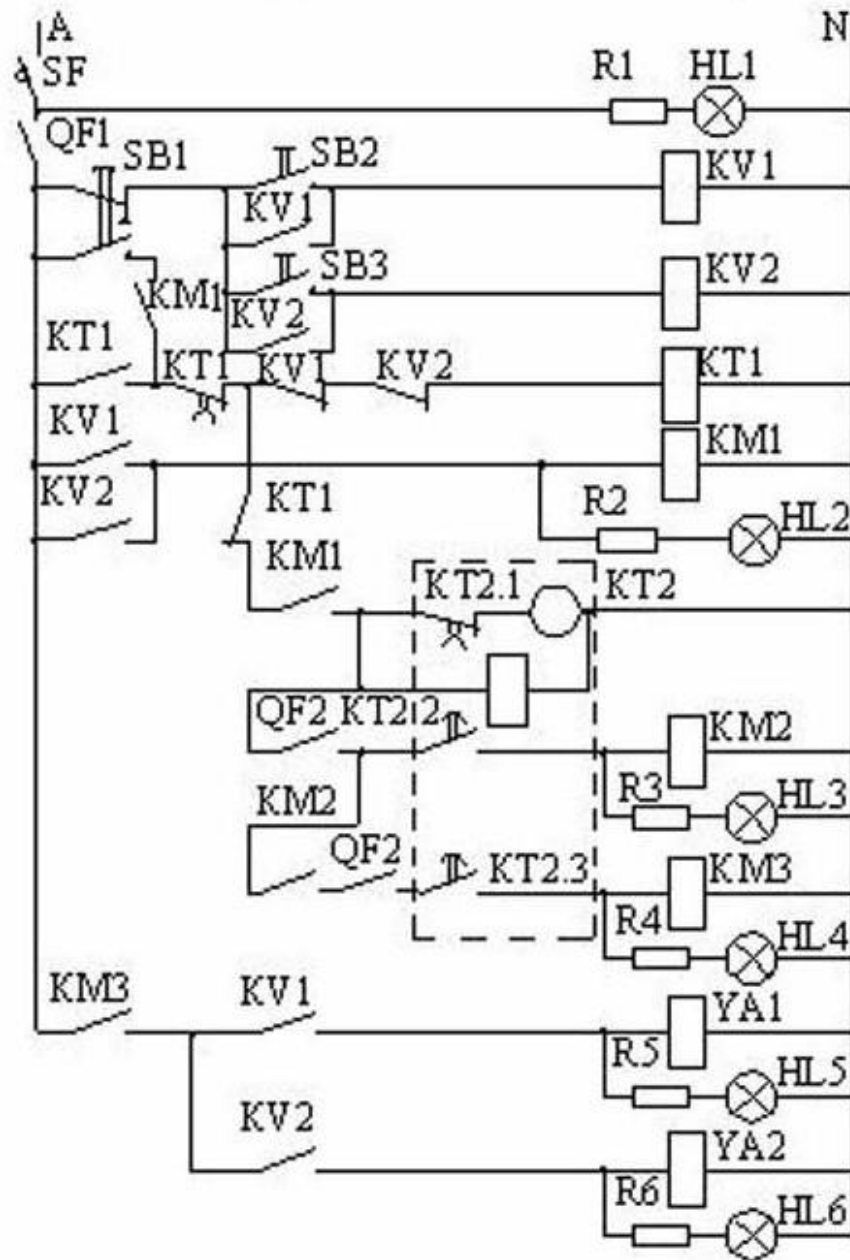


Рисунок 3.1. Схема електрична принципова шафи керування потокової лінії приготування концентрованих кормів

Для пуску лінії в роботу оператор вмикає автоматичні вимикачі QF1, QF2 і QF3. Кнопками SB2 або SB3 здійснює вибір бункерів згідно технології приготування кормосуміші. Кнопкою SB2 здійснюється включення електродвигунів в роботу у визначеній послідовності. Реле часу KT1 і KT2 забезпечують послідовне включення двигунів в роботу із визначеною

затримкою в часі один відносно другого. Після включення електродвигунів лінії автоматично переміщуються заслінки вибраних бункерів.

Кнопкою SB1 здійснюється зупинка електродвигунів лінії. При натисканні кнопки в першу чергу автоматично закриваються бункерів, а потім відбувається відключення двигунів визначеної послідовності. Захист електродвигунів від перенагрівання струмами перевантажень здійснюється тепловими реле, якими укомплектовані магнітні пускачі, які подають напругу живлення на електродвигуни. Автоматичні вимикачі QF1, QF2 і QF3 здійснюють захист електрообладнання станції керування від струмів короткого замикання та струмів перевантажень. Робочий та відключений режими роботи відображають сигнальні лампочки HL1-HL6.

3.2 Вибір апаратів керування і захисту

Автоматичні вимикачі серії АЕ доцільно замінити на автоматичні вимикачі серії ВА. Перевагами автоматичних вимикачів ВА є: наявність двох типів захисту (від перенавантажень і короткого замикання) та широкий діапазон робочих температур.

Автоматичний вимикач QF обирається з урахування вимог до захисту електрообладнання ковшового транспортеру від аварійних режимів роботи. Автоматичний вимикач, потрібний для комутації електричних кіл, захисту електричних двигунів, потрібно вибирати, щоб його виконання за родом струму, видом розчіплювачів, кількістю полюсів, захисту від впливу навколишнього середовища та іншими даними відповідало до вимог двигуна і умовам експлуатації. Номінальна напруга даного вимикача $U_{a.ном}$ повинна дорівнювати або перевищувати номінальній напрузі електричної мережі $U_{мер.ном}$. Номінальний струми електромагнітного та теплового розчіплювача атомата повинні перевищувати:

$$U_{a.ном} > U_{мер.ном}; I_{a.ном} > I_{дв.ном}; I_{т.ном} > I_{дв.ном}; I_{с.ном} \geq I_{дв.ном} K_i$$

У розробленій принциповій схемі автоматичний вимикач використовують для захисту від струмів короткого замикання всіх електродвигунів, тому вибрати його треба за такими умовами:

$$U_{a.ном} \geq U_{мер.ном}; I_{a.ном} \geq \sum_1^n I_{дв.ном}; I_{e.ном} \geq \sum_1^n I_{дв.ном};$$

$$I_{y.e} \geq 1,35 \left[\sum_1^n I_{дв.ном} + I_{дв.ном.нб} K_{інб} \right],$$

де $I_{y.e}$ - розрахунковий струм спрацювання уставки електромагнітного розчіплювача;

1,35 – коефіцієнт запасу;

$I_{дв.ном}$ - сума номінальних струмів електродвигунів які, працюють одночасно, А;

$I_{дв.ном.нб}$ і $K_{інб}$ - номінальний струм, А, та кратність пускового струму двигуна.

$$I_{y.e} \leq I_{спр. к.}$$

Для забезпечення надійного захисту двигуна від зникнення або надмірного зниження напруги та дистанційного керування вимикачем мінімальний розчіплювач напруги і незалежний розчіплювач треба вибрати так, щоб номінальна напруга кожного з них дорівнювала напрузі електричного кола, в якому він буде працювати.

Для автоматичного захисту електрообладнання схеми управління від струмів короткого замикання доцільно застосувати автомати зі струмом неспрацювання теплових розчіплювачів струму.

$$I_{заг.} = I_{д1} + I_{д2} + I_{д3} + I_{YA1} + I_{YA2},$$

де I_{YA1} – струм котушки електромагніту заслінки бункера Б1, $I_{YA1} = 3$ А;

I_{YA2} – струм котушки електромагніту заслінки бункера Б2, $I_{YA2} = 3$ А;

$$I_{заг.} = 56,9 + 8,5 + 11,4 + 3 + 3 = 82,8 \text{ А}$$

Згідно проведених розрахунків за [7] вибрано автоматичний вимикач типу ВА51-31-34 з тепловим розчіплювачем на 100 А. Проводимо перевірку

спрацювання електромагнітного розчіплювача згідно вище приведеної методики.

$$I_{y.e} = 1,35 [56,9 \cdot 7,0 + 8,5 + 11,4 + 3 + 3] = 572,7 \text{ А.}$$

Каталожне значення номінального струму максимальних розчіплювачів струму автомата:

$$I_{\text{спр. к.}} = 10 I_{\text{н. тр}}$$

$$I_{\text{спр. к.}} = 10 \cdot 100 = 1000 \text{ А.}$$

Як видно з розрахунків умова $I_{y.e} \leq I_{\text{спр. к.}}$; $572,7 \leq 1000 \text{ А}$ виконується, автоматичний вимикач вибрано вірно.

Автоматичний вимикач QF2, необхідний для вмикання і вимикання електродвигуна М2 електроприводу ковшового транспортера і захисту його від перевантаження і струмів короткого замикання потрібно вибирати, щоб його виконання за родом струму, видом розчіплювачів, кількістю полюсів, захисту від впливу навколишнього середовища та іншими даними відповідало до вимог двигуна і умовам експлуатації.

Згідно вимог вибрано автоматичний вимикач серії ВА51-25-34 виходячи із умови, що номінальний струм теплового розчіплювача $I_{\text{н.р.}}$ повинен бути більшим за робочий струм лінії $I_{\text{р}}$

$$I_{\text{н.р.}} > I_{\text{р}}$$

$$I_{\text{н.р.}} > 8,5 \text{ А}$$

За [12, с. 83] вибрано автоматичний вимикач типу ВА51-25-34

з $I_{\text{н.р.}} = 10 \text{ А}$.

Розрахунковий струм спрацювання $I_{\text{спр.р.}}$ не повинен перевищувати каталожного значення струму спрацювання $I_{\text{спр.к.}}$

$$I_{\text{спр.р.}} \leq I_{\text{спр.к.}}$$

Визначено струм спрацювання. Розрахунковий струм спрацювання повинен задовольнити вимогу :

$$I_{\text{спр.р.}} \geq 1,25 I_{\text{кор.}}$$

де $I_{кор.}$ - короткочасний пускової струм, який визначається за формулою:

$$I_{кор.} = I_n \cdot K_i, \quad (6)$$

1,25 – коефіцієнт, який враховує неточності у визначенні короткочасного струму і розкід характеристик автомата.

$$I_{спр.р.} \geq 1,25 \cdot 8,5 \cdot 7,0 = 74,4 \text{ А.}$$

Визначено каталожне значення струму спрацювання електромагнітного розчіплювача

$$I_{спр.к.} = 10 I_n = 10 \cdot 10 = 100 \text{ А.} \quad (7)$$

Автоматичний вимикач вибрано вірно, так як вимога вибору і експлуатації виконується:

$$I_{спр.р.} \leq I_{спр.к.}$$

$$74,4 < 100 \text{ А.}$$

Електромагнітний пускач КМ2 вибрано за умовою:

$$I_{н.п.} \geq K_i \cdot I_n / 6,$$

де $I_{н.п.}$ - номінальний робочий струм силових контактів пускача;

K_i – кратність пускового струму ($K_i = 7,0$);

I_n – номінальний робочий струм електродвигуна М2, ($I_n = 8,5 \text{ А}$)

$$I_{н.п.} \geq 7,0 \cdot 8,5 / 6 = 9,9 \text{ А.}$$

Вибрано електромагнітний пускач типу ПМЛ – 110004 і котушкою на 220 В

Решту електромагнітних пускачів вибрано аналогічно з урахуванням пускового і робочого струмів.

Для захисту кіл керування від струмів короткого замикання в схемі застосований автоматичний вимикач SF типу ВА51-31-34 з $I_{н.р.} = 6,3 \text{ А}$.

Ручне керування електропроводами здійснюється кнопками SB1... SB3 типу ХВ2.

Світлова сигналізація виконана на мініатюрних лампочках розжарювання HL1... HL6 типу AD22.

Вибір апаратів управління здійснюється:

за номінальною напругою мережі:

$$U_{ном} \geq U_{ном.с}, \quad (4.3)$$

за тривалим розрахунковим струмом електричного ланцюга:

$$I_{ном} \geq I_{трив}, \quad (4.4)$$

$$I_{відк} \geq I_{трив}. \quad (4.5)$$

Тривалий розрахунковий струм ланцюга:

$$I_{трив} = S / U_{ном.с}, \quad (4.6)$$

де S - найбільша сумарна потужність, споживана апаратами при одночасній роботі.

$$S = \sum S_{pi}, \quad (4.7)$$

де S_{pi} - потужність споживана кожним окремим апаратом у включенні.

В даній схемі напруга в ланцюгах управління 110 В, максимальна кількість одночасно включених апаратів - 1 магнітний пускач четвертої величини і 3 проміжних реле. Згідно з довідковими даними магнітний пускач четвертої величини під час роботи споживає потужність 20 ВА, а проміжне реле 8 ВА. За формулою (4.6) визначаємо тривалий розрахунковий струм:

$$I_{трив} = \frac{20 + 3 \cdot 8}{110} = 0,4 А. \quad (4.8)$$

3.3 Вибір провідників і кабелів силової проводки

Від того настільки електропроводка є довговічною і надійною буде залежити тривалість безвідмовної роботи електричних споживачів, безпека людей і тварин.

При виборі виду електропроводки, певної марки та способу прокладання її враховують призначення, цінність та архітектурна особливість будівлі,

умови навколишнього середовища, режим роботи даних електроприймаців, вимоги до техніки безпеки та протипожежних правил.

Ізоляція електропроводки повинна в усіх випадках відповідати номінальній напрузі електричної установки, а захисні оболонки - активності навколишнього середовища та способу їх прокладання.

Зазвичай у електроустановках сільськогосподарського призначення кабелі і проводи з алюмінієвими жилами вибирають перерізом $2,5 \text{ мм}^2$ та вище. Потрібно використовувати види електропроводок без застосування сталених труб та гофрованих металорукавів.

Площу поперечного перерізу жил електропроводки потрібно вибирати в кожному випадку так, щоб допустимий для даної проводки струм навантаження $I_{\text{доп}}$ був не менше максимального тривалого робочого струму електричного кола $I_{\text{макс.р}}$ тобто $I_{\text{доп}} \geq I_{\text{макс.р}}$.

Для відгалужень до окремих електричних приймаців, які працюють з постійною номінальною споживаною потужністю, приймають за максимальні тривалі робочі струми їх номінальні струми, тобто $I_{\text{макс.р}} = I_{\text{ном}}$.

I_3 - сила струму для спрацювання захисного апарату

При цьому вважається, що умови прокладання проводу (кабеля) нормальні.

Визначивши площу перерізу проводу (кабеля) за двома умовами, вибирають площу перерізу більшу.

Враховуючи вище приведені умови вибору, провідники і кабелі вибрано з урахуванням загального номінального робочого струму [9] $I_{\text{заг.}} = 82,8 \text{ А}$, а також номінальних струмів споживачів: $I_{\text{д1}} = 56,9 \text{ А}$, $I_{\text{д2}} = 8,5 \text{ А}$, $I_{\text{д3}} = 11,4 \text{ А}$, $I_{\text{YA1}} = 3 \text{ А}$, $I_{\text{YA2}} = 3 \text{ А}$.

Силові кола від ввідної шафи до ящика керування виконуються проводом ПВ4 (1x25), а від ящика керування до електродвигуна М1 проводом ПВ4 (1x16), який прокладають в трубі сховано, а до електродвигунів М2, М3, проводом ПВ4 (1x1,5), до електромагнітів проводом ПВ4 (1x1) в трубах.

Монтаж проводки ящика керування потрібно виконати проводом ПВ1, поперечним перерізом 1 мм^2 , а перехід з задньої стінки на двері проводом ПВ4 перерізом $0,75 \text{ мм}^2$, заземлення дверей проводом ПВ4 перерізом 6 мм^2 .

Висновки по третьому розділу

Електрообладнання лінії приготування концентрованих кормів складається з трьох приводних трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором та шафи з пуско-захисною апаратурою.

Станція керування виконана на релейно-контактних апаратах попередніх серій випуску, які відрізняються малою надійністю. Магнітні пускачі і реле споживають значну потужність по колам управління (напруга живлення 220 В або 380 В змінного струму).

Поскільки станція управління виконана на застарілих релейно-контактних апаратах, то необхідно виконати модернізацію електричного обладнання з метою покращення надійності та енергетичних характеристик.

Розраховано та вибрано електричні апарати керування, захисту і технічних засобів автоматизації.

ВИСНОВКИ

Згідно особливостей технологічного процесу та навантажувальної діаграми визначено, що двигуни потокової лінії приготування концентрованих кормів працюють в тривалому режимі роботи S1. Для розрахунку потужності електродвигунів застосований метод еквівалентної потужності.

Електропривід лінії складається з трьох асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором серії 4А та станції управління, яка виконана на релейно-контактних апаратах. Оскільки в електроприводі застосовується електродвигуни старої серії та станція управління, яка виконана на релейно-контактних апаратах, необхідно виконати модернізацію електричного обладнання з метою покращення його надійності та енергетичних характеристик.

Електродвигуни серії 4А доцільно замінити на електродвигуни серії АІ. Електродвигуни серії АІ на відміну від серії 4А мають покращені пускові характеристики, покращені енергетичні показники. Також електродвигуни серії АІ мають покращені віброакустичні характеристики (рівень шуму знижений у порівнянні з серією 4А на 10–15 дБ), забезпечують підвищені показники надійності (термін служби до капітального ремонту не менше 10 років, але не більше 20000 год.), знижену масу і конструктивних матеріалів відповідно на 10–15 % і 15–20 %, знижені витрати активних матеріалів (міді – на 2,5 %, електротехнічної сталі – на 4 %). Електродвигуни основного виконання мають ступінь захисту IP54.

Виконано розрахунок потужності електродвигунів: М1 - $P_H = 4$ кВт, М2 - $P_H = 30$ кВт, М3 - $P_H = 5,5$ кВт.

В якості пуско-захисної апаратури застосовані апарати керування та захисту останніх серій випуску – пускачі серії ПМЛ, автомати серії ВА, теплові реле серії РТТ.

Розроблена принципова електрична схема лінії приготування концентрованих кормів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник / Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 557 с.
2. Белікова Л.Я. Електричні машини: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закладів / Л.Я. Белікова, В.П. Шевченко. – О. : Наука і техніка, 2012. – 480 с.
3. Бородин И. Ф. Автоматизация технологических процессов / И. Ф. Бородин, Ю. А. Судник. – М. : Колос, 2004. – 344 с.
4. Гаврилюк І. А. Електропривод в АПК. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт / І. А. Гаврилюк, Ю. М. Хандола. – Харків : Факт, 2009. – 280 с.
5. Гаврилюк І. А. Курс лекцій з електроприводу сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній : підруч. / І. А. Гаврилюк, Ю. М. Хандола. – Харків : Факт, 2008. – 260 с.
6. Гончар В. Ф. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок : навч. посіб. / В. Ф. Гончар, Л. П. Тищенко. – К. : Вища шк., 1989. – 343 с.
7. Електропривод : підруч. / Ю. М. Лавріненко, О. С. Марченко, П. І. Савченко та ін.; за ред. Ю. М. Лавріненка. – К. : „Ліра-К”, 2009. – 504 с.
8. Електропривід : підруч. / О. С. Марченко, Ю. М. Лавріненко, П. І. Савченко, Є. Л. Жулай; за ред. О. С. Марченка. – К. : Урожай, 1995. – 208 с.
9. Жулай Є. Л. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів, та потокових ліній. – К. : Вища освіта, 2001. – 285 с.
10. Закон України "Про електроенергетику" // Відомості Верховної Ради України, 1998. – №1.
11. И.Л. Каганов. Курсовое и дипломное проектирование. – М. ; «Агропромиздат», 1990. – 351 с.

12. Каганов И.Л. Курсовое и дипломное проектирование. – М. : Агропромиздат, 1988. – 480 с.
13. Кацман М.М. Электрические машины. – М. : Высшая школа, 1990. – 463 с.
14. Кацман М.М. Лабораторные работы по электрическим машинам и электроприводу. – М. : Издательский центр "Академия", 2011. – 256 с.
15. Кашенко П.С. Электропривод сільськогосподарських машин. Методичні вказівки щодо виконання курсового проекту. – Немішаєве. : НМЦ, 2002. – 77 с.
16. Куценко Ю.М. Электричні машини і апарати: навчальний посібник / Ю.М. Куценко, В.Ф. Яковлев та ін. – К. : Аграрна освіта, 2013. – 449 с.
17. Климентовський Ю. А. Технічні засоби автоматики / Ю. А. Климентовський, А. М. Гладкий. – К. : Вид-во „ДВІД”, 2003. – 238 с.
18. Логвінов Г. С., Прядко В. А., Яремчук Л. М. Электрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок. – Ж., 2013.
19. Мартиненко І.І., Головинський Б.П., Лисенко В.П. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. – К. : Урожай, 1995. – 224 с.
20. Марченко І.І., Лисенко В.М., Тищенко Л.П., Лукач В.С. Проектування систем електрифікації та автоматизації сільського господарства. К. : Вища школа, 1999 – 201 с.
21. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів механіко-технологічного факультету / Лисиченко М. Л., Масюткін Є. П., Ільїчов І. П. та ін. – Харків, 2006. – 130 с.
22. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві / За ред. О.С. Марченка. – К. : Урожай, 1995. – 416 с.
23. Москаленко В.В. Электрический привод: учебник/ . В В.Москаленко. – М. : Высшая школа, 2001. – 596с.
24. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. – К. : Дисконт, 1995. – 260 с.

25. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – К. : Основа, 1998.
26. Практикум з електропривода. В.С. Олійник, О.С. Марченко, Є. Л. Жулай та ін.; – К. : Урожай, 1995. – 192 с.
27. Практикум по електроприводу в сільському господарстві / Савченко П. И., Гаврилюк И. А., Земляной И. Н. и др. – М. : Колос, 1996. – 224 с.
28. Практикум з електроприводу і електрообладнання ; уклад. : Ю. М. Лавріненко, О. Ю. Синявський, П. В. Олійник. – К. : Видав, центр НУБіП, 2008. – 78 с.
29. Нагорний А.В., Манжара В.М. Автоматизація технологічних процесів і систем автоматичного керування : НМЦ, 2003. – 82 с.
30. Черник М.А. Електричні машини: збірник задач / М.А. Черник, В.Г. Гайдук. – К. : Львівська політехніка, 2008. – 176 с.