

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва
та інженерної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

КИРИЛОВИЧ ДЕНИС ІГОРОВИЧ

УДК 621.974

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування модернізації електроприводу гноєприбиральної установки для
корівника з безприв'язним утриманням корів

141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр.

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.

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

_____ Д. І. Кирилович

Керівник роботи
Ярош Ярослав Дмитрович
д.т.н., професор декан факультету
інженерії та енергетики

Житомир 2021

АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі проведено обґрунтування модернізації електроприводів гноєприбиральних установок для корівника з безприв'язним утриманням корів.

Обґрунтована методика та приведені приклади розрахунку електрообладнання електроприводів, розроблені принципіві схеми, потокова лінія прибирання гною в корівнику з транспортуванням в закрите гноєсховище.

Кирилович Д. І. «Обґрунтування модернізації електроприводу гноєприбиральної установки для корівника з безприв'язним утриманням корів».

Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

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

Ключові слова: модернізація, електропривод, електродвигун, гноєприбирання, установка, вимикач.

ANNOTATION

In qualifying work the ground of modernisation of electromechanics of гноєприбиральних options is conducted for a cowshed with безприв'язним maintenance of cows. Reasonable methodology and examples of calculation of electrical equipment of electromechanics are made, fundamental charts are worked out, stream line of cleaning up of pus in a cowshed with transporting in closed. Kirilovich D. I. Is "Ground of modernisation of electromechanic of the setting for a cowshed with maintenance of cows". Qualifying work is on rights for a manuscript. Qualifying work on the receipt of educational degree master's degree After speciality a 141 "Electroenergy, electrical engineering and electromechanics". Polesye national university, Zhytomyr, 2021.

Keywords: modernisation, electromechanic, electric motor, setting, switch.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
Розділ 1. Загальна характеристика гноєприбиральних установок	7
1.1 Характеристика типового технологічного процесу прибирання гною..	7
1.2 Розробка технології та вибір технологічного обладнання для прибирання гною.....	8
1.3 Розробка функціонально-технологічної схеми гноєприбирання.....	10
1.4 Розробка технології та вибір технологічного обладнання для транспортування гною в гноєсховище.....	12
Висновки по першому розділу.....	15
Розділ 2. Розрахунок потужності і вибір електродвигунів.....	16
2.1 Технологічний розрахунок добового виходу гною.....	16
2.2 Перевірковий розрахунок електродвигуна установки УС-15.....	17
2.3 Перевірковий розрахунок електродвигуна установки УС-10.....	18
2.4 Перевірковий розрахунок електродвигуна установки УТН-10.....	18
2.4.1 Розрахунок потужності і вибір електродвигуна.....	21
Висновки по другому розділу.....	25
Розділ 3. Розробка принципів схем управління для модернізації електроприводів гноєприбиральних установок.....	27
3.1 Модернізація електроприводів гноєприбиральних установок	27
3.1.1 Розробка принципової електричної схеми установки УС – 15 та опис її роботи.....	30
3.1.2 Розрахунок і вибір електричних апаратів електричної схеми.....	
3.2.1 Розробка принципової електричної схеми поперечного транспортера КНП-10 та опис його роботи.....	32
3.2.2 Розрахунок і вибір електричних апаратів схеми.....	
3.3.1 Розробка принципової електричної схеми управління електроприводом установки УТН-10.....	34
3.3.2 Розрахунок і вибір апаратів керування і захисту до схеми.....	35

Висновки по третьому розділу.....	
Висновки.....	36
Література.....	37
Додатки.....	39
Додаток А.....	39
Додаток Б.....	41
Додаток В.....	42

ВСТУП

Актуальність теми. На даний час в тваринницьких приміщеннях працює електротехнологічне обладнання, яке фізично і морально застаріло і потребує заміни або модернізації. Доцільно розглянути, розробити нові сучасні ефективні технології, провести реконструкцію тваринницьких приміщень, розглянути питання модернізації діючого електротехнологічного обладнання з врахуванням впровадження нових ефективних технологій утримання тварин.

Тому обґрунтування модернізації електроприводів гноєприбиральних установок являється актуальним.

Об'єкт дослідження: Електроприводи гноєприбиральних установок.

Предмет дослідження: Можливість модернізованих електроприводів.

Мета: Підвищення ефективності роботи електроприводів та зменшення витрат на експлуатацію за рахунок модернізації.

Завдання дослідження: Виконати обґрунтування модернізації електроприводів гноєприбиральних установок, провівши розробку технологічних, принципних схем, розрахунки та вибір електрообладнання електроприводів.

Методи дослідження: При вирішенні завдання дослідження використовувалися методи математичного та комп'ютерного розрахунків, на основі побудови графіків та схем.

Впровадженні інженерні рішення: Розробка принципних електричних модернізованих схем електроприводів потокової лінії гноєприбирання.

Практичне значення: Модернізовані електроприводи потокової лінії гноєприбиральних установок в значній мірі збільшить ефективність їх роботи, підвищить продуктивність праці, покращить екологічний стан навколишнього середовища.

Наукові публікації

1. Тези доповіді на тему «Напрямки удосконалення інноваційних технологій при органічному виробництві» Кирилович Д. І. Зайцев Ю. С. Прядко В. А. Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Органічне агровиробництво: освіта і наука» м. Київ. 27 жовтня 2021 р.

nmc.vfpo@ukr.net

2. Тези доповіді на тему «Дослідження та аналіз можливостей підвищення надійності роботи електроприводів в сільськогосподарському виробництві» Кирилович Д. І. Зайцев Ю. С. Прядко В. А. «Студентські читання – 2021» Житомир 2021р.с. 41-44.

3. Тези доповіді на тему «Дослідження та аналіз можливостей модернізації електроприводів транспортерів» Кирилович Д. І. консультант Прядко В. А. «Студентські читання – 2021» Житомир 2021р. с. 44-46.

Структура та обсяг роботи: Робота містить анотацію, вступ, три розділи, висновки, література, додатки. Обсяг 38 сторінок А4 друкованого тексту.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГНОЄПРИБИРАЛЬНИХ УСТАНОВОК

1.1 Характеристика типового технологічного процесу прибирання гною

Гноєприбирання являється одним із основних процесів в тваринництві.

В сучасних тваринницьких приміщеннях застосовують механічний пневматичний та гідравлічний способи прибирання і видалення з приміщення гною. Вибір того чи іншого способу залежить від виду поголів'я та способу утримання тварин, характеристики та територіального розміщення приміщень, наявності у господарстві достатньої кількості води, ефективності та надійності експлуатації [7].

При механічному способі прибирання і видалення з приміщення гною, здійснюється за допомогою скребкових канатно-скреперних, штангових та інших стаціонарних транспортерів або за допомогою мобільних машин і агрегатів.

В приміщеннях для утримання тварин гній прибирають скребковими транспортерами ТСН-2,0Б; ТСН-3,0Б; ТСН-160, скреперними установками УС-10, УС-15, тощо.

Для транспортування гною в гноєсховище призначені електрифіковані вагонетки ВНЭ-16, УТН-10, УС-10, мобільний транспорт.

При пневматичному способі гній видаляється з тваринницького приміщення і транспортується у гноєсховище по трубах за допомогою тиску повітря, створеного компресором.

При гідравлічному способі, розбавлений водою, гній з гноєзбірника (колектора) перекачують насосом по трубопроводу у гноєсховище.

При вивантаженні рідка частина гною(гноївка) по зворотній трубі самоплавом повертається в колектор, звідки її перекачують у причіпні цистерни [12].

1.2 Розробка технології та вибір технологічного обладнання для прибирання гною

На фермі знаходиться чотири корівники по 100 голів з безприв'язним утриманням корів. При реконструкції необхідно провести модернізацію технологічного обладнання і електроприводів, додатково встановити нове електротехнологічне обладнання для гноєприбирання з рахуванням зменшення забруднення навколишнього середовища.

З цією метою в стійлових приміщеннях і на вулиці будуть змонтовані заглиблені закриті гнойові канали в них будуть встановлені гноєприбиральні установки, які будуть прибирати гній з стійлових приміщеннях і транспортувати його в закрите гноєсховище.

Проаналізувавши технологію утримання ВРХ і виробничі процеси, я прийшов до висновку, що для безприв'язного утримання корів потрібно встановити по одній скреперній установці для прибирання гною в кожному стійловому приміщенні корівників УС-15 і по одній установці УС-10 для транспортування гною з стійлового приміщення.

Таблиця 1.1 Технічна характеристика гноєприбиральної установки УС-15

Найменування	Технічні характеристики
Тип	стаціонарна, ланцюгова, скреперна
Масова подача, кг/с	0,34
Встановлена потужність електродвигуна, кВт	1,1
Швидкість руху ланцюга, м/с	0,042
Ширина гнойового каналу, м	1,8 - 3
Довжина контуру, м	170
Маса установки, кг	2024

Скреперна установка УС-15 призначена для прибирання гною з гнойових каналів при безприв'язному утриманні великої рогатої худобивмикається в

роботу від трьох до шести разів на добу. Тривалість однієї прибирання гною становить 45 хв.

Установка УС-15 складається з наступних основних вузлів: приводу з механізмом реверсування, поворотних пристроїв, двох скреперів, тягового ланцюга і шафи управління. Привід установки складається з електродвигуна потужністю 1,1 кВт, редуктора і рами на яку встановлюється привідна станція механізму реверсування.

Скреперний робочий орган призначений для переміщення гною по гнойовому каналу, який складається з скребок, які кріпляться до тягового ланцюга повзуна, шарнірного пристрою, і натягача. Схема шафкерування передбачає ручне та автоматичне керування електроприводом скреперної установки УС-15 при допомозі кінцевих вимикачів, які встановлені на привідній станції і забезпечують реверсивний рух скребок в гнойових каналах.

Скреперна установка УС-10 призначена для транспортування гною з гнойових каналів від УС-15 на вулицю або в гноєзбірник. До складу установки УС-10 входять тягової штанги Ø 20 мм, восьми скреперів, високоміцної кругло ланкового ланцюга, поворотного пристрою, приводної станції з системою автоматичного реверсування, щита управління [15].

Таблиця 1.2 Технічна характеристика установки УС-10

Найменування	Технічні характеристики
Тип	стаціонарна, ланцюгова, скреперна
Масова подача, кг/с	0,34
Встановлена потужність електродвигуна, кВт	3,0
Швидкість руху штанги, м/с	0,137
Ширина гнойового каналу, м	1,75
Довжина контуру, м	170

Робота скреперних установок УС-10 заключається в наступному. Під час робочого ходу штанги вперед скрепера розкриваються і захоплюючи гній переміщують його на відстань, рівну ходу штанги. При русі штанги назад скребки без гною складаються за рахунок тертя об дно каналу і не переміщують гній. Під час наступних рухів вперед інші скребки захватують порції гною і просувають його до люку скиду на наступний транспортер або в гноєсховище.

1.3 Розробка функціонально-технологічної схеми гноєприбирання

В стійловому приміщенні корови будуть розміщені в двох загонах по 50 голів в кожній. Утримання безприв'язне. В місцях відпочинку корів зроблено дерев'яні настили.

В проходах, в заглиблених гнойових каналах розміщена скреперна установка УС-15, яка обслуговує 100 корів. Функціонально-технологічна схема наводиться на рис. 1.1.

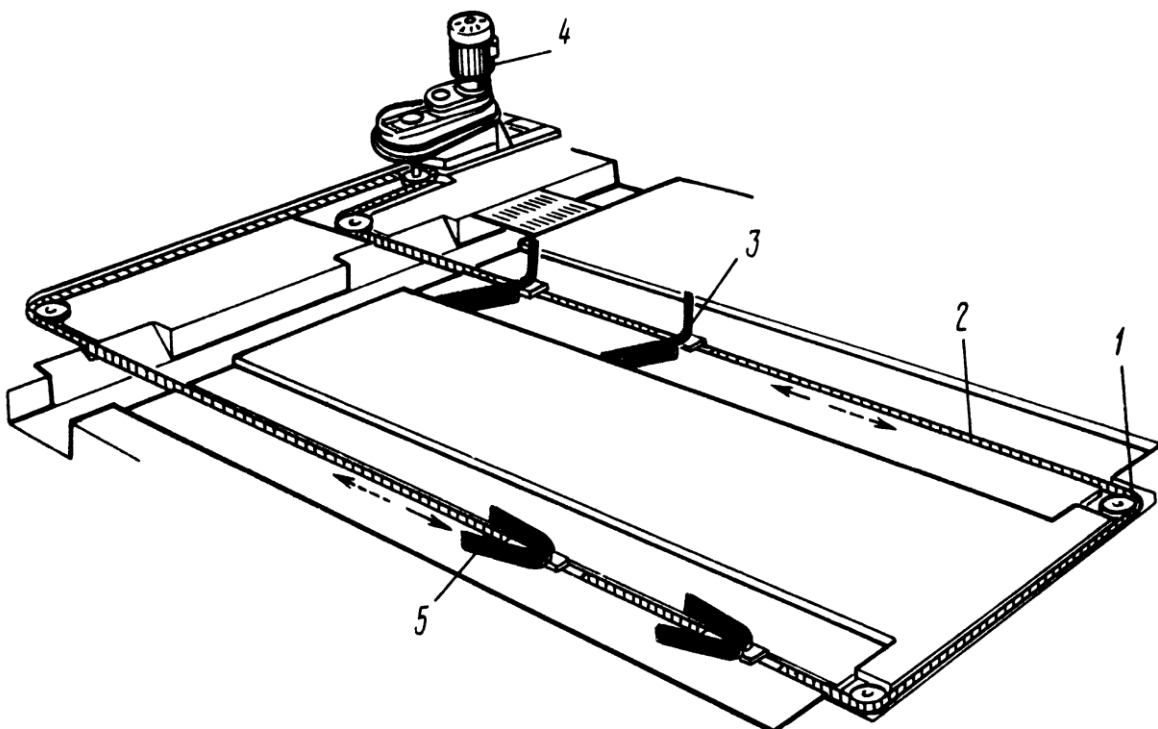


Рис. 1.1 - Функціонально – технологічна схема скреперної установки типу УС-15: 1 – поворотний пристрій; 2 – ланцюговий; 3, 5 – скребки; 4 – мотор-редуктор привідного механізму.

Гнойові канали перекриті решітчастою підлогою. Скременти, вода через решітчасту підлогу попадає в гнойові канали, де при допомозі скребоків, які рухаються в повторно - поступальному русі, гній транспортується до середини стійлового приміщення.

Поперек приміщення розміщений гнойовий канал, в який скидається гній. Цей канал знаходиться нижче повздовжніх каналів. В цьому каналі знаходиться транспортер УС-10, який транспортує гній з стійлового приміщення на поперечний транспортер КНП-10.

Транспортер КНП-10 переміщає гній з транспортерів УС-10 у завантажувальну лійку установки УТН-10, яка у свою чергу переміщає гній по гноєпроводу в закрите гноєсховище.

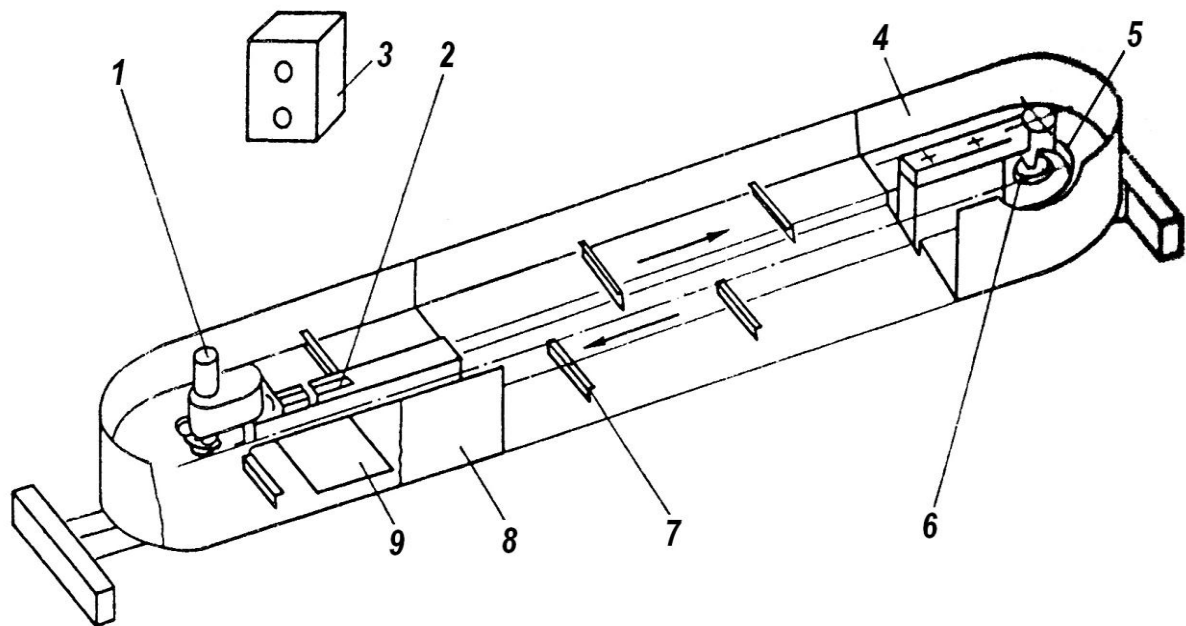


Рисунок 1.2 - Функціонально – технологічна схема транспортера КНП-10:
1 – електродвигун з редуктором; 2 – натяжний пристрій; 3 – кнопка керування;
4 – поворотна секція; 5 – протискідний пристрій; 6 – поворотна зірочка; 7 – ланцюг з скребками; 8 – приводна секція; 9 – вікно скидання гною.

Ланцюг транспортера круглоланковий розміром 16x80 мм, уніфікований з ланцюгом транспортера ТСН-160 [15].

Таблиця 1.3 Технічна характеристика скреперної установки КНП-10

Найменування	Технічні характеристики
Тип	стаціонарна, ланцюгова,
Масова подача, т/ год.	до 10
Встановлена потужність електродвигуна, кВт	4,0
Глибина гнойового каналу, м	0,5
Ширина гнойового каналу, м	1,0
Довжина контуру, м	до 160

1.4 Розробка технології та вибір технологічного обладнання для транспортування гною в гноєсховище

Розробка функціонально технологічної схеми УТН-10

Установка для транспортування гною УТН-10 призначена для транспортування рідкого, напіврідкого і твердого і рідкого вологістю не менше 78% по трубопроводу сховано в землі від тваринницьких приміщень в гноєсховище.

Розглянемо технологічний процес транспортування гною установкою для транспортування гною УТН-10.

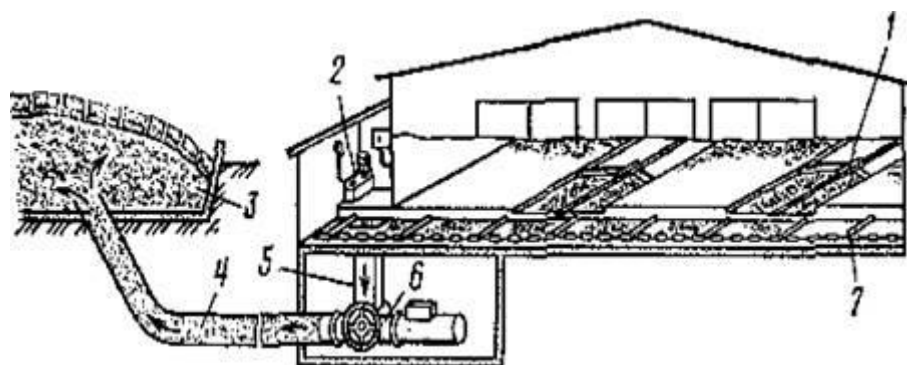


Рис. 1.3 - Функціонально технологічна схема установки УТН-10

1- установка УС-10; 2 - гідроприводна станція; 3 –гноєсховище;
4 - гноєпровід; 5 - завантажувальна лійка; 6 - поршневий насос;

7 - гноєзбиральний поперечний конвеєр КНП-10.

Гній, який видаляється з тваринницького приміщення стаціонарними гноєприбиральними установками, подається в завантажувальну лійку. Під дією сили тяжіння і вакууму, що створюється при русі поршня назад, гній з завантажувальної лійки надходить в робочу камеру корпусу. Нагнітальний канал гноєпроводу в цей час перекритий клапаном, а вікно завантажувальної лійки відкрито. Коли робоча камера буде заповнена засувка закриває вікно завантажувальної лійки і відкриває нагнітальний канал гноєпроводу. Поршень насоса, здійснюючи робочий хід, виштовхує гній з робочого циліндра по гноєпроводу в гноєсховище, заповнюючи його знизу, за один хід поршня в гноєсховище подається 55-75 кг гною, тривалість одного циклу близько 26 с, хід поршня 630 мм, діаметр циліндра 395мм [15].

Таблиця 1.4 Технічна характеристика установки УТН-10

Найменування	Технічні характеристики
Продуктивність, т/год.	7...10
Споживана потужність, кВт	15
Повний напір гноєпроводу, МПа	1,4
Відстань транспортування гною, м	до 100
Діаметр гноєпроводу, мм	315...426
Діаметр поршня, мм	395
Хід поршня, мм	630
Час одного циклу, с	26
Робочий об'єм циліндра, л	77
Кількість обслуговуючий тварин, гол.	200...600
Маса (без гноєпроводу), кг	2150
Відстань транспортування гною, м	до 100

Будова установки для транспортування гною УТН-10

Насос складається з поршня 4, чавунного корпусу 8, двох гідроциліндрів 5, приводу поршня. Поршень 4 ущільнений в корпусі двома манжетами двосторонньої дії. У корпусі встановлений всмоктувально-нагнітальний клапан 3. У корпусі встановлений всмоктувально-нагнітальний клапан 3.

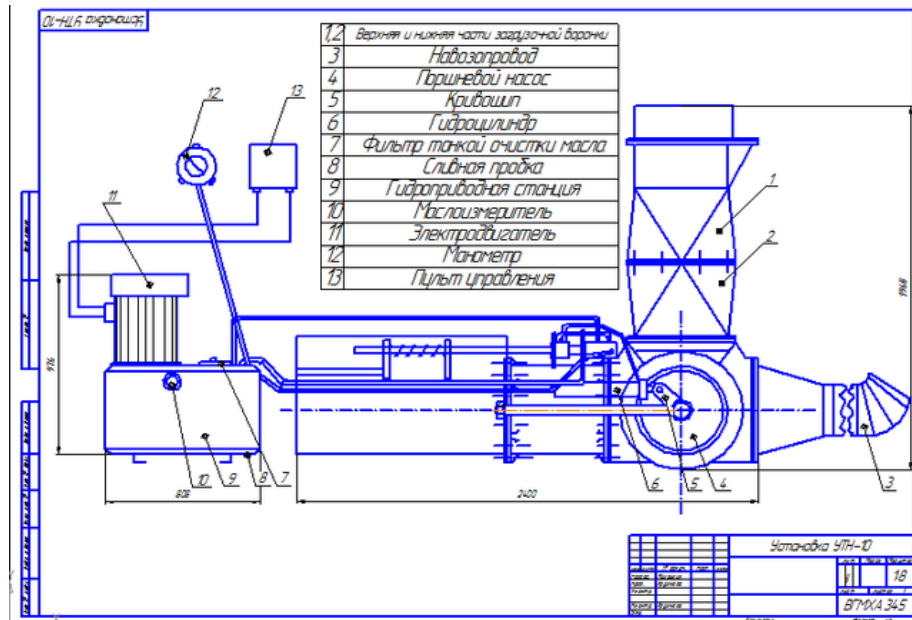


Рис. 1.4 - Будова установки для транспортування гною УТН-10

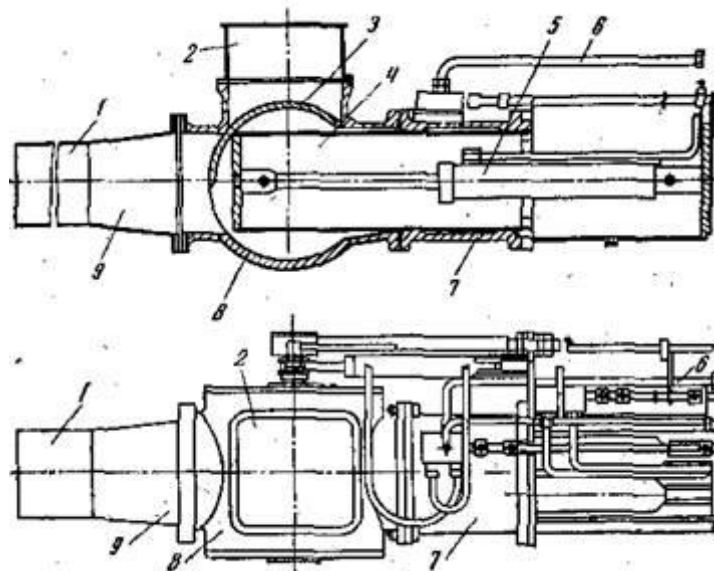


Рис. 1.5 - Вид зверху і вид з боку установки УТН-10:

1 - гноєпровод; 2 – завантажувальна лійка; 3 - клапан; 4 - поршень; 5 – гідроциліндр; 6 - маслопровід; 7 - перехідник направляючий; 8 - корпус насоса; 9 - конус.

Висновки по першому розділу

Досліджено та проаналізовано типові технологічні процеси, обладнання та їх характеристики для прибирання та транспортування гною з корівників безпiv'язного утриманням корів.

Для проведення модернізації електроприводів технологічного обладнання було проведено вибір технології та технологічного обладнання для прибирання гною, розроблені функціонально-технологічні схеми гноеприбирання та транспортування гною з стійлових приміщень корівників в закриті гноєсховище.

Це дасть можливість виконати розрахунок потужності і вибір електродвигунів а також розробити схеми модернізації електроприводів та виконати розрахунки та вибір електричних апаратів принципівих схем.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ І ВИБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

2.1 Технологічний розрахунок добового вииходу гною

Вихід гною з одного стійлового приміщення корівника визначаємо за формулою

$$G_{доб.} = q \cdot m, \quad (2.1)$$

де q - добовий вихід гною від однієї корови, кг/добу;

m - кількість корів у стійловому приміщенні корівника, 100 гол;

$$q = q_k + q_c + q_v, \quad (2.2)$$

де – q_k , q_c , q_v – згідно вихід кала, сечі, витрати води і підстилки в розрахунку на одну тварину за добу, кг/добу.

Таблиця 2.1 Виходу гною за добу від однієї корови, кг/добу.

	Кал	Сеча	Вода
Корови	30	18	1...2

Визначаємо добовий вихід гною від однієї корови

$$q = 30 + 18 + 2 = 50 \text{ кг/добу}$$

Добовий вихід гною з одного стійловрго приміщення корівника

$$G_{доб.} = 50 \cdot 100 = 5000 \text{ кг}$$

Проводимо розрахунок кількості прибирання гною за один раз використовуючи формулу

$$Q_{роз} = G_{доб.} \cdot \alpha / K,$$

де α – коефіцієнт, який враховує нерівномірність разової кількості гною (приймаємо $\alpha = 1,1$);

K – кратність разів видалення гною за добу ($K=3$).

$$Q_{\text{роз}} = 5000 \cdot 1,1 / 6 = 917 \text{ кг.}$$

2.2 Перевірковий розрахунок електродвигуна установки УС-15

Згідно вихідних даних та електротехнічних характеристик вибраного технологічного обладнання проводжу перевірковий розрахунок потужності електродвигунів для даних умов експлуатації скреперної установки типу УС-15 за формулою [17]:

$$P = 9,81 K_1 Q (h + K_2 L) / 1000 \eta, \quad (2.3)$$

Визначаємо масову подачу

Час роботи транспортера 45 хв. переводимо в секунди тобто

$$T = 45 \cdot 60 = 2700 \text{ сек.}$$

$$Q = Q_{\text{роз}} / T$$

$$Q = 917 / 2700 = 0,34 \text{ кг/с}$$

де Q – масова подача, $\text{кг/с} = 0,34$);

h – висота транспортування, м ($h = 0$);

L – довжина транспортера, м = 170;

η – к.к.д. транспортера з трансмісією ($\eta = 0,4$)

K_1 - коефіцієнт завищення потужності для забезпечення пуску ($K_1=1,8$);

K_2 - коефіцієнт опору переміщення ($K_2=1,35$)..

$$P = 9,81 \cdot 1,8 \cdot 0,34 (0 + 1,35 \cdot 170) / 1000 \cdot 0,4 = 2,3 \text{ кВт.}$$

Перевірковий розрахунок комплектного електродвигуна потужністю 1,1 кВт установки УС-15 не задовольнить умови експлуатації.

Тому згідно проведених розрахунків за [15] вибираю електродвигун, який має наступні електротехнічні характеристики: тип АИР 112 МА,
 $P_n = 3 \text{ кВт}$, $n = 950 \text{ хв}^{-1}$, $I_n = 7,1 \text{ А}$, $K_i = 6$, к.к.д. = 0,81, $\cos\phi = 0,76$.

2.2 Перевірковий розрахунок електродвигуна установки УС-10

Згідно вихідних даних та електротехнічних характеристик вибраного технологічного обладнання проводжу перевірковий розрахунок потужності електродвигунів для даних умов експлуатації за формулою (2.3).

Методика та розрахунки приведені в додатку Б.

Згідно проведених розрахунків за вибираю електродвигун, який має наступні електротехнічні характеристики: тип АІР 112 МА, $P_H = 3$ кВт, $n = 950$ хв⁻¹, $I_H = 7,1$ А, $K_i = 6$, к. к. д. = 0,81, $\cos\phi = 0,76$ відповідають характеристикам комплектного електродвигуна транспортера УС-10.

Вибір електродвигуна до поперечного транспортера КНП-10 призначеного для переміщення гною вибираю аналогічно з наступними електротехнічними характеристиками: тип АІР 112МВ6; $P_H = 4,0$ кВт; $n_H = 950$ об / хв; $I_H = 9,2$ А; $K_i = 6$; К.К.Д = 0,82; $\cos\phi = 0,81$ які відповідають характеристикам комплектного електродвигуна.

2.3 Перевірковий розрахунок електродвигуна установки УТН-10

Розрахунок і побудова механічної характеристики установки.

Визначення режиму роботи електродвигуна

Згідно проведених досліджень та аналізу технологій та технологічного обладнання для робочої машини УТН -10 повинна мати наступні потужності:

$$P_{M1} = 0,9 \text{ кВт}, P_{M2} = 1 \text{ кВт}, P_{M3} = 0,9 \text{ кВт}.$$

$$\text{Час роботи} - t_1 = 4 \text{ хв}, t_2 = 6 \text{ хв}, t_3 = 4 \text{ хв}.$$

$$\text{Частота обертання вала машини} - \omega_M = 6 \text{ с}^{-1}.$$

Визначаємо середню споживана потужність машини чи механізму ($P_{\text{ср. м}}$), Вт:

$$P_{\text{ср. м}} = (P_{M1} \cdot t_1 + P_{M2} \cdot t_2 + P_{M3} \cdot t_3) / (t_1 + t_2 + t_3) \quad (2.4)$$

$$P_{\text{ср. м}} = (900 \cdot 4 + 1000 \cdot 6 + 900 \cdot 4) / (4 + 6 + 4) = 943 \text{ Вт}.$$

Номінальний момент статичного опору робочої машини

$M_{с.н.}$ становитиме:

$$M_{с.н.} = P_{ср. м} / \omega_M, \quad (2.5)$$

де ω_M – номінальна кутова швидкість приводного вала машини, $\omega_M = 76 \text{ с}^{-1}$

$$M_{с.н.} = 943 / 6 = 157 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Визначаємо момент опору тертя M_0 в рухомих частинах машини, який не залежить від швидкості ω , по формулі:

$$M_0 = k \cdot M_{с.н.}, \quad (2.6)$$

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

Приймаємо $k = 0,5$

$$M_0 = 0,5 \cdot 157 = 78,5 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Механічна характеристика робочих машин описується за такою емпіричною формулою:

$$M_c = M_0 + (M_{с.н.} - M_0) \cdot (\omega / \omega_M)^x \quad (2.7)$$

Розрахунок і побудова механічної характеристики установки.

Визначення режиму роботи електродвигуна

Визначаємо середню споживана потужність машини чи механізму ($P_{ср. м}$), Вт:

$$P_{ср. м} = (P_{M1} \cdot t_1 + P_{M2} \cdot t_2 + P_{M3} \cdot t_3) / (t_1 + t_2 + t_3) \quad (2.8)$$

$$P_{ср. м} = (900 \cdot 4 + 1000 \cdot 6 + 900 \cdot 4) / (4 + 6 + 4) = 943 \text{ Вт}.$$

Номінальний момент статичного опору робочої машини $M_{с.н.}$ становитиме:

$$M_{с.н.} = P_{ср. м} / \omega_m \quad (2.9)$$

де ω_m – номінальна кутова швидкість приводного вала машини, $\omega_m = 6 \text{ с}^{-1}$

$$M_{с.н.} = 943 / 6 = 157 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Визначаємо момент опору тертя M_o в рухомих частинах машини, який не залежить від швидкості ω , по формулі:

$$M_o = k \cdot M_{с.н.}, \quad (2.10)$$

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

Приймаємо $k = 0,5$ [8, с.13]

$$M_o = 0,5 \cdot 157 = 78,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Механічна характеристика робочих машин описується за такою емпіричною формулою:

$$M_c = M_o + (M_{с.н.} - M_o) \cdot (\omega / \omega_m)^x \quad (2.11)$$

У відповідності до завдання будемо навантажувальну діаграму робочої машини рис. 2.1, прийнявши масштаби $m_p = 1 \text{ кВт/см}$; $m_t = 2 \text{ хв/см}$

За максимальну потужність робочої машини приймаємо найбільше значення за навантажувальною діаграмою $P = 1 \text{ кВт}$.

Для електродвигунів такої потужності постійна часу нагрівання становитиме $T = 15 \dots 20 \text{ хв}$.

Визначення режиму роботи електродвигуна



З графіка навантажувальної діаграми (рис. 4) видно, що час роботи, хв:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 \quad (2.12)$$

$$t_p = 4 + 6 + 4 = 14 \text{ хв.}$$

При цьому $t_p < 4T$; $14 < 4 \cdot 15 = 60$ хв. За час роботи 14 хвилин електродвигун не встигає нагрітися до встановленої температури. Такий режим роботи називається короточасним і згідно з ГОСТ 183-73 позначається S2.

2. 4 Розрахунок потужності і вибір електродвигуна

Для правильного вибору електродвигунів до приводу робочих машин потрібно порівняти параметри навколишнього середовища та конкретні умови

роботи двигуна з його технічними даними з метою забезпечення надійної роботи електроприводи протягом установленого часу.

Вибір електродвигунів провою згідно потужностей, моментів, які виникають на валу машини під час роботи.

Для робочої машини УТН – 10 як показано вище маємо наступні потужності:

$$P_{M1} = 0,9 \text{ кВт}, P_{M2} = 1 \text{ кВт}, P_{M3} = 0,9 \text{ кВт}.$$

$$\text{Час роботи} - t_1 = 4 \text{ хв}, t_2 = 6 \text{ хв}, t_3 = 4 \text{ хв}.$$

$$\text{Частота обертання вала машини} - \omega_M = 6 \text{ с}^{-1}.$$

Визначаю еквівалентні потужності машини та електродвигуна

Еквівалентна потужність машини за робочий період

$$P_{E.M} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + P_3^2 t_3}{t_1 + t_2 + t_3}} \quad (2.13)$$

$$P_{E.M} = \sqrt{\frac{900^2 \cdot 4 + 1000^2 \cdot 6 + 900^2 \cdot 4}{4 + 6 + 4}} = 944 \text{ Вт}$$

Еквівалентна потужність двигуна на валу

$$P_E = P_{E.M} / \eta_{\Pi}, \quad (2.14)$$

де η_{Π} – коефіцієнт корисної дії передачі (приймаю 0,8)

$$P_E = 944 / 0,8 = 1180 \text{ Вт}.$$

Вибираю електродвигун за умовою $P_{H.d} \geq P_E$, тобто $P_{H.d} \geq 1180 \text{ Вт}$.

За каталогом вибираю електродвигун типу АІР100L8У3 який має

$$P_H = 1,5 \text{ кВт}; I_H = 6,2 \text{ А}, n_H = 710 \text{ об / хв}, (\omega_{H.dv} = 74,3 \text{ с}^{-1}), K_i = 5,5$$

$$K_{\min} = 1,2; K_{\max} = 1,7; \cos \varphi_{\text{ном}} = 0,73; \text{ккд} = 76 \%; U_H = 380 \text{ В}.$$

Перевірка вибраного електродвигуна на перевантажувальну здатність

Згідно характеристик вибраного електродвигуна перевіряємо пускові та перевантажувальні властивості електродвигуна.

Припустимо, що електродвигун запускають при найбільшому завантаженню

$$M_{\text{макс.}} = M_2 = P_2 / \omega_{\text{н. дв}} \quad (2.15)$$

$$M_{\text{макс.}} = 1000 / 74,3 \text{ с}^{-1} = 13,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Перевіряємо електродвигун на перевантажувальну здатність

$$M_{\text{н(пер)}} = M_{\text{макс.}} / K_{\text{доп.}}, \quad (2.16)$$

де $K_{\text{доп.}}$ - коефіцієнт допустимого перевантаження, $K_{\text{доп.}} = 0,75 \cdot K_{\text{мах.}}$

Тоді

$$M_{\text{н(пер)}} = 13,5 / 0,75 \cdot 1,7 = 10,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Номинальний момент двигуна

$$M_{\text{н}} = P_{\text{н}} / \omega_{\text{н}} \quad (2.17)$$

$$M_{\text{н}} = 1500 / 74,3 = 20,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Як видно з розрахунків $M_{\text{н}} > M_{\text{н(пер)}}$; $20,2 > 10,6$ умова виконується.

Перевіряємо електродвигун за умовами пуску із врахуванням зниження напруги в мережі

$$M_{\text{н.(пуск)}} = \frac{1,25 \cdot M_{\text{макс.}}}{K_{\text{мін}} \cdot U^2}, \quad (2.18)$$

де K_{\min} – каталожне значення кратності мінімального моменту двигуна
 U – напруга мережі під час пуску двигуна у відносних одиницях, $U=0,925$

$$M_{н.(пуск)} = \frac{1,25 \cdot 13,5}{1,2 \cdot 0,9^2} = 17,4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Як видно з розрахунків вибраний електродвигун пуск забезпечить пуск електродвигуна так як $M_{н} > M_{н.(пуск)}$; $20,2 > 17,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Визначення повної, активної і реактивної потужності, споживаної електродвигуном з електричної мережі.

Активну потужність, споживану електродвигуном з електричної мережі, визначають за формулою:

$$P_{м.ном} = \frac{P_{ном} \cdot K_3}{\eta_{д.ном}} \quad (2.19)$$

де: $P_{ном}$ – номінальна потужність електродвигуна, ($P_{ном} = 1,5 \text{ кВт}$)

K_3 – коефіцієнт завантаження ($K_3 = 0,6$) ;

$\eta_{д.ном}$ - номінальне значення ккд електродвигуна ($\eta_{д.ном} = 0,76$) .

$\cos \varphi_{ном} = 0,73$.

$$P_{м.ном} = \frac{1,5 \cdot 0,6}{0,76} = 1,18 \text{ кВт}.$$

Реактивну потужність, споживану електродвигуном, визначають за формулою:

$$Q_{ном} = P_{м.ном} \cdot \text{tg} \varphi_{ном}, \quad (2.20)$$

детг $\varphi_{ном}$ – тангенс кута ($\text{tg} \varphi_{ном} = 0,93$) при номінальному значенні

$\cos \varphi_{ном} = 0,73$.

$$Q_{ном} = 1,18 \cdot 0,93 = 1,1 \text{кВар.}$$

Повну потужність , кВ·А, визначаємо за формулою

$$S_{\partial.ном} = \sqrt{P_{м.ном}^2 + Q_{ном}^2} \quad (2.22)$$

$$S_{\partial.ном} = \sqrt{1,18^2 + 1,1^2} = 1,58 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Висновки по другому розділу

Проведено розрахунки електродвигунів установок УС-15 і УС-10. Результати розрахунків показують, що розрахункові потужності електродвигунів відповідають потужностям комплектним електродвигунам але враховуючи тривалі терміни їх експлуатації їх замінено на нові з кращими електротехнічними характеристиками.

Як приклад більш детально було проведено розрахунок електродвигуна установки УТН-10.

Виконано розрахунок і побудова механічної характеристики робочої машини, режиму роботи електродвигуна, побудована навантажувальна діаграма робочої машини.

Згідно проведених досліджень та аналізу технологій та технологічного обладнання для робочої машини УТН -10 яка має наступні потужності:

$$P_{м1} = 0,9 \text{ кВт}, P_{м2} = 1 \text{ кВт}, P_{м3} = 0,9 \text{ кВт.}$$

$$\text{Час роботи} - t_1 = 4 \text{ хв}, t_2 = 6 \text{ хв}, t_3 = 4 \text{ хв.}$$

$$\text{Частота обертання вала машини} - \omega_M = 6 \text{ с}^{-1}$$

Проведено розрахунок потужності і вибір електродвигуна а також перевірка вибраного електродвигуна на перевантажувальну здатність, визначення повної, активної і реактивної потужності, споживаної електродвигуном з електричної мережі.

Результати досліджень і розрахунків показали, що вибрані електродвигуни можуть використовуватися в гноєприбиральних установках після модернізації електроприводів.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВИХ СХЕМ УПРАВЛІННЯ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ГНОЄПРИБИРАЛЬНИХ УСТАНОВОК

3.1 Модернізація електроприводів гноєприбиральних установок

До модернізації керування гноєприбиральними установками УС-15, УС-10, здійснювалося на основі схем ящиків керування типу Я5405 і приводними станціями з кінцевими контактними вимикачами, які забезпечують реверсивний рух робочих органів скреперних установок.

Дослідження та статистичний аналіз відмов роботи гноєприбиральних установок виникає за рахунок відмови, поломки, наповнення кінцевих вимикачів пилом, брудом, що негативно впливає на їх контакти.

Застосування безконтактних вимикачів на скреперних установках обумовлено тим, що звичайні механічні шляхові контактні вимикачі на установках для прибирання гною працюють ненадійно, враховуючи хімічно-активне середовище тваринницького приміщення.

Тому пропоную провести модернізацію електроприводів і разом з заміною електродвигунів провести заміну кінцевих контактних вимикачів встановити блок з безконтактними вимикачами і відповідно розробити принципові схеми керування гноєприбиральними установками

Блок безконтактних вимикачів встановлюється на корпусі редуктора скреперної установки. Керування безконтактними вимикачами здійснюється за допомогою валика, на верхньому кінці якого розміщені три пластини з алюмінію, а на нижньому кінці встановлений важіль, на який діють упори, закріплені на ланцюгу транспортера [15].

Електрична принципова схема безконтактного перемикача типу КВД зображена на рис. 3.1. Вона складається з генератора та релейного підсилювача на транзисторах.

При введенні в щіліну між котушками базової L2 та колекторної L3 обмоток металеві пластинки відбувається зменшення коефіцієнта зворотнього зв'язку генератора, яке викликає зрив генерації.

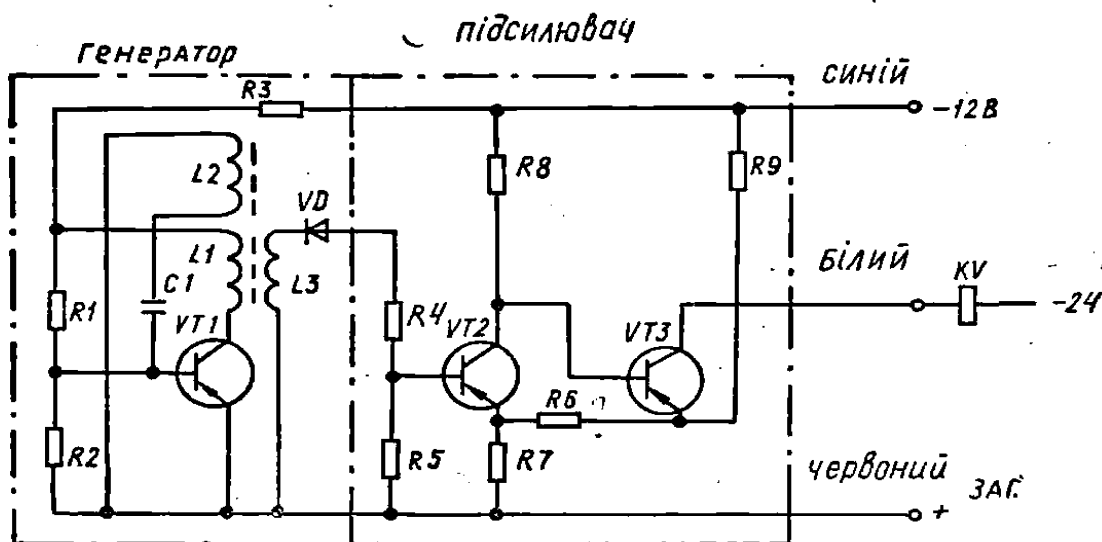


Рисунок 3.1 - Принципіальна електрична схема безконтактного кінцевого перемикача.

Нормально закритий вихідний транзистор відкривається, що обумовлює спрацювання реле KV ввімкнене в коло колектора вихідного транзистора VT3, яке своїми контактами в колах котушок пускачів забезпечують реверсивну роботу електропривода

3.1.1 Розробка принципової електричної схеми установки

УС – 15 та опис її роботи.

Згідно розробленої функціональної схеми розробляю принципову схему.

Схема керування скреперною установкою УС – 15 має ручне і автоматичне керування, яке задається вимикачем SA. Коли вимикача SA вимкнений, то здійснюється ручний режим, а коли замкнений – автоматичний режим роботи установки.

В ручному режимі керування електродвигуном установки здійснюється за допомогою пускових кнопок SB2 або SB3, а вимикання за допомогою кнопки SB1 [15].

Опис роботи схеми в автоматичному режимі наводиться в додатку В.

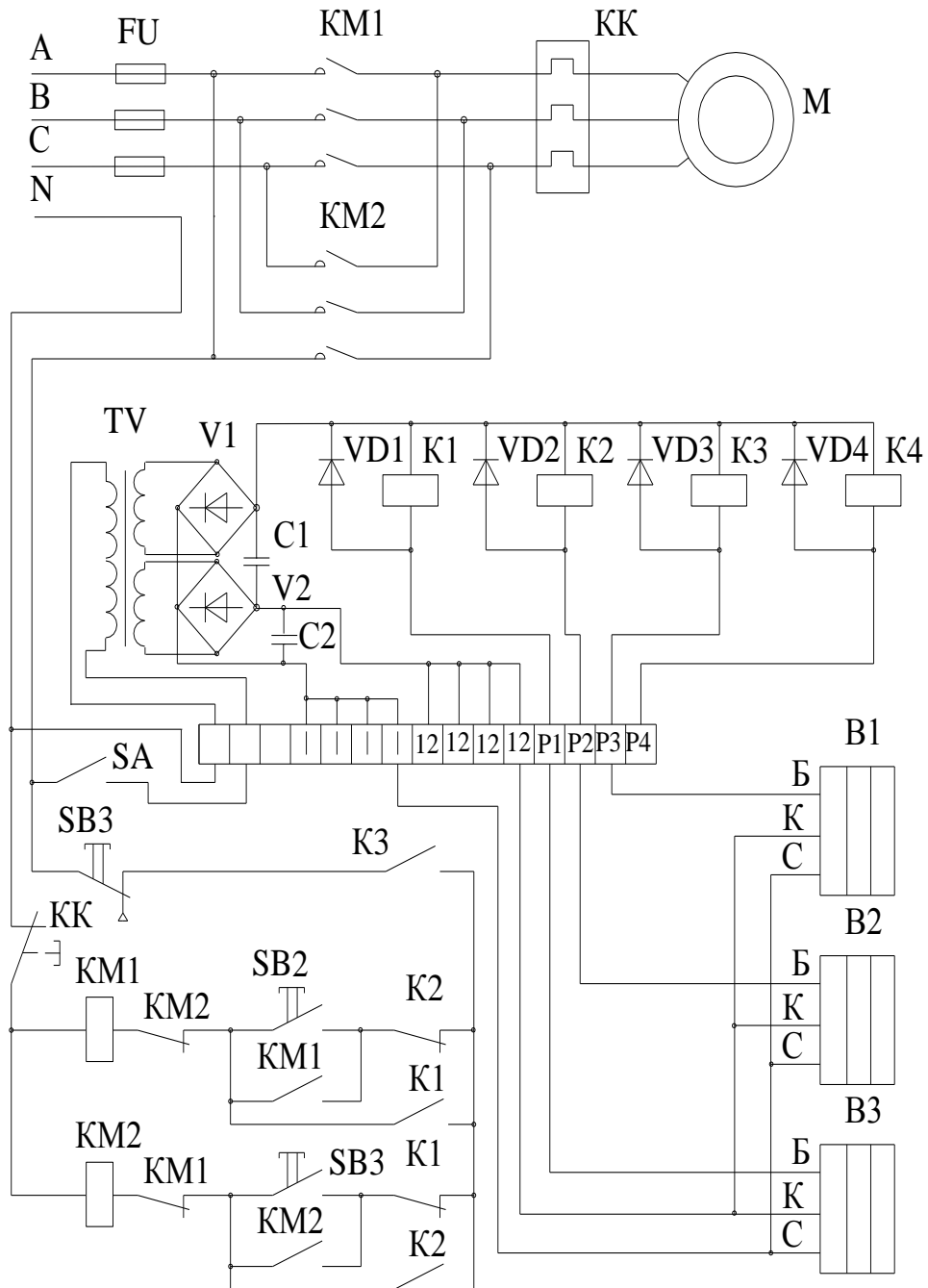


Рисунок 3.2 - Електрична принципова схема керування скреперною установкою УС-15.

3.1.2 Розрахунок і вибір електричних апаратів електричної схеми.

Згідно розробленої принципової електричної схеми проводжу розрахунок та вибір технічних засобів автоматизації. Вибрані технологічні засоби автоматизації згідно розробленої принципової електричної схеми зводяться в перелік елементів схеми – специфікацію.

Розроблена схема буде використовуватись для кожного із гноєприбиральних транспортерів. Схема приведена на рис. 3.2, призначена для установки скреперної УС – 10, яка транспортує гній з стійлового примыщення.

При виборі електромагнітних пускачів вибрані додатково приставки ПКЛ-2204 контакти, яких забезпечують послідовність (блокування) роботи УС-15 і УС – 10 згідно технологічної схеми гноєприбирання.

Вибрані технологічні засоби автоматизації згідно розробленої принципової електричної схеми зводяться в перелік елементів схеми – специфікацію табл.3.1.

Таблиця 3.1. Специфікація апаратів розробленої принципової схеми.

Поз. поз-начення	Найменування	Кіл.	Примітка
B1...B3	Вимикач безконтактний КВД-6-12	3	$U_H = 12 \text{ В}$
C1 C2	Конденсатор КБГ	2	$U_H = 220 \text{ В}$
K1... K 4	Реле електромагнітне РЭН – 18	4	$U_{\text{КАТ}} = 24 \text{ В}$
KK	Теплове реле РТЛ-101204	1	$I_{\text{РЕГ}} = 5,5...8 \text{ А}$
KM1, KM2	Ел. магнітний пускач ПМЛ-160004	1	$U_H = 220 \text{ В}$
M	Електродвигун АИР112МА6	1	$P_H = 3 \text{ кВт.}$
QF	Автоматичний вимикач ВА47-29 4P 10A	1	$I_H = 10 \text{ А}$
SA	Перемикач ПТ1	1	$I_H = 10 \text{ А}$
SB1	Кнопка керування ВК14-21 “Стоп”	1	Червона
SB2, SB3	Кнопка керування ВК14-21 “Пуск”	2	Чорна
TV	Трансформатор ТСБ220/24/12 В	1	220/24/12 В
V1, V2	Випрямляч	2	- 12 / - 24 В

Для установки УС-10 принципова електрична схема опис її роботи, розрахунок і вибір електричних апаратів та елементів електричної схеми, розробка переліку елементів схеми аналогічні установці УС-15.

3.2.1 Розробка принципової електричної схеми поперечного транспортера КНП-10 та опис його роботи.

Згідно розглянутої технологічної схеми поперечний транспортер КНП-10 призначений для переміщення гною, що надходить від транспортерів УС-10 у завантажувальну лійку установки УТН-10 для транспортування гною у гноєсховище.

Робочими органами поперечного транспортера КНП-10 являється ланцюг з скребками які рухаються по колу в гнойовому каналі, переміщують гній в вікно скидання.

Розробляємо принципову електричну схему керування електродвигуном в неперевантаженому режимі роботи.

Згідно вибраного електродвигуна вибираємо трифазну систему живлення з напругою 380 В. Для вмикання, вимикання і захисту електродвигуна від перевантаження і струмів короткого замикання вибираю автоматичний вимикач QF, для вмикання і вимикання електродвигуна вибираю електромагнітний пускач з тепловим реле, яке захистить електродвигун від перевантаження.

Керування електромагнітним пускачем буде здійснюватися з двох місць при допомозі кнопок SB1, SB3, які встановлюються на дверях шафи керування і SB2,SB4 встановлюються в районі електродвигуна, що забезпечить керування з двох місць рис. 3.3.

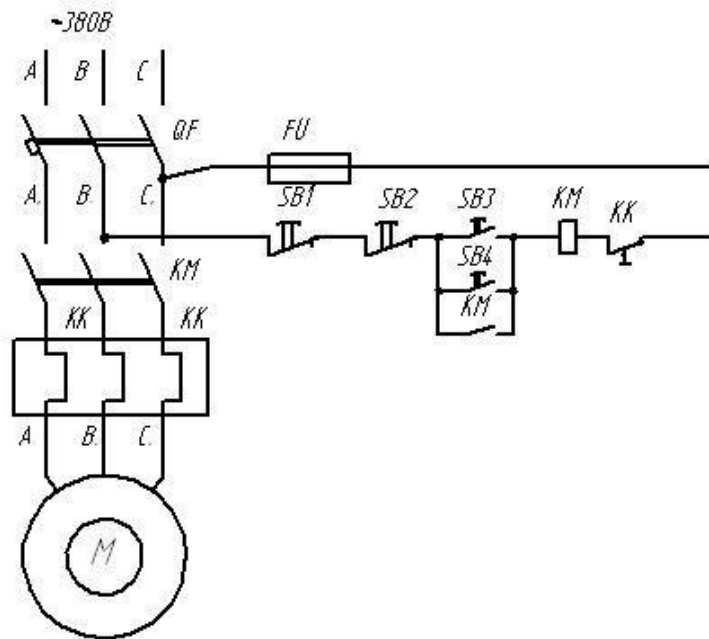


Рисунок 3.3 -Принципова електрична схема керування електродвигуном транспортера КНП-10

3.2.2 Розрахунок і вибір електричних апаратів схеми.

Згідно розробленої принципової електричної схемитранспортера КНП-10 проводжу розрахунок та вибір технічних засобів автоматизації.

Розрахунок електричних апаратів схеми і їх вибір наводиться в додатку В. Специфікація апаратів принципової схеми транспортера КНП-10 наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 Специфікація апаратів принципової схеми транспортера КНП-10

Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
КК	Теплове реле ТРН – 101204	1	$I_{PEГ} = 5,5 \dots 10 \text{ А}$
КМ	Ел. магнітний пускач ПМЕ – 112004	1	$U_H = 380 \text{ В}$
М	Електродвигун АИР 112МВ6	1	$P_H = 4 \text{ кВт.}$
QF	Автоматичний вимикач АЕ2020	1	$I_H = 12,5 \text{ А}$
SB1, SB3. SB2, SB4	Кнопковий пост ПКЕ-212-2У3	2	1р + 1з

3.3.1 Розробка принципової електричної схеми управління електроприводом установки УТН-10

Схема електрична принципова ящиків управління електроприводами установки УТН-10 наведена на рис. 3.4.

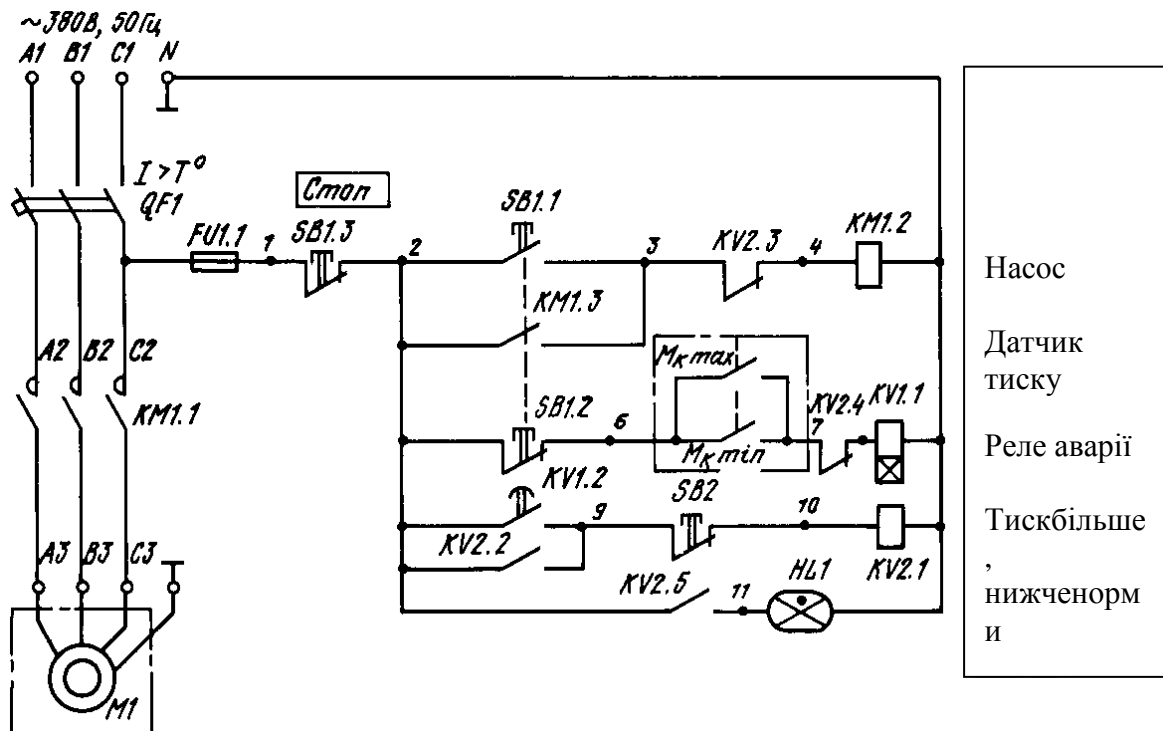


Рис. 3.4 -Схема електрична принципова ящика управління електроприводом установки УТН-10.

Включенням автоматичного вимикача QF1 подається напруга на електричну схему керування. Натисканням кнопки SB1.1 проводиться включення котушки магнітного пускача KM1.2, керуючого насосом. У разі недопустимого підвищення або зниження тиску масла в мастилопроводі замикаються контакти датчика рівня (Mк max або Mк min), відбувається включення котушки KV1.1 реле часу, яка контактом KV2.5 з витримкою часу відключає насос, а контактом KV2.5 включає сигнальну лампу HL1 [15].

Схема електрична принципова управління електроприводом установки УТН-10 монтується в ящику управління типу Я5602 і поставляється в комплекті з установкою для транспортування гною УТН-10.

Але при проведенні перевіркового розрахунку електродвигуна установки УТН-10 був вибраний відповідний електродвигун меншої потужності ніж

комплектний, тому потрібно виконати модернізацію електроприводу з заміною електродвигуна і апаратів керування і захисту.

За каталогом був вибраний електродвигун типу АІР100Л8У3 який має $P_H = 1,5$ кВт; $I_H = 6,2$ А, $n_H = 710$ об / хв., ($\omega_{н. дв.} = 74,3$ с⁻¹), $K_i = 5,5$ $K_{min.} = 1,2$; $K_{max.} = 1,7$; $\cos \varphi_{ном} = 0,73$; $\eta_{кд.} = 76$ %; $U_H = 380$ В.

3.3.2 Розрахунок і вибір апаратів керування і захисту до схеми.

Згідно принципової електричної схеми проводжу розрахунок та вибір електричних апаратів схеми УТН-10.

Розрахунок електричних апаратів схеми і їх вибір наводиться в додатку В.

Вибрані апарати керування і захисту до схеми з урахуванням опису роботи схеми, напруги живлення, кількості замикаючих та розмикаючих контактів і зwoжу в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3. Специфікація апаратів схеми керування

Поз. поз-начення	Найменування	Кіл.	Примітка
FU1.1	Запобіжник ПРС-6У3	1	Івст.=2 А
HL1	Сигнальна лампа AD22DS 220 В		Червона
KM1	Ел. магнітний пускач ПМЛ – 110004	1	$U_H = 220$ В
KV1.1	Реле часу LM694T=1-10 сек.	1	$U_H = 220$ В
KV2.1	Проміжне реле LY2N-J	1	$U_H = 220$ В
M1	Електродвигун АІР100Л8У3	1	$P_H = 1,5$ кВт
Mк	Датчик рівня масла .8DTI RENAULTMASTER 98-10	1	$U_H = 220$ В
QF1	Автоматичний вимикач ВА51-25-34 з	1	$I_{н.} = 8$ А.
SB1.1	Кнопка керування ВК14-21 “Пуск”	1	Чорна
SB1.2 SB1.3	Кнопка керування ВК14-21 “Стоп”	1	Червона
SB2	Кнопка керування ВК14-21 “Стоп”	1	Червона

Висновки по третьому розділу

Для модернізації електроприводів гноєприбиральних установок проведено розробку принципів схем управління.

В результаті розробок схем для модернізації електроприводів гноєприбиральних установок УС-15, УС-10 було проведено заміну кінцевих контактних вимикачів, які забезпечують реверсивний рух робочих органів скреперних установок на безконтактні вимикачі.

Також проведені розробки принципів електричних схем поперечного транспортера КНП-10 і установки УТН-10 описані принципи їх роботи, вибрані апарати схем, складені специфікації, що дасть можливість підвищити надійність роботи модернізованих електроприводів гноєприбиральних установок.

ВИСНОВКИ

Згідно завдання в кваліфікаційній роботі було виконано обґрунтування модернізації електроприводів гноєприбиральних установок для корівників.

Досліджено типові технологічні процеси та технологічні установки для прибирання гною. Проаналізовано та обґрунтовано доцільність реконструкцій тваринницьких ферм з комплексною електромеханізацією і автоматизацією технологічних процесів взявши за основу модернізацію електроприводів старого технологічного обладнання.

Проведено розробку технології, функціонально-технологічної схеми та вибір технологічного обладнання для прибирання гною.

Виконано перевірковий розрахунок електродвигунів установок УС-15, УС-10, УТН-10. Розроблені принципові схеми управління для модернізації електроприводів гноєприбиральних установок. Проведено розрахунок і вибір апаратів керування і захисту до схеми.

Розробка принципів електричних схем електроприводів дає можливість створення потокової лінії гноєприбирання.

Таким чином модернізовані електроприводи гноєприбиральних установок збільшать ефективність їх роботи, підвищать продуктивність їх роботи, покращать екологічний стан навколишнього середовища за рахунок впровадження закритих гноєприбиральних установок з транспортуванням гною в закриті гноєсховища об'єднавши їх в потокову лінію.

Література

1. Бородин И. Ф. Автоматизация технологических процессов / И. Ф. Бородин, Н. М. Недилько. – М.: Агропромиздат, 1986. – 368 с.
2. Бородин И. Ф. Автоматизация технологических процессов / И. Ф. Бородин, Ю. А. Судник. – М.: Колос, 2004. – 344 с.
3. 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.
4. Гончар В. Ф. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок : навч. посіб. / В. Ф. Гончар, Л. П. Тищенко. – К. : Вища школа, 1989. – 343 с.
5. Електропривод : підруч. / Ю. М. Лавріненко, О. С. Марченко, П. І. Савченко та ін.; за ред. Ю. М. Лавріненка. -- К.: „Ліра-К”, 2009. – 504 с.
6. Електропривід : підруч. / О. С. Марченко, Ю. М. Лавріненко, П. І. Савченко, Є. Л. Жулай; за ред. О. С. Марченка. – К.: Урожай, 1995. – 208с.
7. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній : підруч. / Є. Л. Жулай, Б. В. Зайцев, Ю. М. Лавріненко та ін. ; за ред. Є. Л. Жулая. – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.
8. Закон України "Про електроенергетику" // Відомості Верховної Ради України, 1998. №1.
9. И.Л. Каганов. Курсовое и дипломное проектирование. – М.; «Агропромиздат», 1990. – 351 с.
- 10.Каганов И.Л. Курсовое и дипломное проектирование. – М.: Агропромиздат, 1990. — 35 с.
11. Кирилович Д. І., Зайцев Ю. С., Прядко В. А. Напрямки удосконалення інноваційних технологій при органічному виробництві. *Органічне агровиробництво: освіта і наука: зб. матеріалів доп. учасн. VI Міжнар.*

наук. наук.-практ. конф. Київ: НМЦ Освіта і наука, 2021.
nmc.vfpo@ukr.net.

12. Кирилович Д. І. Зайцев Ю. С., Прядко В. А. Дослідження та аналіз можливостей підвищення надійності роботи електроприводів в сільськогосподарському виробництві. *Студентські читання*: зб. матеріалів доп. учасн. наук.-практ. конф. Житомир: Поліський Н У, 2021р. С. 41–44.
13. Кирилович Д. І. Дослідження та аналіз можливостей модернізації електроприводів транспортерів. *Студентські читання*: зб. матеріалів доп. учасн. наук.-практ. конф. Житомир: Поліський Н У, 2021р. С. 44–46.
14. Мартыненко И. И. Автоматика и автоматизация производственных процессов / Мартыненко И. И., Головинский Б. Л., Проценко Р. Д. - М.: Агропромиздат, 1985. – 335 с.
15. Марченко І.І., Дацішин О. В., Лавріненко Ю. М., Лут М. Т. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві. – К.: Урожай, 1995–416 с.
16. Москаленко В.В. Электрический привод: ученик. В В. Москаленко. – М.: Высшая школа, 2001. – 596с.
17. Практикум з електропривода. В.С. Олійник, О.С. Марченко, Є. Л. Жулай та ін.; – К.: Урожай, 1995. – 192 с.
18. Практикум по електроприводу в сільском хозяйстве / Савченко П. И., Гаврилюк И. А., Земляной И. Н. и др. – М.: Колос, 1996. – 224 с.
19. Практикум з електроприводу і електрообладнання; уклад.: Ю. М. Лавріненко, О. Ю. Синявський, П. В. Олійник. - К. : Видав, центр НУБіП, 2008. – 78 с.
20. Чиликин М. Г. Общий курс электропривода / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с.

