

План:

1. Способи живлення електроприводів мобільних машин;
2. Класифікація електромобільних машин;
3. Електромобільні машини у рільництві;
4. Електромобільні машини у тваринництві;
5. Визначення потужності і типу електродвигунів для привода мобільних кормороздавачів;

1. Способи живлення електроприводів мобільних машин

Порівняно з тепловими двигунами електропривод мобільних машин має ряд суттєвих переваг: значно спрощується кінематична схема агрегатів і автоматизація виробничих процесів, підвищується їх продуктивність, надійність і культура виробництва, практично відсутні шкідливі викиди в атмосферу. Найскладнішою при цьому є проблема живлення.

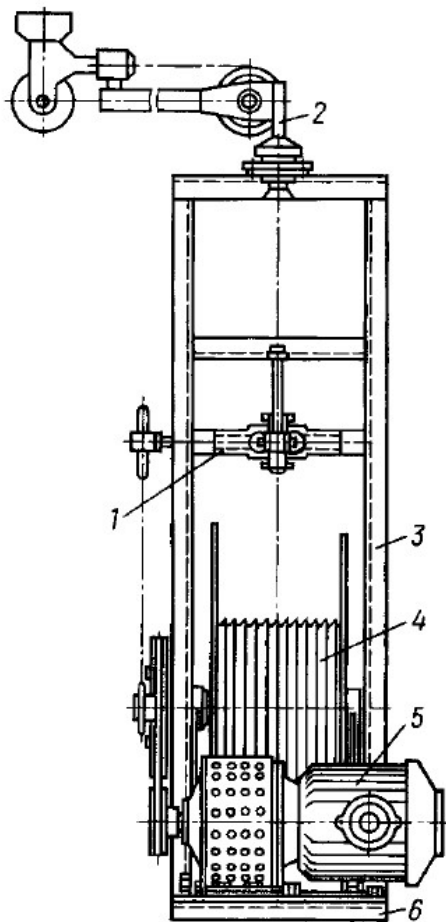
Електроприводи мобільних машин одержують електроенергію від джерел різними способами:

кабельним,	від паливних елементів,
тролейним,	комбіновано, наприклад:
від акумуляторів,	кабельно-акумуляторним,
через електричну трансмісію,	тролейно-акумуляторним.

Кабельний спосіб найбільш розповсюджений у реалізованих конструкціях електрифікованих машин та агрегатів. Електроприводи одержують енергію від мережі або трансформатора по гнучкому кабелю. Для складання і розмотування кабелю застосовують кабельні барабани, кабельно-поліспастові пристрої, кабельштори та кабель-лотки. У деяких випадках, наприклад, у машинах для післязбиральної обробки зерна, кабель розстеляють по землі.

Кабельно-барабанний пристрій складається з барабана 4 (рис. 9.1) з кабелем, електрогідропривода 5 з електродвигуном і гідромурфтою, стояка 3, поворотної

штанги 2 з напрямними роликками і кабелеукладального механізму 1. Пристрій встановлюється на рамі 6 робочої машини. Електроенергія до машини передається від мережі через кабель, укладений на барабані. Одним кінцем кабель підключається до електричної мережі, другим - до контактних кілець, змонтованих всередині барабана. З контактних кілець напруга через щітки передається до ящика керування машиною. Електро-гідропривод забезпечує постійний натяг кабелю при його розмотуванні з барабана та намотуванні на барабан. Місткість барабана - до 200 м кабелю.



1 – кабелеукладальний механізм; 2 - поворотна штанга; 3 - стояк; 4 - барабан; 5 - електропривід; 6 - рама

Рис. 9.1. Кабельно-барабанний пристрій:

Кабельно-поліспастовий пристрій живлення являє собою поліспаст, в якому верхній блок 6 (рис. 9.2) встановлений нерухомо, а нижній блок 3 може рухатися у вертикальному напрямку по напрямних. На валах блоків вільно встановлені шківи, через які перекинута силовий кабель. Для натягу гілок при розмотуванні кабелю з

пристрою і автоматичного його змотування до нижнього блока на кронштейнах підвішено вантаж 2. Кабель до робочої машини подається через поворотну каретку 8. Довжина розмотування кабелю - 40-50 м. Перевагою кабель-поліспастового пристрою є те, що його можна встановлювати окремо від машини. Застосування принципу поліспаста дає змогу гасити ривки, що передаються на кабель при нерівномірному русі машини.

Кабель-штора - це кабель, підвішений за допомогою кілець до несучого троса, натягнутого між двома опорами. Кільця кріплять до кабелю хомутами з кроком 1500 - 2000 мм. Один кінець кабелю приєднують до електричної мережі, другий - до мобільної машини, що рухається вздовж несучого троса, розтягуючи або збираючи кабель. Водночас машина може в певних межах маневрувати в поперечному напрямку відносно кабель-штори. Кабель-штори застосовують у приміщеннях не більше 100 м завдовжки.

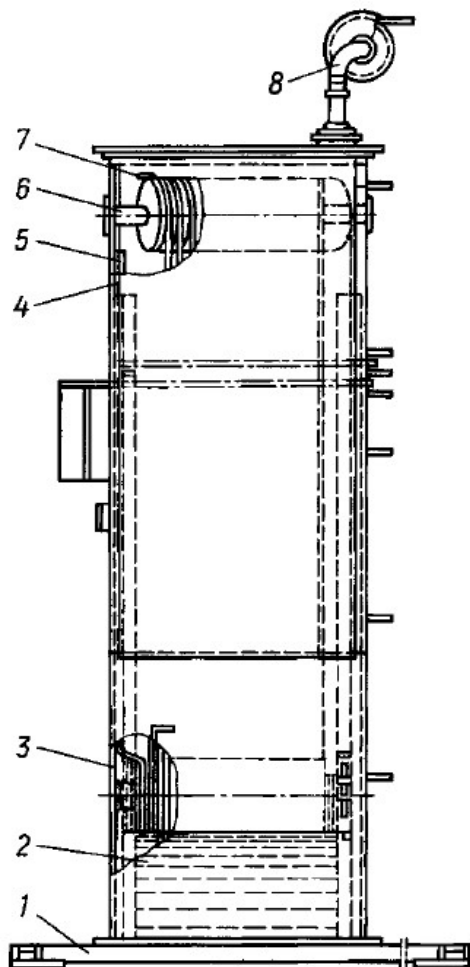


Рис. 9.2.Кабельно-поліспастовий пристрій. 1 - підставка; 2 - вантаж; 3 - нижній блок; 4 - шафа; 5 - кінцевий вимикач; 6 - верхній блок; 7 - силовий кабель; 8 - поворотна каретка

При лотковому живленні кабель вкладається в лотік, по якому він переміщується під час руху машини. Лотік виготовляють з дерева або листової сталі. У машину кабель вводять через поводок, що рухається над лотком разом з машиною.

При тролейному способі енергія до електроприводів подається від неізолюваних проводів через рухомі контакти - щітки, ролики, дуги. Електрифікований агрегат рухається паралельно тролейним проводам.

Акумуляторний спосіб живлення є найкращим з варіантів енергопостачання мобільних агрегатів, оскільки зона дії машини не обмежується довжиною кабелю або лінією живлення. Проте широке використання його стримується відсутністю акумуляторних батарей, які при помірних габаритах і масі мали достатню енергоємність та були дешевими. Економічно вигідними для сільськогосподарських цілей вважають акумулятори з питомою енергоємністю не менше 100 кВт•год на тону загальної маси. Енергоємність же сучасних акумуляторів не досягає 30 кВт•год/т.

На агрегатах з електро-трансмisiєю встановлюють електричний генератор з приводом від теплового двигуна. Електродвигуни, що одержують живлення від генератора, приводять в рух ведучі колеса трактора і робочі органи причіпних машин. Використовують також спрощений варіант: генератор приводиться в рух від валу відбору потужності трактора і дає живлення лише електродвигунам, що приводять в рух робочі органи причіпних машин. При двопотоковій електро-трансмisiї енергія теплового двигуна передається на ведучі колеса трактора частково електричним шляхом, а частково - механічним. Така система легша за однопотокову і має дещо вищий ККД.

Варіантів комбінованих способів живлення є кілька. Наприклад, у кормороздавача, що рухається по рейках і транспортує корми від кормоцеху до тваринницьких приміщень та роздає корми всередині приміщень, привод ведучих коліс одержує енергію від акумуляторної батареї, а привод механізмів кормороздавання - від мережі змінного струму через тролі, кабель-штору або кабель-барабанний пристрій. При цьому заїжджаючи в приміщення оператор вручну за допомогою штепсельного з'єднання підключає тролі, кабель-штору чи кабель-

барабан до мережі змінного струму.

Досить перспективним є використання паливних елементів, які перетворюють хімічну енергію палива безпосередньо в електричну. Створений у СІЛА зразок електротрактора з двигуном потужністю 16 кВт показує реальні можливості цього способу. Проте впровадження його у промислове виробництво стримується дуже високою вартістю паливних елементів.

Проводяться також роботи по використанню сонячних батарей, але вартість їх також занадто висока.

2. Класифікація електромобільних машин

За способом переміщення електромобільні машини поділяють на три групи.

Машини першої групи довільно переміщуються в різних напрямках по твердому покриттю або ґрунту в радіусі 20-20 м. Спосіб живлення - кабельний, кабельно-барабанний, кабельно-поліспастовий або з розмотуванням кабелю. До них відносять кормо-навантажувачі з фрезвідбірником, грейфером або ковшем, зернонавантажувачі, навантажувачі гною, електрофрези для обробітку ґрунту в теплицях, самопересувні зерноочисні машини та ін.

Для машин другої групи характерне прямолінійне переміщення по колії або твердому покриттю. Способи живлення - кабельний (кабель-штора, лоткова система кабельного живлення) і тролейний. Це – кормо-навантажувачі, гноєнавантажувачі на козловому або мостовому крані, що рухаються по рейках; кормо-навантажувачі, що працюють всередині приміщення на естакаді або на бокових стінках годівниці; рейкові дозувальники кормів; кормороздавачі, які переміщуються всередині приміщення по дну годівниці або кормовому проїзду; опромінюючі установки, що рухаються по тросу.

Третя група машин характеризується складним переміщенням на прямолінійних або криволінійних ділянках по колії чи твердому покриттю. Живлення такі машини одержують від двопровідної тролейної системи, кабельно-барабанного пристрою, акумуляторної батареї, через електротрансмісію або змішаним способом - тролейно-акумуляторним чи кабельно-акумуляторним. До них

відносять кормороздавачі, що рухаються по рейках по території ферми і всередині приміщень; кормороздавачі, що рухаються по твердому покриттю по території ферми і всередині приміщень; електрокари, електронавантажувачі з акумуляторним живленням; електротрактори з електротрансмісією.

3. Електромобільні машини у рільництві

У рільництві електроенергія використовується для привода ґрунтообробних машин та безпосередньо у технологічних процесах (електротехнології). Цим пояснюється той факт, що вже у 1879 р. на бурякових плантаціях у Франції були проведені перші досліди оранки за допомогою електролебідок. При цьому лебідка через канатну тягу приводила в дію плуг. А в 1898 р. у Німеччині був сконструйований перший електроплуг.

У Росії проект електрооранки розглядався вперше у 1902 р. на другому електротехнічному з'їзді. Роботи по створенню електроплуга розпочалися в 1919 р. Творцем його був талановитий інженер П. П. Пиляй. На початку вересня 1921 р. перший електроплуг був випробуваний на Шушарській фермі неподалік Петрограда. 22 жовтня 1921 р. на Бутирському хуторі біля Москви була проведена показова оранка плугом балансирного типу. Плуг мав дві рами, розміщених під кутом 120 град. На кожній рамі було навішено по вісім корпусів: правих на одній рамі, лівих - на другій. Плуг приводився в дію двома лебідками, на яких були встановлені трифазні асинхронні двигуни з фазним ротором потужністю 55 кВт, частотою обертання 730 об/хв, напругою 2000 В.

Дослідженнями, проведеними протягом 1930-1937 рр., було встановлено, що електролебідки ефективно використовувати для глибокої плантажної оранки на виноградниках, в умовах гірського землеробства та на заливних землях.

Обробіток ґрунту за допомогою електролебідок полягає в тому, що робоча машина (плуг, культиватор, борона та ін.) рухається по полю зворотно-поступально за допомогою каната, який тягне нерухома лебідка. Після закінчення проходу лебідка пересувається на о дну-дві ширини захвату знаряддя. У світовій практиці склалося дві системи привода електролебідки - дво- і одномашинна. Двомашинна

система складається з двох електролебідок, які встановлюються на кінцях оброблюваного поля. Одномашинна система має одну лебідку з двома барабанами та один-два якірних візки, що розміщуються на протилежних кінцях поля. Електродвигуни лебідок одержують живлення від пересувних трансформаторних підстанцій.

Суттєвою перевагою електролебідок є те, що під час корисної роботи лебідка нерухома і не витрачає енергії на пересування. Але такі агрегати досить громіздкі, масивні, мало-маневрені і малопродуктивні. Їх не можна застосовувати для обробітку просапних культур, оскільки канат пошкоджує рослини. Тому паралельно з цим велися роботи по конструюванню електротрактора, перший зразок якого був виготовлений у 1918 р. у Швеції. У Радянському Союзі перший електротрактор створено в 1928-1930 рр. До 1956 р. було сконструйовано близько 20 зразків електротракторів на змінному і постійному струмі з кабельним живленням. Експлуатацією електротракторних агрегатів займалися спеціальні електро-машинно-тракторні станції, наприклад Корсунь-Шевченківська в Черкаській області, яка використовувала дешеву енергію гідроелектростанцій.

Конструктивна схема таких електротракторів однакова. Замість теплового двигуна на шасі серійного трактора встановлювали електродвигун і додаткове обладнання: кабельний барабан, кабелеприймальний пристрій, струмознімач, апаратуру керування і захисту. До складу агрегату електротрактора входить пересувна трансформаторна підстанція і візок з додатковим кабелем.

Перевагами електротрактора порівняно з електролебідками є його вища маневреність і можливість працювати практично з усіма сільськогосподарськими знаряддями. Порівняно із тепловим трактором електротрактор має такі переваги: дешевший в експлуатації і ремонті; пуск і зупинка електродвигуна миттєві і не залежать від температури зовнішнього середовища; електродвигун має значно більшу перевантажувальну здатність і жорстку механічну характеристику, завдяки чому хід електротрактора більш рівномірний; умови роботи трактористів значно легші; вищий рівень пожежобезпеки; електротрактор практично не дає шкідливих викидів у навколишнє середовище.

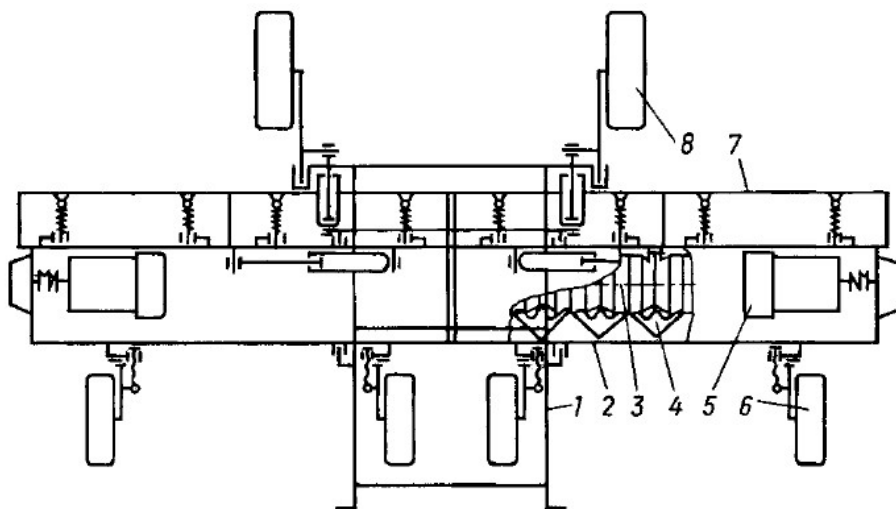
Основні недоліки електротрактора пов'язані з використанням дорогого і

неміцного кабелю та пристроїв для його приймання, а також прив'язаністю до ліній електропередачі, що значно знижує його маневреність та економічність.

Тому завдяки розробці теплових двигунів з більшим моторесурсом та відкриттю значних нафтових родовищ, внаслідок чого паливно-мастильні матеріали стали дешевшими, економічна ефективність тракторів з електроприводом стала набагато нижчою порівняно з тепловими тракторами й інтерес до електротракторів зменшився.

Велися також роботи по конструюванню електрифікованих мобільних знарядь і машин. Так, було створено зразки електрофрези, електрокультиватора, зернового електрокомбайна тощо.

Перспективним вважається напрям розробки ґрунтообробних агрегатів з електроприводом активних робочих органів. Експериментальний зразок ґрунтообробного електрифікованого агрегату АПЭ-5,6 виконано за спрощеною схемою варіанта з електротрансмісією. Машина агрегатується з трактором К-701. Активні робочі органи, виконані у вигляді ножових роторів 3 (рис. 9.3), приводяться в дію від асинхронних електродвигунів 5 потужністю 37 кВт кожний. Ротори розміщені над стрілочастими або розпушувальними лапами 4.



1 - центральна рама; 2 - рама секції; 3 - ножовий ротор; 4 - розпушувальна лапа; 5 - електродвигун; 6 - опорне колесо; 7 - фартух; 8 - транспортне колесо

Рис. 9.3. Електрифікований ґрунтообробний агрегат АПЭ -5,6:

Електродвигуни одержують живлення від синхронного генератора потужністю 200 кВт, частотою 50 Гц, що приводиться в дію від дизельного двигуна

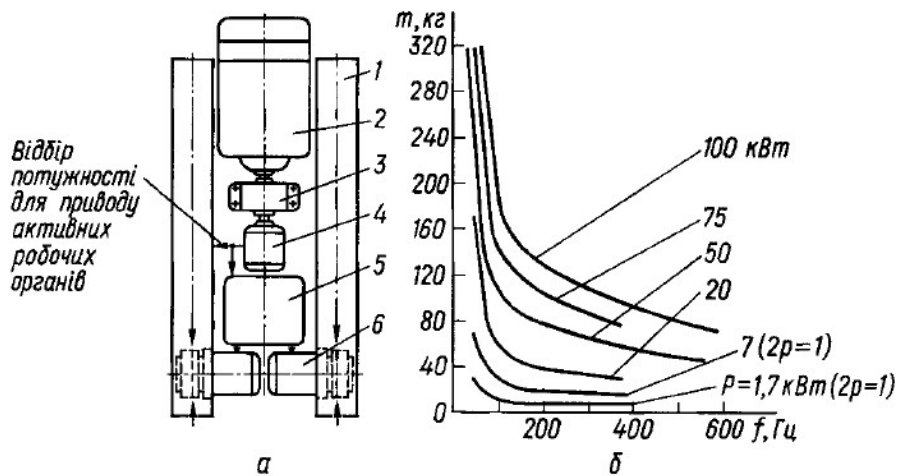
трактора. Останній через механічну передачу приводить в дію ведучі колеса. Перед початком роботи почергово вмикають електродвигуни привода роторів, а потім починають рух агрегату вздовж гонів.

При роботі лапи агрегату підрізують і розпушують шар ґрунту, а ножі ротора, що обертаються з частотою 480 об/хв, подрібнюють пожнивні залишки та грудки, підпружинені фартухи 7 вирівнюють і ущільнюють розпушений шар ґрунту. Оцінка роботи агрегату по підготовці поля під озимі зернові порівняно з традиційним ґрунтообробним комплексом показала, що при експлуатації першого скорочуються затрати робочого часу на 20,4 %, витрата пального на 20 %, металомісткість знижується на 41,6 %. Одним із напрямів подальшого розвитку і вдосконалення мобільної сільськогосподарської техніки можуть бути розробки автономного електротрактора.

У цьому відношенні надзвичайно цінний досвід конструювання і широкого використання промислового трактора з електричною трансмісією ДЭТ-250.

Силова установка трактора ДЭТ-250 складається з дизельного двигуна, фрикційної муфти, підвищувального редуктора, генератора постійного струму, тягового електродвигуна і механічної передачі до гусеничних рушіїв. Застосування електричної передачі забезпечує автоматичну зміну тягових зусиль і швидкостей руху агрегату залежно від зовнішніх навантажень. Завдяки цьому дизельний двигун завжди працює в оптимальному режимі, досягається високий ступінь використання його потужності та значне скорочення витрати палива. Трактор ДЭТ-250 знайшов широке застосування в будівництві та при добуванні корисних копалин, для розробки скельних порід, мерзлих та інших важких ґрунтів.

Принципальна схема розміщення основних вузлів та агрегатів електро-трансмісії сільськогосподарського трактора має вигляд, наведений на рис. 9.4, а. Силова установка трактора складається з дизельного двигуна 2, редуктора 3, електричного генератора 4, перетворювача частоти з системою керування, регулювання і захисту 5 та мотор-редукторів 6 привода ходової частини 1. Для живлення електродвигунів активних робочих органів потужність відбирається від електричного генератора. Зменшення маси тягових електродвигунів досягається за рахунок підвищення частоти струму (рис. 9.4, б).



1 - ходова частина; 2 - дизельний двигун внутрішнього згоряння; 3 - редуктор; 4 - генератор; 5 - перетворювач частоти з системою керування, регулювання і захисту; 6 - мотор-редуктор

Рис. 9.4. Принципіальна схема дизель-електричного трактора (а) і залежність маси електродвигуна від частоти струму (б):

Наведені на рисунку аналітичні залежності можуть бути описані виразом:

$$m_{\text{д}} = k_{\text{д}} P^{3/4} (f / p)^{-\alpha} e^{-\beta \omega_{\text{д}}}, \quad (9.1)$$

де $m_{\text{д}}$ - маса електродвигуна, кг; $k_{\text{д}}$ — постійний коефіцієнт, що враховує матеріал і конструктивне виконання двигуна; P - потужність двигуна, кВт; f - частота струму джерела енергії, Гц; p - кількість пар полюсів; α і β - постійні коефіцієнти.

З метою зниження маси силової установки найдоцільнішим вважається безпосереднє з'єднання швидкохідного високочастотного безщіткового генератора з вихідним валом швидкохідного роторно-поршневого двигуна внутрішнього згоряння або газової турбіни.

В умовах паливно-енергетичної кризи перспективним є застосування електропривода мотоблоків, що використовуються на присадибних ділянках та у фермерських господарствах. Інтенсивний пошук оптимальних рішень у цьому напрямі ведеться в науково-дослідних установах України.

Широке впровадження на зернотоках одержали самопересувні машини для післязбиральної обробки зерна: зерноавантажувачі, протравлювачі, зерноочисні машини. Електроенергію до них підводять гнучким кабелем, прокладеним по поверхні току.

При роботі машини обертовий момент від електродвигуна М на ходові колеса передається через храповий механізм 5 і машина рухається на малій швидкості. Для переїзду від од ного робочого місця до іншого з більшою швидкістю замикають півмуфту 11.

Електродвигуни привода робочих органів машини вмикають натисканням кнопок SB2 і SB4 (рис. 9.6).

Для захисту від коротких замикань встановлено автоматичний вимикач QF. Захист електродвигунів від перевантажень здійснюють теплові реле KK1 і KK2.

Режим роботи електродвигунів - тривалий із слабо-змінними навантаженням.

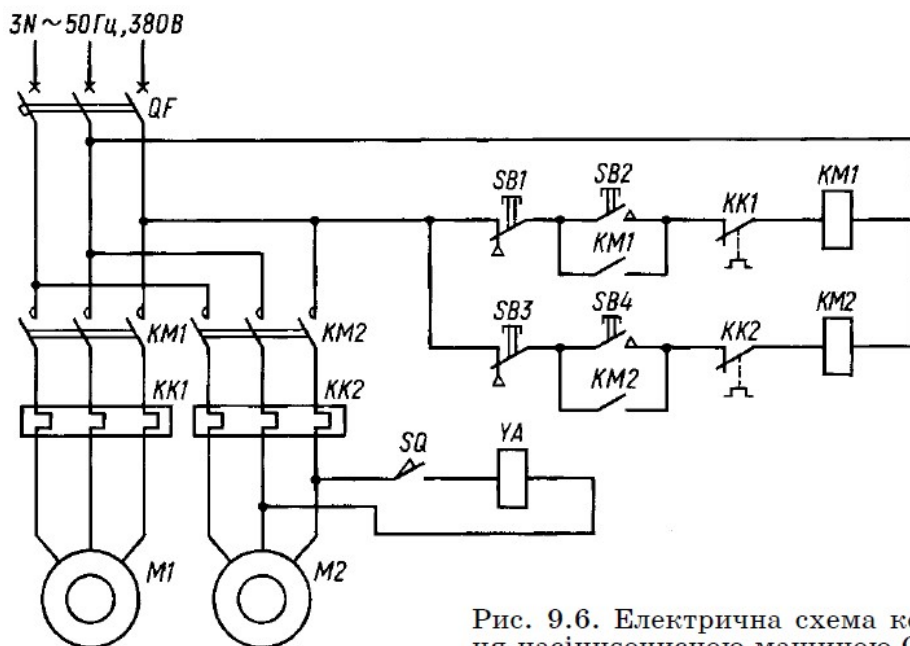
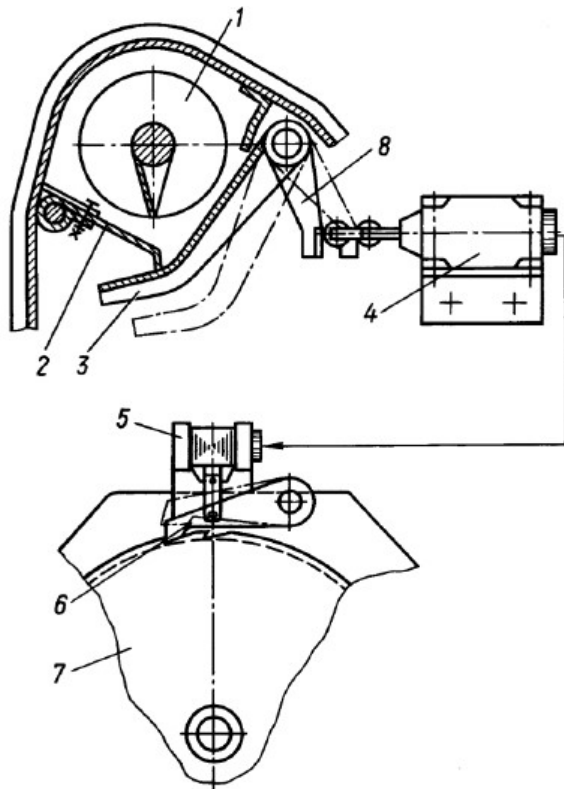


Рис. 9.6. Електрична схема керування насіннеочисною машиною С1

Рис. 9.6. Електрична схема керування насіннеочисною машиною СМ-4

Ступінь завантаження машини регулюється автоматично шляхом вмикання і вимикання механізму самопересування. Для цього живильний пристрій, що складається з розподільного шнека 1 (рис. 9.7), рухомої перегородки 2 і підпружиненого клапана-живильника 3, обладнано вимикальним упором 8 і кінцевим вимикачем 4. При переповненні кожуха розподільного шнека клапан 3 відтискується матеріалом, що подається на очищення, і через упор 8 діє на кінцевий вимикач 4 (SQ, див. рис. 9.6). Останній вмикає електромагніт 5 (YA, див. рис. 9.6), встановлений на механізмі самопересування, який піднімає заскочку 6 храпового колеса 7. Механізм самопересування вимикається, і подача матеріалу на очищення зменшується.



1 - розподільний шнек; 2 - рухома перегородка; 3 - клапан-живильник; 4 - кінцевий вимикач; 5 - електромагніт; 6 - заскочка; 7 - храпове колесо; 8 - упор

Рис. 9.7. Схема регулятора завантаження насіннеочисної машини СМ-4:

4. Електромобільні машини у тваринництві

Широкі можливості для застосування електропривода мобільних машин відкриваються у тваринництві, особливо на фермах і комплексах промислового типу. Завдяки невеликим відстаням переміщення електромобільні машини використовують для механізації основних процесів:

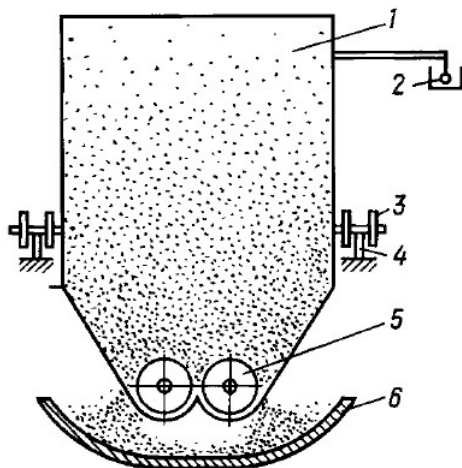
- навантаження із сховищ та складських приміщень у транспортні засоби різних видів кормів;
- транспортування вантажів по території ферми;
- роздавання тваринам кормів і кормо-сумішей;
- прибирання, навантаження в транспорті засоби і буртування гною;
- проведення санітарно-профілактичних заходів (дезинфекція, дезинсекція, опромінення тварин).

Для виконання цих операцій застосовують електромобільні кормонавантажувачі, кормороздавачі, прибиральники і навантажувачі гною, електрокари,

пересувні установки для опромінення тварин і птахів, дезинфекції і дезинсекції приміщень. Машини можуть рухатися по твердому покриттю, рейкових коліях або підвісних дорогах. Для живлення електродвигунів використовують гнучкі кабелі, троліє або акумулятори.

Електрифікований кормороздавач КЭС-1,7 призначений для перемішування і двостороннього дозованого роздавання вологих кормових сумішей та сухих концентрованих кормів у приміщеннях свиноферми з централізованим приготуванням кормів у кормоцеху.

Кормороздавач являє собою двовісний візок, який пересувається над годівницями 6 (рис. 9.8) по рейковому шляху 4. Останній розміщений на жорсткій металевій естакаді. На візку встановлено бункер 1, всередині якого змонтовано два вивантажувальні шнеки 5. У нижній частині бункера є вивантажувальні вікна, які перекриваються заслінками. Привод заслінок ручний.

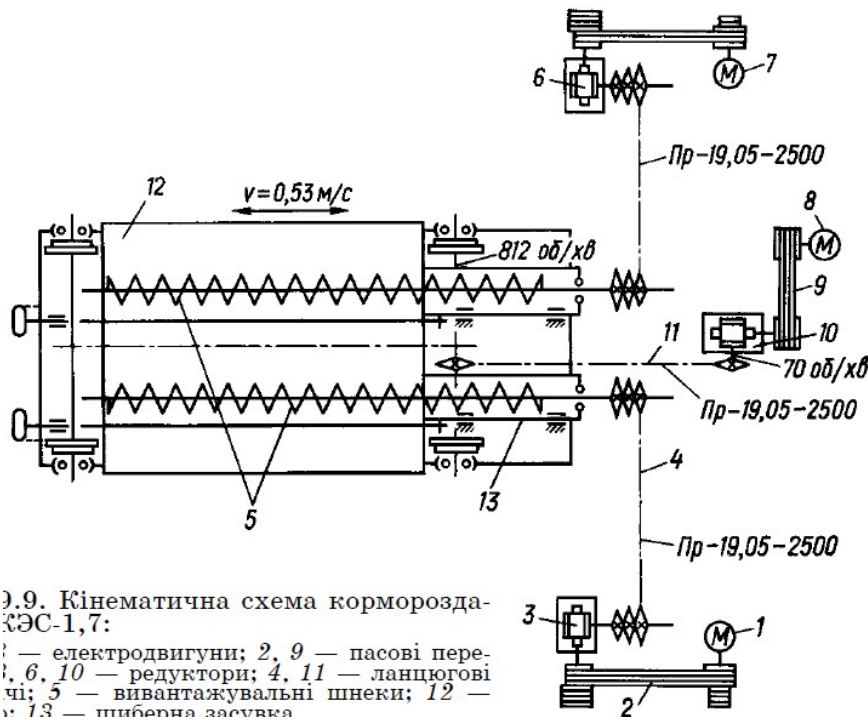


1 - бункер; 2 - кабель в лотку; 3 - котки для переміщення кормороздавача; 4 - напрямні рейки; 5 - вивантажувальні шнеки; 6 - годівниця

Рис. 9.8. Технологічна схема кормороздавача КЭС-1,7:

Завантаження бункера здійснюється при закритих вивантажувальних вікнах і обертових шнеках. Норма видачі корму регулюється величиною відкриття заслінок, а також зміною частоти обертання шнеків переставлянням ланцюга на блоці зірочок привода.

Живлення до кормороздавача підводиться від електромережі змінного струму через кабель 2, що розміщується в лотку. Привід візка і шнеків індивідуальний від електродвигунів, завдяки чому спрощується кінематична схема (рис. 9.9).



1, 7, 8 - електродвигуни; 2, 9 - пасові передачі; 3, 6, 10 - редуктори; 4, 11 - ланцюгові передачі; 5 - вивантажувальні шнеки; 12 - бункер; 13 - шиберна засувка

Рис. 9.9. Кінематична схема кормороздавача КЗС-1,7:

Електрична схема керування приводом кормороздавача передбачає:

- вмикання електродвигуна механізму переміщення кормороздавача вручну оператором, автоматичний реверс електродвигуна в кінці лінії роздавання корму і автоматичну зупинку у вихідному положенні;
- можливість керування роботою механізму роздавання корму в ручному та автоматичному режимах;
- автоматичне вмикання і зупинку двигунів привода шнеків на заданих ділянках лінії роздавання кормів;
- захист електродвигунів від перевантажень;
- захист силових кіл і кіл керування від коротких замикань;
- сигналізацію про наявність напруги на колах керування та аварійне вимикання двигунів шнеків;
- можливість підключення зовнішнього сигнального пристрою;
- електричні блокування, що запобігають неправильному вмиканню магнітних пускачів.

Напруга на силові кола і кола керування подається автоматичним вимикачем QF1 (рис. 9.10). При цьому загоряється сигнальна лампа *HLL* і спрацьовує реле

аварійного вимикання двигунів шнеків *KL1*. Реле *KL1* розмикаючим контактом розмикає коло сигнальної лампи *HL2*, а замикаючим готує до роботи коло керування двигунами привода шнеків.

Перемикачем *SA.1* вибирають напрямок руху візка, перемикачем *SA.2* - режим роботи шнеків: ручний або автоматичний.

Натисканням кнопок *SB1.2* і *SB1.3* керують електродвигуном *M1* привода механізму керування кормороздавача в напрямках “Вперед” і “Назад”. Автоматичний реверс двигуна *M1* з напрямку “Вперед” на напрямок “Назад” здійснюється натисканням кінцевого вимикача *SQ2*. При цьому магнітний пускач *KM1* вимикається, а пускач *KM2* вмикає двигун *M1* на зворотнє обертання. Коли кормороздавач підійде до вихідного положення, спрацює кінцевий вимикач *SQ1*, і двигун *M1* зупиняється. Двигун *M1* можна зупинити також натисканням кнопки *SB1.1*.

При установленні перемикача *SA.2* у положення “-45°” пуск і зупинку електродвигунів *M2* і *M3* шнеків здійснює оператор натисканням кнопок *SB2* і *SB3* незалежно від напрямку руху кормороздавача.

Для роботи двигунів шнеків в автоматичному режимі перемикач *SA2* ставлять у положення “+ 45°”. Електродвигуни *M2* і *M3* вмикаються автоматично після натискання кінцевих вимикачів *SQ4* і *SQ6* відповідно. Вимикаються двигуни натисканням кінцевих вимикачів *SQ3* і *SQ5*.

Магнітні пускачі привода шнеків *KM2* і *KM3* заблоковані з пускачами привода пересування кормороздавача так, що в автоматичному режимі шнеки можуть працювати тільки при увімкненому пускачі *KM1.1*. Тому роздавання корму можливе тільки при русі кормороздавача вперед. Магнітні пускачі *KM1.1* і *KM1.2* привода пересування заблоковані між собою розмикаючими контактами, що запобігають одночасному їх вмиканню.

Електроприводи шнеків також заблоковані між собою контактами теплових реле *KK1* і *KK2* та реле аварійного вимикання так, що при спрацюванні захисту від перевантажень одного з двигунів шнеків інший двигун також зупиняється і загоряється сигнальна лампа *HL2*.

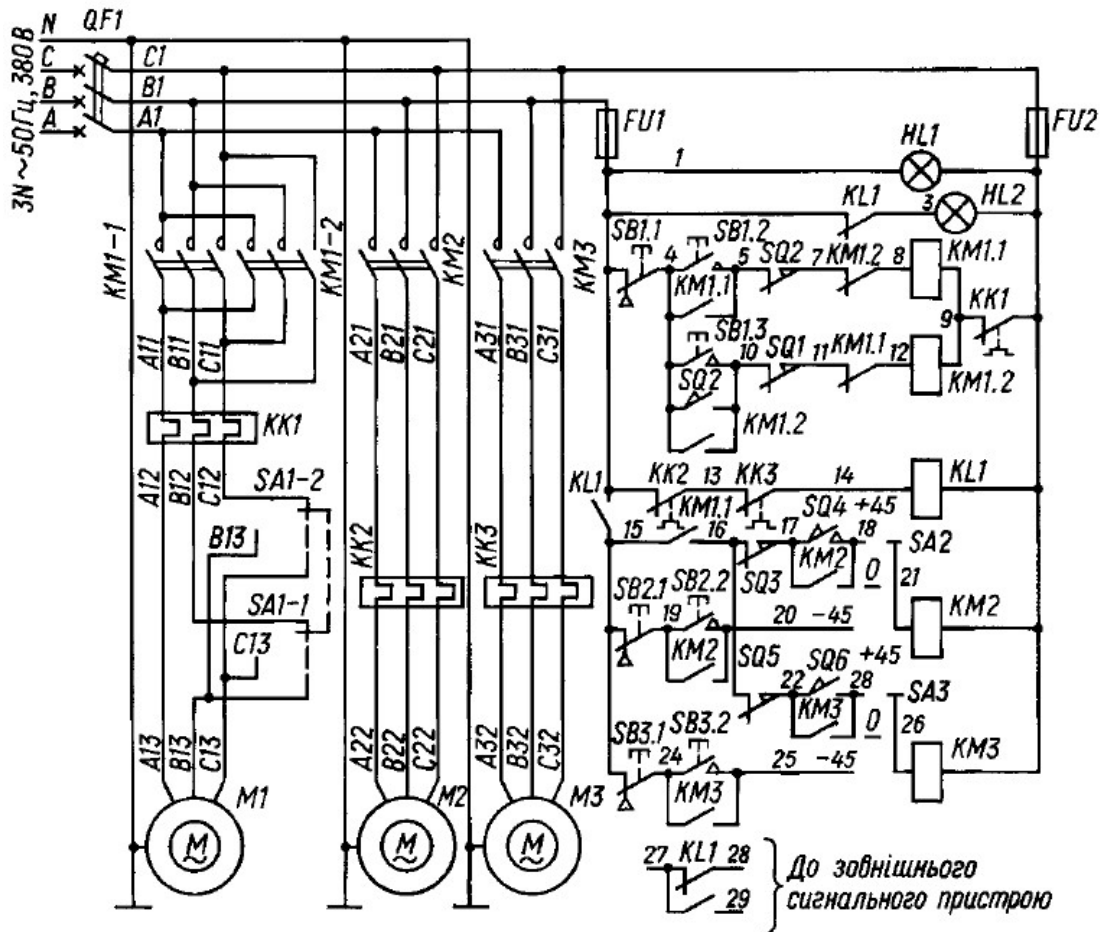


Рис. 9.10. Електрична схема керування кормороздавачем КЭС-1,7

Передбачено також неможливість вмикання електродвигуна М1 назад кнопкою *SB3.1* при настисненому кінцевому вимикачі *SQ1* (вихідне положення кормороздавача).

Захист двигунів від перевантажень здійснюється тепловими реле *KK1*, *KK2* і *KK3*, силових кіл від коротких замикань - автоматичним вимикачем *QF1*, кіл керування - запобіжниками *FU1* і *FU2*.

Сигнал про можливість роботи двигунів привода шнеків передається на зовнішній сигнальний пристрій за допомогою контактів реле *KL1*.

5. Визначення потужності і типу електродвигунів для привода мобільних кормороздавачів

Продуктивність кормороздавача Q , т/год, дорівнює:

$$Q = 3,6 \frac{qn_T}{a} v, \quad (9.2)$$

де q - норма видачі корму на одну голову, кг; n_T – кількість тварин або птиці на одне кормомісце; a – довжина одного кормомісця, м; v – робоча швидкість кормороздавача, м/с.

Кількість корму, доставленого за один рейс кормороздавача G , кг, становить:

$$G_K = \frac{\gamma V}{\psi}, \quad (9.3)$$

де γ - об'ємна маса корму, кг/м³; V – місткість бункера, м³;

ψ - коефіцієнт заповнення бункера (0,75 - 0,8).

Довжина фронту годівлі L , м, дорівнює:

$$L = \frac{an_c}{n_T}, \quad (9.4)$$

де n_c - кількість кормомісць.

Потужність для пересування рейкового кормороздавача P_{Π} , кВт, становить:

$$P_{\Pi} = \frac{Fv}{1000}, \quad (9.5)$$

де F - сила опору навантаженого кормороздавача, Н.

При переміщенні кормороздавача сила F зумовлюється двома складовими:

$$F = F_T + F_K, \quad (9.6)$$

де F_T - сила опору тертю, Н; F_K - сила опору при переміщенні кормороздавача на підйом під кутом a , Н.

Сила опору тертю F_T дорівнює

$$F_T = 9,81(m_0 + m_K) \frac{2\mu + df}{D_K} k_p, \quad (9.7)$$

де m_0 і m_K - відповідно власна маса кормороздавача і маса корму, що знаходиться в бункері, кг; μ - плече тертя кочення, мм; d - внутрішній діаметр підшипників ходової частини, мм; f - коефіцієнт тертя в підшипниках; D_K - діаметр ходового колеса, мм; k_p - коефіцієнт, що враховує опір тертя реборди котків об головки рейок.

Сила опору при переміщенні кормороздавача на підйом становить

$$F_K = 9,81(m_0 + m_K) \sin a, \quad (9.8)$$

де a - уклон шляху, при горизонтальному переміщенні приймають $a = 1,5^\circ$; при русі на підйом приймається фактичне значення кута підйому.

Потужність електродвигуна $P_{\text{дв}}$ для пересування кормороздавача визначається

за виразом

$$P_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{п}}}{\eta_{\text{п}}},$$

де η - ККД застосовуваних у машині передач від електродвигуна до ходових коліс.

Відомо, що максимальний опір руху кормороздавача виникає під час розгону, і його слід враховувати при перевірці вибраного двигуна за умовами пуску:

$$0,8M_{\text{дв.пуск}} \geq M_{\text{с.п.зв}}, \quad (9.10)$$

де $M_{\text{дв.пуск}}$ - пусковий момент електродвигуна, Н•м; $M_{\text{с.п.зв}}$ - момент статичних опорів на валу двигуна при розгоні кормороздавача, зведений до валу електродвигуна, Н•м.

Величину $M_{\text{с.п.зв}}$, Н•м, визначають за формулою

$$M_{\text{с.п.зв}} = \frac{F_{\text{п}} D_{\text{к}}}{2i\eta_{\text{п}}}, \quad (9.1)$$

де $F_{\text{п}} = F_{\text{т}} + F_{\text{к}} + F_{\text{і}}$ - повна сила опору під час розгону, Н;

$$F_{\text{і}} = \frac{(m_0 + m_{\text{к}})v}{t_{\text{р}}} - \text{сила опору від інерції під час розгону, Н;}$$

i - передавальне число механічних передач від електродвигуна до ходових коліс; $t_{\text{р}}$ - час розгону кормороздавача, с.

Потужність для пересування мобільних транспортних засобів по дорогах з твердим покриттям або без покриття визначається за виразом (9.5). Для обчислення сили опору тертя можна скористатися рівнянням

$$F_{\text{т}} = f_0 m, \quad (9.12)$$

де f_0 - коефіцієнт опору пересуванню машини на прямолінійній горизонтальній ділянці шляху, Н/кг; m - маса транспортної одиниці з вантажем, кг.

Значення коефіцієнта f_0 , що залежить від якості і стану доріг, наведено в табл. 9.1.

Додатковий опір пересуванню на підйомі обчислюють за виразом (9.8). Якщо транспортний засіб рухається під уклон, то складова $F_{\text{к}}$ направлена в бік руху і є не опором, а тяговим зусиллям. Тому в формулу (9.6) значення $F_{\text{к}}$ увійде зі знаком мінус.

Робочими органами, що роздають корми, є шнеки, стрічкові, ланцюгові, скребкові та інші транспортери.

9.1. Значення коефіцієнта опору пересуванню транспортної одиниці

Вид і стан дороги	f_0 , Н/кг	Вид і стан дороги	f_0 , Н/кг
Присадибні дороги	0,12 - 0,20	Шосе в доброму стані	0,18 - 0,20
Асфальтована і бетонована	0,10 - 0,20	Забруднене шосе	0,25 - 0,30
Дерев'яний настил з брусків або дощок, лід	0,15 - 0,20	Бруківка	0,20 - 0,25
		Засніжена дорога	0,35 - 0,40
		Ґрунтова дорога	0,45 - 0,80

Для забезпечення рівномірного роздавання корму в годівниці швидкість руху кормороздавача і робочих органів має бути постійною. Цю вимогу задовольняють асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором та двигуни постійного струму з паралельним збудженням при живленні від мережі. Якщо джерелом струму є акумулятори, то швидкість руху залежить від стану їх зарядженості. У таких випадках при розробці електропривода слід передбачати автоматичну стабілізацію швидкості пересування кормороздавача і продуктивності його робочих органів.

При неоднорідному поголів'ї тварин і птиці норма видачі може змінюватися по довжині фронту годівлі. Для забезпечення такого режиму роботи передбачають регульований електропривід з мікропроцесорним керуванням, який швидко переналагоджується.

6. Електропривод мобільних кормороздавачів

Кормороздавачі мобільні електрифіковані типу КС-1,5, КЭС-1,7, РС-5А, КСП-0,8, КСА-5Б призначені для змішування і двостороннього дозованого роздавання вологих сумішей та сухих концентрованих кормів у свинарниках та корівниках. Двовісний візок, розміщений на жорсткій металевій естакаді, пересувається над годівницями рейковим шляхом. На візку встановлено бункер, всередині якого змонтовано два вивантажувальних шнеки. У нижній частині бункера є вивантажувальні вікна, які перекриваються заслінками. Завантажувальний бункер заповнюється при закритих вікнах і увімкнених шнеках. Норма видачі корму регулюється шляхом відкриття заслінок, а також зміною частоти обертання шнеків переставлянням ланцюга на блоці зірочок привода і пасів на шківках привода.

Живлення до кормороздавача підводиться від електромережі змінного струму кабелем, який розміщується в лотку. Привод візка і шнеків індивідуальний від електродвигунів, завдяки чому спрощується кінематична схема.

У кінематичну схему кормороздавача КЭС-1,7 входять двигун 4АМ71А2СХЛ1 потужністю 0,75 кВт для пересування кормороздавача, два двигуни 4АМЛ4АСХЛ1 потужністю 2,2 кВт для привода шнеків, а також три види передач: пасова, зубчаста і ланцюгова.

Для побудови навантажувальної діаграми механізму пересування кормороздавача КЭС-1,7 необхідно визначити значення зусиль, потужностей, моментів як при холостому ході, так і при навантаженні.

При переміщенні кормороздавача з навантаженням сумарне зусилля дорівнює:

$$\sum F = F_T + F_K, \quad (10.127)$$

де F_T - сила опору тертя при навантаженні:

$$F_T = 9.81(m_0 + m_k) \frac{2\mu + df}{D_k} K_p, \quad (10.128)$$

де m_0 , m_k - відповідно маса кормороздавача і маса корму, що знаходиться в бункері, кг; μ - коефіцієнт тертя кочення, $\mu = 0,015$; d - внутрішній діаметр підшипників ходової частини; f - коефіцієнт тертя в підшипниках, $f = 0,02$; D_k - діаметр ходового колеса, мм; K_p - коефіцієнт, що враховує опір тертя реборди котків об головки рейок, $K_p = 2-2,5$.

Сила опору при переміщенні кормороздавача на підйом становить:

$$P_k = 9,81(m_0 + m_k) \sin a, \quad (10.129)$$

де a - кут нахилу шляху при переміщенні кормороздавача на підйом, $a = 15^\circ$.

При холостому ході значення зусиль для пересування кормороздавача відповідно дорівнюють:

$$F'_T = 9.81m_0 \frac{2\mu + df}{D_k} K_p, \quad (10.130)$$

$$F'_K = 9.81m_0 \sin a. \quad (10.131)$$

Потужність при запуску кормороздавача з наповненим бункером:

$$P_1 = \frac{(F_1 + F_2 + F_{дин}) \omega_{II}}{\eta_H}, \quad (10.132)$$

де $P_{дин}$ - значення динамічного зусилля при запуску механізму пересування з наповненим бункером:

$$F_{дин} = (m_0 + m_k) \frac{dv}{dt} \quad (10.133)$$

де dv/dt - прискорення при розгоні, яке береться не більшим $0,8 \text{ м/с}^2$; η_n - ККД передачі ходової частини, $\eta_n = 0,8 - 0,85$.

Потужність кормороздавача при усталеному русі з наповненим бункером:

$$P_2 = \frac{(F_1 + F_2)v_{II}}{\eta_{II}}, \quad (10.134)$$

де v_{II} - швидкість пересування кормороздавача, м/с.

Потужність кормороздавача при запуску на холостому ході:

$$P_3 = \frac{(F_3 + F_4 + F'_{дин})v_{II}}{\eta_{II}}, \quad (10.135)$$

де $F'_{дин}$ - динамічне зусилля, яке виникає при запуску привода візка на холостому ході:

$$F'_{дин} = m_0 \frac{dv}{dt}. \quad (10.136)$$

В усталеному режимі роботи потужність кормороздавача на холостому ході:

$$P_4 = \frac{(F_3 + F_4)v_{II}}{\eta_{II}}. \quad (10.137)$$

Для побудови навантажувальної діаграми механізму пересування кормороздавача необхідно визначити тривалість дії цих потужностей:

$t_1 = t_{нyc}$ - тривалість запуску механізму пересування;

t_2 - тривалість руху візка в усталеному режимі при роздаванні корму:

$$t_2 = l / v_{II}, \quad (10.138)$$

де l - довжина годівниць, м; t_3 - тривалість зупинки кормороздавача; t_4 - тривалість запуску привода пересування візка на холостому ході; t_5 - тривалість руху кормороздавача на холостому ході $t_2 = t_5$; t_6 - час завантаження кормороздавача.

Навантажувальна діаграма механізму пересування кормороздавача КЭС-1,7 наведена на рис. 10.49.

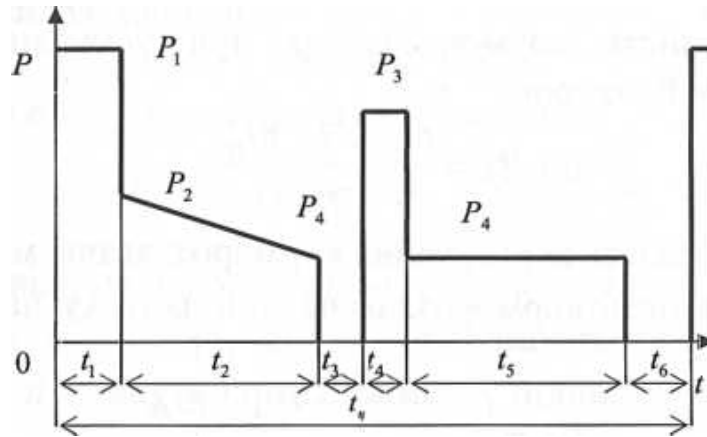


Рис. 10.49. Навантажувальна діаграма механізму пересування кормороздавача КЭС-1,7

Із навантажувальної діаграми механізму пересування кормороздавача КЭС-1,7 випливає, що його привод працює в повторно-короткочасному режимі зі змінним навантаженням. У зв'язку з цим вибраний двигун необхідно перевіряти на допустиме число вмикань за годину. Відомо, що максимальний опір при руху кормороздавача виникає під час розгону, тому його необхідно враховувати при перевірці вибраного двигуна за умовами пуску.

При побудові навантажувальної діаграми вивантажувального шнека визначають його потужність за формулою:

$$P_{\text{пр}} = \frac{K_3 \cdot Q \cdot g \cdot L_T}{3600 \eta_{\text{п}}} (\sin \alpha + W), \text{кВт}, \quad (10.139)$$

де K_3 - коефіцієнт запасу, $K_3 = 1,2-1,3$; Q - годинна продуктивність транспортера, т/год; g - прискорення вільного падіння, м/с²; L_T - довжина транспортера, м; $\eta_{\text{п}}$ - ККД передачі, $\eta_{\text{п}} = 0,8-0,85$; α - кут нахилу транспортера; W - коефіцієнт, який залежить від продукту чи матеріалу (для зерна і його похідних $W = 1,2$).

Продуктивність кормороздавача, т/год:

$$Q = 3.6 \frac{q \cdot N_T}{\alpha} v_{\text{п}}, \quad (10.140)$$

де q - норма видачі корму на одну голову, кг; N_T - кількість тварин або птиці на одне кормомісце; α - довжина одного кормомісця, м.

Тривалість роботи вивантажувальних шнеків визначається так:

t_v - тривалість вивантаження корму, яка визначається тривалістю руху кормороздавача в усталеному режимі при вивантаженні:

$$t_p = l/v_{II}; \quad (10.141)$$

t_n - тривалість паузи вивантажувальних шнеків:

$$t_n = t_0 + t_2 + t_3, \quad (10.142)$$

де t_0 - тривалість реверсування механізму пересування кормороздавача; t_2 - тривалість руху візка при холостому ході; t_3 - тривалість заповнення кормороздавача.

Навантажувальна діаграма вивантажувального шнека наведена на рис. 10.50. Із неї випливає, що шнеки кормороздавача КЭС-1,7 працюють в повторно-короткочасному режимі. Тому вибрані двигуни необхідно перевіряти на допустиме число вмикань за годину.

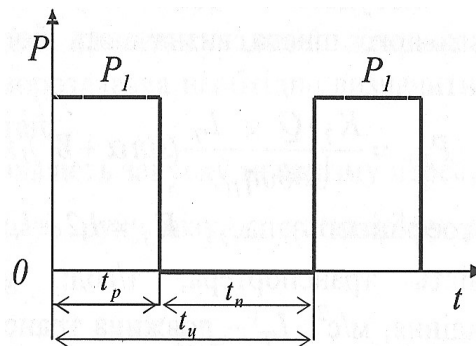


Рис. 10.50. Навантажувальна діаграма вивантажувального шнека

Рівняння механічної характеристики механізму пересування (рис. 10.51) кормороздавача описується такою формулою:

$$M_c = M_0 + (M_{сн} - M_0)(\omega/\omega_n)^{-1} \quad (10.86)$$

де M_c - момент статичних опорів, Н·м, при швидкості ω , с⁻¹; M_0 - момент опору, який зумовлений силами тертя і не залежить від частоти обертання, $M_0 = (0,35-0,4)M_{сн}$; $M_{сн}$ - момент статичних опорів, Н·м, при номінальній кутовій швидкості ω_n , с⁻¹.

Двигун механізму пересування реверсується за сигналами кінцевих вимикачів, розташованих на естакаді, а двигуни вивантажувальних шнеків вмикають на початку фронту годівниць, а вимикають - в кінці. Живлення двигунів здійснюється гнучким кабелем.

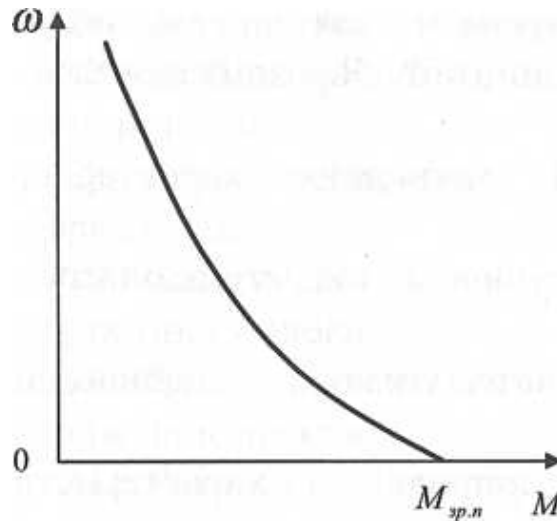


Рис. 10.51. Механічна характеристика механізму пересування кормороздавача КЭС-1,7

Електрокар приводиться в дію двигуном постійного струму послідовного збудження, який живиться від акумуляторної батареї. Швидкість руху електрокара змінюють регулюванням частоти обертання двигуна. Пуск, зміну напрямку і частоти обертання двигуна здійснюють за допомогою кулачкового контролера.

Натисканням ногою на педаль вмикається вимикач, який подає напругу на котушку електромагніту і він спрацьовує. Потім рукоятку контролера встановлюють у положення «Вперед» або «Назад». Електрокар почне рухатися на першій швидкості, яка забезпечується введенням додаткового опору у коло якоря. Для збільшення швидкості руху електрокара контролером шунтують опір резистора у колі якоря (друга швидкість), або перемикають обмотки збудження із послідовного з'єднання на паралельне (третя швидкість).

Питання для самоконтролю:

1. Які застосовуються способи живлення в електроприводах мобільних машин?
2. Як класифікують мобільні машини за способом переміщення?
3. Які електромобільні машини застосовуються у рільництві?
4. Поясніть принцип дії електротрансмій, які застосовують в електротракторах.
5. Як залежить маса приводного електродвигуна від частоти струму?
6. Які особливості електропривода і автоматизації мобільних кормороздавачів?