

Лекція № 5 ЕЛЕКТРОПРИВОД І АВТОМАТИЗАЦІЯ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ

План:

- 1. Приводні характеристики стаціонарних транспортерів;*
- 2. Автоматизація стаціонарних транспортерів;*
- 3. Електропривод вантажопідйомних машин;*
- 4. Вибір електродвигунів кранових механізмів;*
- 5. Автоматизація кранових електроприводів.*

1 Приводні характеристики стаціонарних транспортерів

Транспортні операції є невід'ємною складовою частиною всіх виробництв. На тваринницьких фермах трудомісткість транспортних операцій становить 30-40 % всіх затрат праці.

Електрифіковані транспортні засоби поділяють на стаціонарні і мобільні.

Стаціонарні транспортери - ковшові, стрічкові, скребкові, тросошайбові, шнекові, гідравлічні, пневматичні - застосовуються для переміщення вантажів у тваринницьких приміщеннях, кормоцехах, молочних, зерноочисних пунктах, зерносховищах та інших складах.

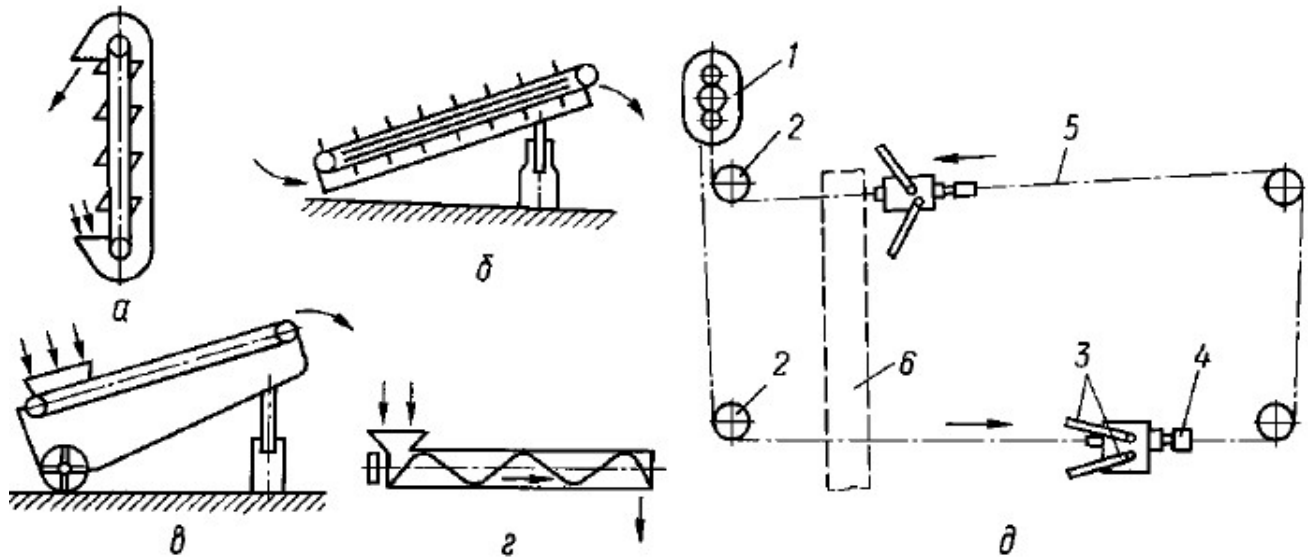
Мобільні засоби - електрифіковані візки, кормороздавачі, штабелери, навантажувачі, вагонетки, кран-балки, талі, підйомні крани тощо - застосовуються у тваринницьких приміщеннях, виробничих цехах, на складах, у сховищах, на будівельних майданчиках та ін.

Технологічні схеми деяких видів транспортерів наведені на рис. 4.1.

Продуктивність транспортерів зростає пропорційно до збільшення частоти обертання приводного валу до певної межі, після чого через зменшення коефіцієнта заповнення продуктивність залишається постійною або навіть зменшується. У деяких випадках, наприклад при транспортуванні гною в тваринницьких приміщеннях, швидкість робочого органу обмежується з міркувань безпеки.

Отже, електропривод повинен забезпечувати стабільність швидкості

обертання приводного валу навіть при значних коливаннях навантаження. Таку вимогу повністю забезпечують асинхронні електродвигуни з нормальною механічною характеристикою. Іноді потрібне регулювання швидкості руху транспортуючого органу, наприклад коли транспортер виконує функції дозатора. У таких випадках використовують регульовані електроприводи з двигунами постійного струму.



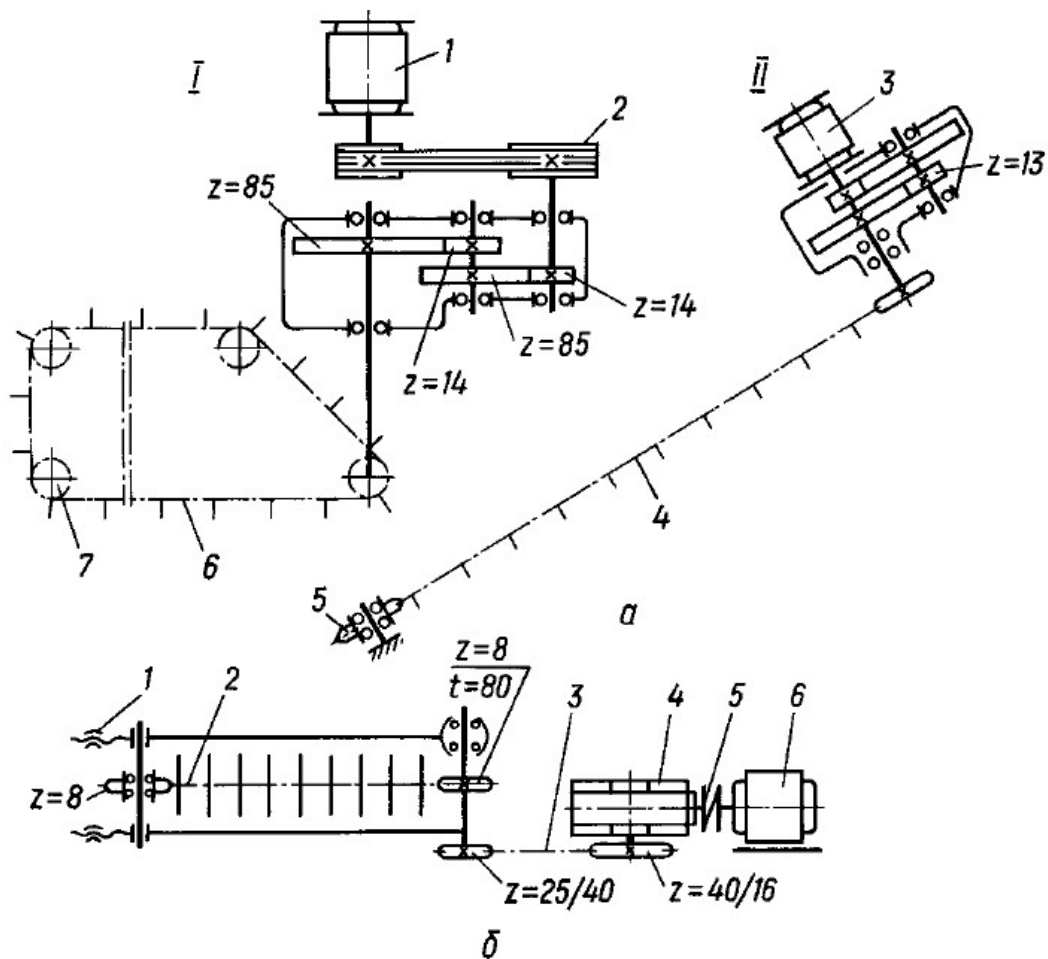
1 - привідна станція; 2 - поворотний пристрій; 3 - скрепери; 4 - натягувальний пристрій; 5 - ланцюг; б - поперечний транспортер
 а - норії; б - скребкового; в - стрічкового; г - шнека; д - скреперної установки;

Рис. 4.1. Технологічні схеми стаціонарних транспортерів:

Швидкість руху транспортуючих органів, як правило, невелика, тому в кінематичну схему привода вводять одну або кілька передач: пасову, клинопасову, редуктор, мотор-редуктор та ін. (рис. 4.2). У зв'язку з цим зведений до валу електродвигуна момент інерції механічної системи визначається в основному моментом інерції ротора електродвигуна.

Теоретично момент статичних опорів при холостому ході транспортерів з підвищенням швидкості обертання двигуна залишається постійним. Його величина знаходиться в межах 0,1 - 0,2 від моменту при номінальному навантаженні. Але у деяких машин (норії, шнекові транспортери) момент при збільшенні швидкості обертання дещо зростає (рис. 4.3, а). Проте у виробничих умовах можливі зупинки і подальші запуски транспортерів під навантаженням. У цьому випадку момент зрушення може бути значним і перевищувати номінальний момент на 30-35 %. При

зростанні швидкості обертання момент зменшується (рис. 4.3, б). Таку обставину слід враховувати при перевірці електродвигуна за умовами пуску.



a - ТСН-160: *I* - горизонтальний транспортер; *II* - похилий транспортер; 1,3 - електродвигуни; 2 - пас клиновий; 4,6 - ланцюг із скребками; 5 - обвідна зірочка; 7 - обвідний ролик; *б* - РВК-Ф-74: 1 - натяжний пристрій; 2 - ланцюг із скребками; 3 - ланцюг ПР-25.4-5000; 4 - черв'ячний редуктор; 5 - еластична муфта; 6 - електродвигун

Рис. 4.2. Кінематичні схеми транспортерів:

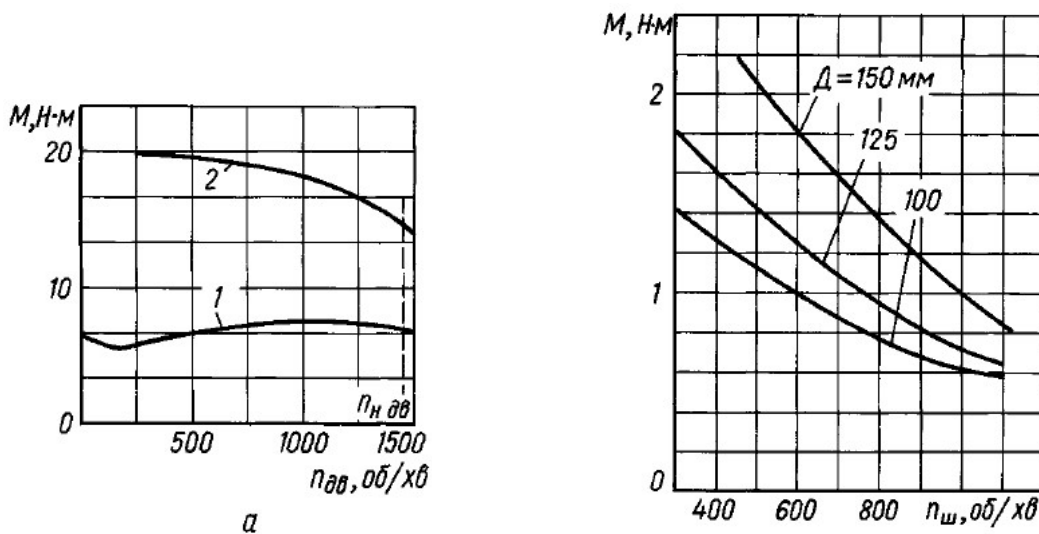
Характер навантажувальних діаграм транспортерів залежить від технологічного процесу, в який вони включені. Відповідно до цього двигуни привода транспортерів можуть працювати у тривалому режимі з постійним або змінним навантаженням, короткочасному або повторно-короткочасному режимах. Коли за умовами технологічного процесу машина може працювати у тривалому і короткочасному або повторно-короткочасному режимах, електропривід розраховують для тривалого режиму роботи.

Продуктивність і споживана потужність для транспортерів з різними робочими органами визначається за різними методиками.

Продуктивність горизонтальних стрічкових транспортерів з плоскою стрічкою Q , кг/с, визначається за виразом

$$Q = \gamma v B^2 \psi \operatorname{tg} \beta, \quad (4.1)$$

де γ - об'ємна маса транспортованого матеріалу, кг/м³; v - швидкість стрічки, м/с; B - ширина транспортуючої поверхні, м; ψ - коефіцієнт заповнення несучої поверхні, $\psi = 0,4 - 0,7$; β - кут природного укосу, град.



a - зернової норії: 1 - при холостому ході; 2 - завантаженої; b - шнека

Рис. 4.3. Механічні характеристики:

Для похилих транспортерів продуктивність рекомендується зменшувати при куті 10-15 град на 5%; 15-20 град - на 10%; 20 град - на 15%.

Споживана потужність стрічковими транспортерами P , кВт, дорівнює:

$$P = \frac{(F_1 + F_2 + F_3 + F_4)v}{10^3 \eta_{тр}}, \quad (4.2)$$

де F_1, F_2, F_3, F_4 - сили опору на різних ділянках транспортера, Н; $\eta_{тр}$ - ККД установки, приймають 0,7 - 0,8; v - швидкість руху стрічки, м/с.

Залежно від виду транспортованого матеріалу швидкість вибирають: для пшениці, жита, кукурудзи - 3-4; вівса, соняшника - 2-3; подрібненого зерна - 1,2 - 1,5; борошна - 1 - 1,3; висівок - 1,5 - 2; коренеплодів - 0,3 - 0,4 м/с;

Сила опору на прямолінійних ділянках навантаженої гілки F_1 , Н, становить:

$$F_1 = (q + q_0)(\omega \cos \alpha + \sin \alpha)L_H g, \quad (4.3)$$

де q - маса вантажу, що припадає на 1 м довжини навантаженої гілки транспортера, кг/м; q_0 — маса стрічки, що припадає на 1 м довжини навантаженої гілки, кг/м; ω - коефіцієнт тяги, для транспортерів без роликів опор $\omega = 0,2 - 0,25$; з роликів опор - $0,02 - 0,03$; a - кут нахилу транспортера до горизонту, град; L_n - довжина навантаженої гілки транспортера, м; $g = 9,81$ м/с².

Сила опору на прямолінійних ділянках холостої вітки F_2 , Н, дорівнює:

$$F_2 = q_0 (\omega \cos \alpha + \sin \alpha) L_x g, \quad (4.4)$$

де L_x - довжина холостої гілки, м.

Сила опору на барабанах і зірочках F_3 , Н, що складається з опору згинання стрічки та опору тертя у підшипниках, становить:

$$F_3 = KBz + (F_{нб} + F_{зб} + 9,8m_б) \frac{d}{D} f, \quad (4.5)$$

де K - дослідний коефіцієнт, Н/м, при $D > 0,6$ м $K = 2$, при $D < 0,6$ м $K = 1,5$; z - кількість прокладок у транспортуючій стрічці; $F_{нб}$ - натяг набіжної гілки стрічки, Н; $F_{зб}$ - натяг збіжної гілки, Н, $F_{зб} \approx 1,05 F_{нб}$; $m_б$ - маса барабана, кг; d/D - відношення діаметра цапфи до діаметра барабана, $0,125 - 0,143$; f - коефіцієнт тертя, для підшипників кочення $f = 0,02$.

Силу опору на криволінійних ділянках стрічки F_4 , Н, визначають за формулою

$$F_4 = F_n \omega_1 \alpha_1, \quad (4.6)$$

де F_n - зусилля в стрічці в точці переходу на криволінійну ділянку, Н; ω_1 - коефіцієнт опору на криволінійних ділянках, $\omega_1 \approx \omega$; α_1 - кут між суміжними прямолінійними ділянками, рад.

Якщо транспортери мають плужкові скидачі, то опір додатково збільшується на величину

$$F_{ск} = 2,7 g q B. \quad (4.7)$$

Продуктивність скребкових транспортерів Q , кг/с, становить

$$Q = K_a \psi \gamma B H v, \quad (4.8)$$

де K_a - коефіцієнт, що враховує заповнення скребків залежно від кута нахилу транспортера a , град, до горизонту: для легко-сипких вантажів $K = 1 - 0,0175a$, для слабо-сипких $K = 1,05 - 0,01a$; ψ - коефіцієнт заповнення, $\psi = 0,6 - 0,8$; γ - об'ємна маса транспортованого матеріалу, кг/м³; B - ширина скребків, м; H - висота скребків,

м; v - швидкість руху скребків, м/с. Для коренеплодів $v = 0,25 - 0,5$, для борошнистих кормів і гною - $0,5 - 1,0$; для зерна - $1-2,2$ м/с.

Споживана потужність скребковими транспортерами P , кВт, дорівнює

$$P = \frac{9,81Q(H + f_c L \cos \alpha)}{1000\eta_{\Pi}}, \quad (4'9)$$

де H - висота підйому продукту, м; f_c - коефіцієнт опору руху (табл. 4.1); L - довжина транспортера, м; α - кут нахилу транспортера до горизонту, град; η_{Π} - ККД передачі.

4.1. Значення коефіцієнтів опору руху скребкових транспортерів f_c

Тип ланцюга	Продуктивність, кг/с				
	1,25	2,5	5	7,5	10
Втулково-роликівий	2,25	1,7	1,3	1,1	1,05
Гачковий	4,2	3,0	2,25	1,9	1,6

Продуктивність скреперних транспортерів Q , кг/с, визначають так:

$$Q = \frac{m_k \psi}{l/v_B + l/v_{\Pi} + t_p}, \quad (4.10)$$

де m_k - корисна місткість скрепера, кг; l - середня довжина переміщення вантажу, м; u_e і u_n - швидкість руху відповідно завантаженого і порожнього скрепера, м/с; t_p - час, необхідний для реверсування привода, с; ψ - коефіцієнт заповнення скрепера, для дрібно-кускових і вологих вантажів $\psi = 0,9 - 1,2$.

Споживана потужність скреперних установок P , кВт, становить

$$P = \frac{F_c v_c}{1000\eta_y},$$

де v_c - середня швидкість руху скрепера, м/с; F_c - повний тяговий опір скрепера, Н; η_y - ККД установки.

Опір F_c руху скрепера залежить від маси скрепера і транспортованого матеріалу, коефіцієнтів тертя матеріалу по стінках канавки між матеріалом і скрепером, опору переміщенню тягових канатів і тертя в блоках.

Для скреперної установки, що працює в двох канавках, F_c дорівнює

$$F_c = F_1 + F_2, \quad (4.12)$$

де F_1 - опір руху скреперів під час роботи, Н; F_2 - опір руху, який виникає від попереднього натягу тягового троса, Н. Вони визначаються відповідно:

$$F_1 = 9,81[2(m_B + m_C)\beta + q_T L_T f_T], \quad (4.13)$$

де m_B - маса порції транспортованого матеріалу, кг; m_C - маса скрепера, кг; $\beta = 1,8 - 2,0$ - загальний опір переміщення гною і скрепера; q_T - маса одного метра троса, кг; L_T - довжина троса, м; $f_T = 0,5 - 0,6$ - коефіцієнт тертя троса по дну канавки;

$$F_2 = \frac{F_1}{e^{\mu\alpha - 1}}, \quad (4.14)$$

де μ - коефіцієнт тертя троса по ролику, $\mu = 0,1 - 0,2$; α - кут обхвату ролика тросом, град.

При виборі двигуна для привода скреперної установки враховують характер зміни навантаження протягом циклу та кількість циклів за годину.

Продуктивність ковшових елеваторів (норій) Q , кг/с, становить

$$Q = \psi \frac{i}{l} v \gamma, \quad (4.15)$$

де ψ - коефіцієнт наповнення ковшів. Для зерна $\psi = 0,75 - 0,9$; продуктів помелу - $0,33$; у похилих норій коефіцієнт наповнення більший на $10-20\%$; i - вантажна місткість одного ковша, кг; l - відстань між ковшами, м; v - швидкість руху ковшів, м/с. Для зерна $v = 2 - 4$; для борошна - $1-1,5$; для коренеплодів - $0,3 - 0,5$ м/с; γ - об'ємна маса транспортованого матеріалу, кг/м³.

Потужність, споживана норією у тривалому режимі роботи, P , кВт, дорівнює

$$P = \frac{9,81QH}{1000\eta_H},$$

де H - висота підйому матеріалу, м; η_H - ККД норії. Для вертикальної $\eta_H = 0,5 - 0,7$; для похилої - $0,3 - 0,4$.

Продуктивність шнекових транспортерів Q , кг/с, розраховується за виразом

$$Q = 0,25\pi(D^2 - d^2)sn_{ш}\gamma k_v \psi C, \quad (4.17)$$

де D - зовнішній діаметр гвинта, м; d - діаметр валу гвинта, м; s - крок гвинта, м; $n_{ш}$ - частота обертання валу шнека, об/с; γ - об'ємна маса матеріалу, кг/м³; k_v - коефіцієнт відставання колової швидкості матеріалу від осьової швидкості твірної шнека, що залежить від вантажу та швидкохідності шнека, $k_v = 0,6 - 0,9$, при цьому більше значення вибирають для швидкохідних шнеків; ψ - коефіцієнт заповнення гвинта. Приймається для зерна $0,25 - 0,35$; борошна - $0,25-0,30$; коренеплодів - $0,4$;

напіврідких кормових сумішей - 0,9 - 1,0; гною - 0,6 - 0,8; C - коефіцієнт зниження продуктивності при збільшенні кута α нахилу шнека до горизонту:

α , град.	0	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90
$^{\circ}C$	1	0,9	0,8	0,71	0,65	0,58	0,52	0,48	0,44	0,39	0,34	0,3

Потужність, споживана шнеком P , кВт, визначається за формулою

$$P = \frac{9,81KQ(Lf_c + H)}{1000\eta_{\Pi}}, \quad (4.18)$$

де K - коефіцієнт, що враховує кут α нахилу шнека до горизонту,

α , град.	20	25	30	35	40	45	90
K	1	1,05	1,13	1,2	1,32	1,4	2,5

L - довжина шнека, м; f_c - коефіцієнт опору переміщенню матеріалу по кожуху: для зерна, продуктів помелу, кормів - 1,2; для гною - 2,5 - 4,0; H - висота підйому матеріалу, м; η_{Π} - ККД передачі.

Продуктивність тросо-шайбових транспортерів Q , кг/с, дорівнює:

$$Q = \gamma F v K_1 K_2, \quad (4.19)$$

де γ - об'ємна маса транспортованого матеріалу, кг/м³; F - площа "живого" перерізу трубопроводу, м²; $v = 0,1 - 0,4$ м/с - швидкість транспортування; $K_1 = 0,8 - 0,9$ - коефіцієнт заповнення жолоба; $K_2 = 1,05 - 1,1$ - коефіцієнт, що враховує ущільнення матеріалу.

Площу "живого" перерізу трубопроводу знаходять за виразом

$$F = 0,25\pi(D^2 - d^2), \quad (4.20)$$

де D - внутрішній діаметр трубопроводу, м, $D = 0,025-0,03$ м; d - діаметр троса, м.

Потужність, споживана тросо-шайбовим транспортером, P , кВт, становить

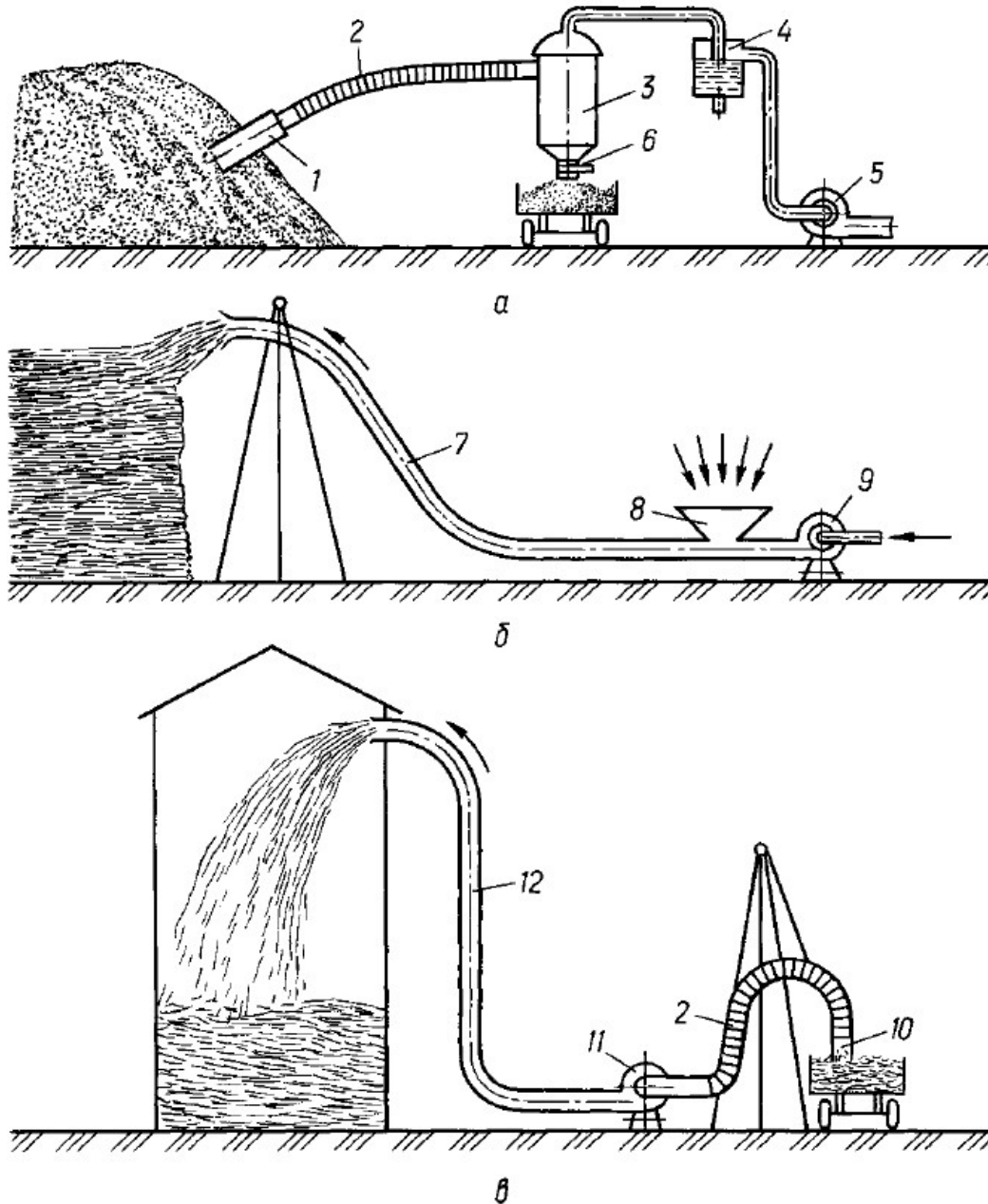
$$P = \frac{9,81Q(H + L_{\text{в}}f_{\text{в}} + L_{\text{г}}f_{\text{г}})}{1000\eta_{\Pi}},$$

де H - висота підйому продукту, м; $L_{\text{в}}$, $L_{\text{г}}$ - сумарна довжина труб відповідно на ділянках вертикального і горизонтального переміщень, м; η_{Π} - ККД передачі.

Пневматичні транспортери широко використовують для переміщення сипких матеріалів у різних галузях народного господарства. У сільському господарстві вони транспортують зерно, борошно, комбікорми, тирсу, подрібнені сіно, соломку, полу тощо.

За принципом дії пневмотранспортери поділяють на всмоктувальні, нагнітальні і змішані (рис. 4.4).

Всмоктувальні транспортери використовують для переміщення вантажів на невеликі відстані. Вони працюють при розрідженні 10-50 кПа, яке створюється вентиляторами, повітродувками, вакуумними насосами.



а - всмоктувального; *б* - нагнітального; *в* - змішаного; 1. 10 - сопла; 2 - гнучкі трубопроводи; 3 - розвантажувач; 4 - фільтр; 5. 9. 11 - вентилятори; 6 - затвор; 7. 12 - нагнітальні трубопроводи; 8 - завантажувальна воронка

Рис. 4.4. Технологічні схеми пневматичних транспортерів:

Нагнітальними транспортерами транспортують вантажі на відстані до 3600

м. Для створення потоку повітря використовують вентилятори низького, середнього або високого тиску, а при напорах більше 15 кПа - турбонасоси або компресори.

У змішаних транспортерах матеріал засмоктується через всмоктувальний трубопровід, проходить через вентилятор і далі транспортується через нагнітальну трубу. Енергетичні показники таких транспортерів дуже низькі.

Розрахунок транспортера з трубою постійного діаметра провадять у такій послідовності:

1. Знаходять оптимальну швидкість повітря в трубопроводі v_n , м/с:

$$v_n = av_0, \quad (4.22)$$

де a - коефіцієнт, що залежить від складності траси, концентрації суміші і фізико-механічних властивостей вантажу: для зерна - 1,25-2,5; колосків і збоїн - 1,5 - 3,7; соломи і сіна - 1,5 - 2,5. При горизонтальних повітропроводах оптимальне значення коефіцієнта a при мінімумі енерговитрат становить 1,38; v_0 - швидкість ширяння матеріалу в трубопроводі, м/с (табл. 4.2).

4.2. Швидкість ширяння матеріалів, переміщуваних пневмотранспортерами

Матеріал	Швидкість ширяння, м/с	Матеріал	Швидкість ширяння, м/с
Борошно, тирса	7,5 - 8,1 11	Просо	8,2 - 9,5
Горох лущений	12	Полова	0,67 - 3,1
Гречка	8,5- 9,5	Пшениця	9,8 - 11
Жито	8,4- 10	Пісок, добриво	17 - 20
Крупа:		Силос при $\omega = 72 - 82 \%$	8-20
вівсяна	7,5- 8,5	Солома	6,4- 8,7
перлова	10 - 12	Солома різана	
пшоно	8,3- 9,5	до 100 мм завдовжки	3,5- 4,25 14,8 -
Кукурудза, квасоля	12 - 13,5	Соя	15,5 0,22 -
Овес	7- 7,5	Цемент	0,34
Насіння соняшника	7,3- 8,4	Ячмінь	9 - 10,5
Насіння льону	4,5- 5,2		

2. Витратна концентрація суміші μ_v , кг/кг, становить

$$\mu_B = 2530 \frac{v_{II}}{G_M}, \quad (4.23)$$

де G_M - продуктивність установки за транспортованим матеріалом, кг/год.

3. Витрата повітря на транспортування G_{II} , кг/год, дорівнює:

$$G_{II} = \frac{G_M}{\mu_B}. \quad (4.24)$$

4. Продуктивність вентилятора Q_B , м³/год, розраховують за формулою

$$Q_B = \frac{G_{II}}{\gamma_{II}}, \quad (4.25)$$

де γ_{II} - об'ємна маса повітря, кг/м³, величина якої залежить від температури t повітря та тиску в трубопроводі:

$$\gamma_{II} = K \frac{342}{273 + t}.$$

При атмосферному тиску $K = 1$; при підвищеному тиску в напірному трубопроводі $K = 1,3 - 1,6$; при розрідженні у всмоктувальному трубопроводі $K = 0,67 - 0,8$.

5. Діаметр труби D , м, визначають так:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{D_B}{3600 v_{II}}}. \quad (4.27)$$

6. Гідравлічний опір транспортуючого трубопроводу H , Па, дорівнює

$$H_T = \frac{\lambda l v_{II}^2 \gamma_{II}}{2D} (1 + 4,55 D \mu_B) + \mu_B g \gamma_{II} h, \quad (4-28)$$

де $\lambda = \frac{0,0042}{G_{II}^{0,1}}$ - коефіцієнт опору тертя в трубопроводі при чистому потоці повітря; l - довжина трубопроводу, м; h - висота підйому вантажу, м.

За розрахованими параметрами Q_B і H_m вибирають вентилятор і знаходять потужність приводного двигуна P , кВт:

$$P_{дв} = \frac{Q_B H_T}{3600 \eta_B \eta_{II}} 10^{-3}, \quad (29)$$

де η_B , η_{II} - ККД відповідно вентилятора і передачі.

При наявності на трубопроводі сопел і розвантажувачів у розрахунок H_m вносять корективи на втрати тиску в місцевих опорах.

2. Автоматизація стаціонарних транспортерів

Більшість стаціонарних транспортерів входять до складу потокових ліній, і система керування ними є складовою частиною загальної схеми керування потоковою лінією (наприклад, в агрегатах типу АВМ, ЗАВ, КЗС, кормоцехах, дробарках ДКМ-5 та ін.).

Елементами автоматизації стаціонарних транспортерів є блокування послідовності пуску і зупинки, блокування, що контролюють цілість транспортуючого органу (стрічки, ланцюга тощо), кінцеві та шляхові вимикачі, реле часу та програмні пристрої, регулятори подачі транспортованого продукту, апарати захисту від коротких замикань і перевантажень.

Для запобігання завалу завантажувальної головки зернової норії при її аварійній зупинці схемами керування передбачають автоматичний пристрій, який керує засувкою завантажувального вікна. Після вимикання двигуна норії пристрій закриває засувку, що припиняє надходження зерна до ковшів.

Двигуни привода транспортерів працюють при повному завантаженні, тому обрив фази призводить до їх зупинки. Для надійного захисту двигунів від перегрівання передбачають тепловий або температурний захист.

Автоматизація роздавача кормів РВК-Ф-74. Транспортер РВК-Ф-74 призначений для роздавання кормів на фермах великої рогатої худоби. Складається з робочого органу, кормового жолоба, натяжної станції, привода та шафи керування. Робочим органом є стрічка з прикріпленим до неї канатом і кругло-ланковим ланцюгом або ланцюг та скребкове полотно, розміщене на половині замкненого контуру. Привід складається з рами, на якій розміщена приводна станція, і кінцевих вимикачів. Передача крутного моменту від двигуна до робочого органу здійснюється через редуктор і ланцюгову передачу.

Робочий процес відбувається так. Корм завантажується мобільним коромо-роздавачем у бункер, вмикається привод робочого органу, який переміщує його вздовж кормового жолоба. При повному переміщенні робочого органу вздовж фронту годівлі привод зупиняється за командою кінцевого вимикача. Перед початком наступної годівлі робочий орган вмикають на зворотний рух, при цьому

залишки корму скидаються спеціальним скребком у приямок. Коли робочий орган досягає вихідного положення, привод автоматично вимикається.

Схемою керування транспортером-роздавачем передбачено реверсивне керування двигуном привода з двох місць, автоматичну зупинку в кінцевих положеннях, звукову сигналізацію перед кожним пуском, світлову сигналізацію про наявність напруги живлення, захист від коротких замикань і перевантажень, електричне блокування пускача.

Для пуску двигуна *M* (рис. 4.5) вмикають автоматичний вимикач і натискають кнопку *SB2.2* або *SB3*, подаючи живлення на котушку реле часу *KT1*. Реле *KT1* контактом *KT1.2* без витримки часу вмикає дзвінок, а через певний час контактом *KT1.1* вмикає контактор *KM 1.1*.

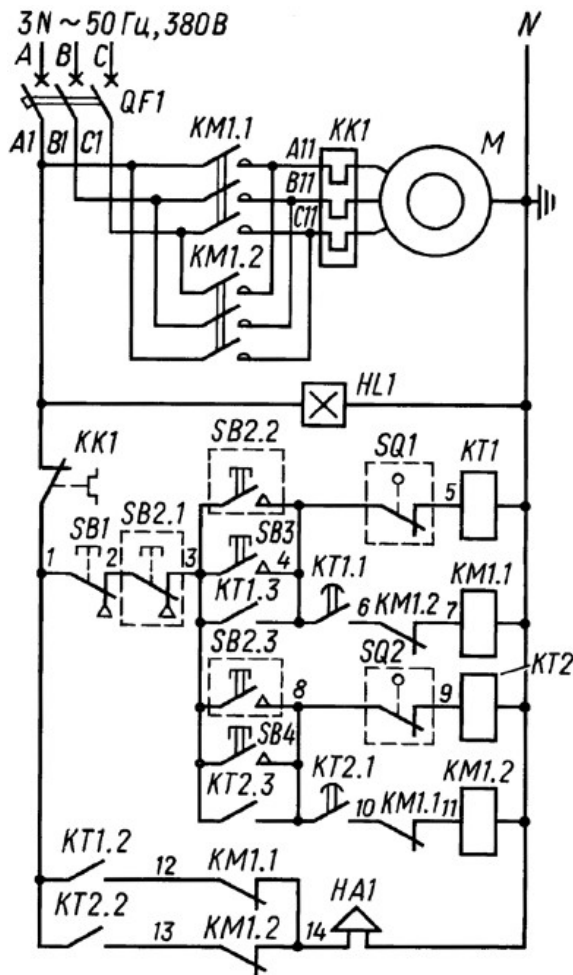


Рис. 4.5. Електрична схема керування двигуном транспортера-кормороздавача РВК-Ф-74

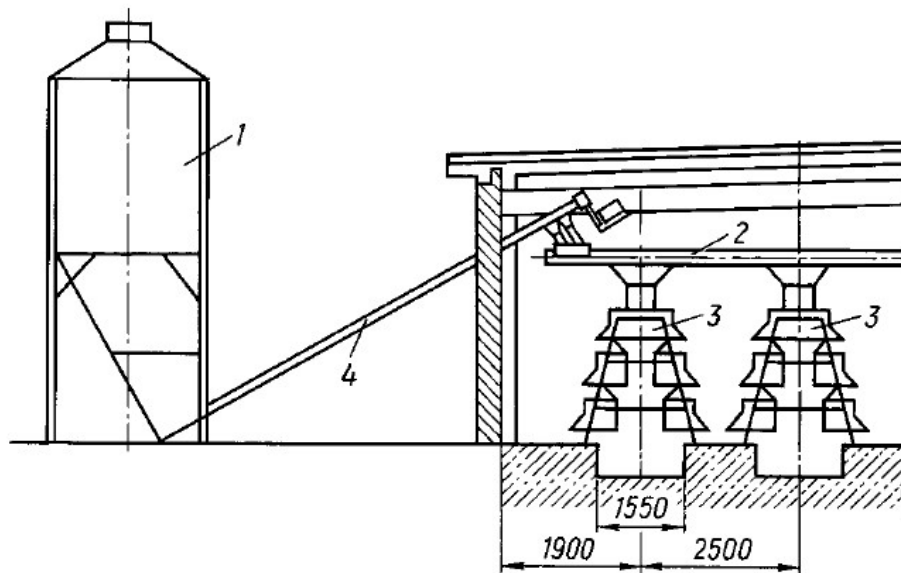
Останній головними контактами вмикає двигун у мережу, а допоміжним розмикаючим контактом вимикає дзвінок *HA1*. При досягненні стрічкою кінцевого

положення спеціальний упор натискає на кінцевий вимикач *SQ1* і привод зупиняється. Для реверсування робочого органу натискають на кнопку *SB2.3* або *SB4*. Спрацьовує реле часу *KT2*, яке контактом *KT2.2* вмикає дзвінок *HA1*, а контактом *KT2.1* з витримкою часу - контактор *KM 1.2*. У вихідному положенні робочий орган зупиняється після розмикання контакту кінцевого вимикача *SQ2*. Для аварійної зупинки передбачені кнопки *SB 1* та *SB2.1*. Захист від коротких замикань здійснюється автоматичним вимикачем *QF*, захист від перевантажень - тепловим реле *KK1*. Лампа *HL1* сигналізує про наявність напруги живлення.

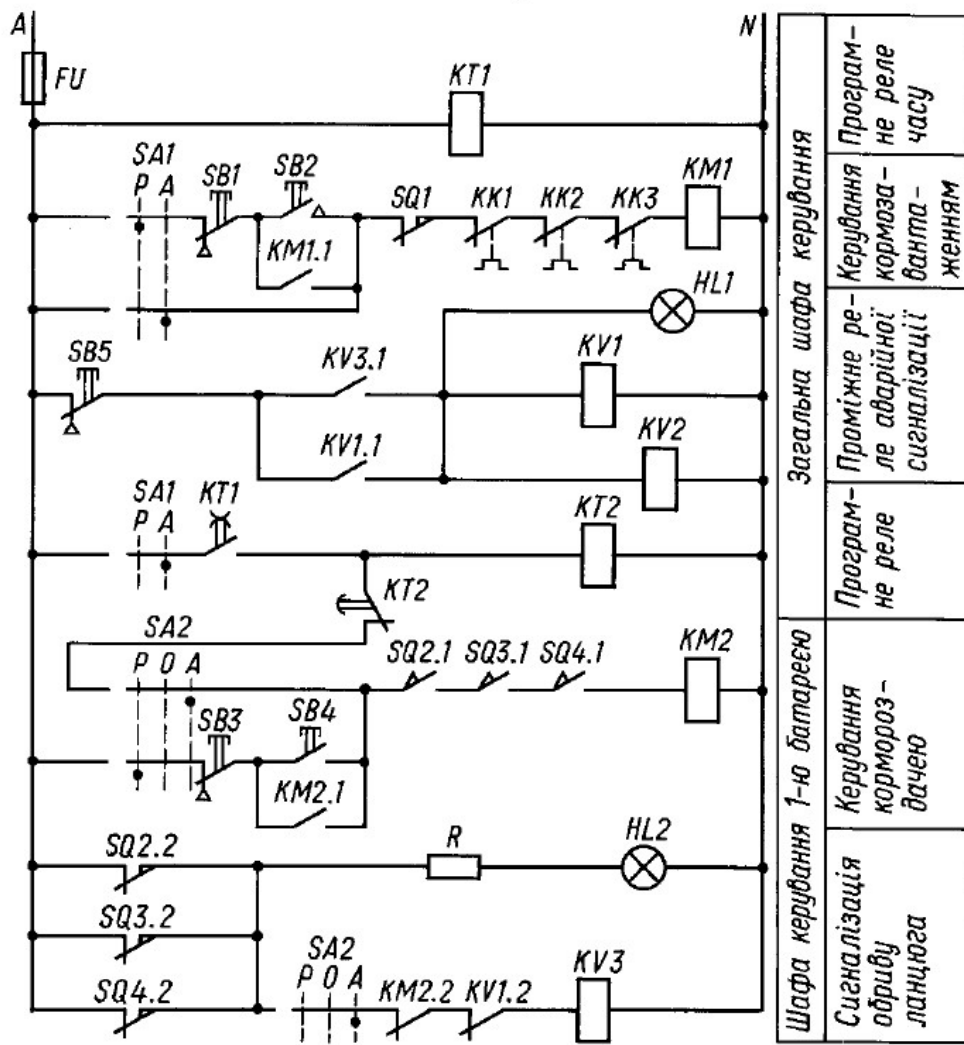
Автоматизація лінії коркомроздачі комплекту обладнання БМК-3. Комплект обладнання БМК-3 призначений для кліткового утримання молодняку курей-несучок. Лінія завантаження і роздавання кормів складається з бункера сипких кормів *1* (рис. 4.6, *a*), транспортерів *2* і *4*, бункера батареї з ворушилкою, лінії годівниць *3* з кормороздавальним ланцюгом і поворотними станціями, за допомогою яких на кожному ярусі батареї створюється замкнений контур кормороздавального ланцюга. Норму видачі корму з бункера батареї в годівниці регулюють засувками, закріпленими біля вихідних отворів бункера на кожному ярусі. Ланцюги кормороздавачів всіх трьох ярусів батареї приводяться у рух від одного двигуна.

Корм з бункера *1* подається похилим транспортером *4* до приймального горизонтального транспортера *2*, який доставляє корм у бункери кліткових батарей, завантажуючи їх послідовно. Після того як корм повністю заповнить бункер першої батареї і закриє вивантажувальне вікно в коробі вивантажувального транспортера, він починає транспортуватися до бункера другої батареї і завантажувати його аналогічно попередньому. При заповненні останнього бункера лінія завантаження корму автоматично вмикається. Приводи кормороздавальних ланцюгів вмикаються вручну кнопками або автоматично за командою програмного пристрою.

Принципову електричну схему керування завантаження бункерів всіх кліткових батарей БМК-3 і кормороздачею першої батареї наведено на рис. 4.6, *б*. Схеми керування кормороздачею у всіх інших батареях аналогічні першій.



а



б

а - технологічна схема; б - принципіальна електрична схема; 1 - бункер; 2 горизонтальний транспортер; 3 - лінії годівниць; 4 - похилий транспортер

Рис. 4.6. Електропривід кормороздачі кліткових батарей БКМ-3:

Апарати лінії кормо-завантаження (*KT1, KM1, KV2, KT2, HL1*) знаходяться в загальному ящику керування. Апарати керування лінією кормороздачі (для першої батареї - *KM2, KV3, HL2*) розміщені в ящику керування відповідної батареї. У коло керування пускачем *KM 1*, який вмикає і вимикає всі електродвигуни лінії завантаження кормів, увімкнені контакти теплових реле *KK1 - KK3* електродвигунів похилого і горизонтального транспортерів.

Для роботи в ручному режимі перемикачі *SA1* і *SA2* ставлять у положення “Р”. Транспортери кормо-завантаження вмикають кнопкою *SB2*. Вимикається двигун транспортера після заповнення бункера останньої батареї кінцевим вимикачем *SQ1* або натисканням кнопки *SB1*. Двигун кормороздачі першої батареї вмикається і вимикається натисканням кнопок *SB4* і *SB3*.

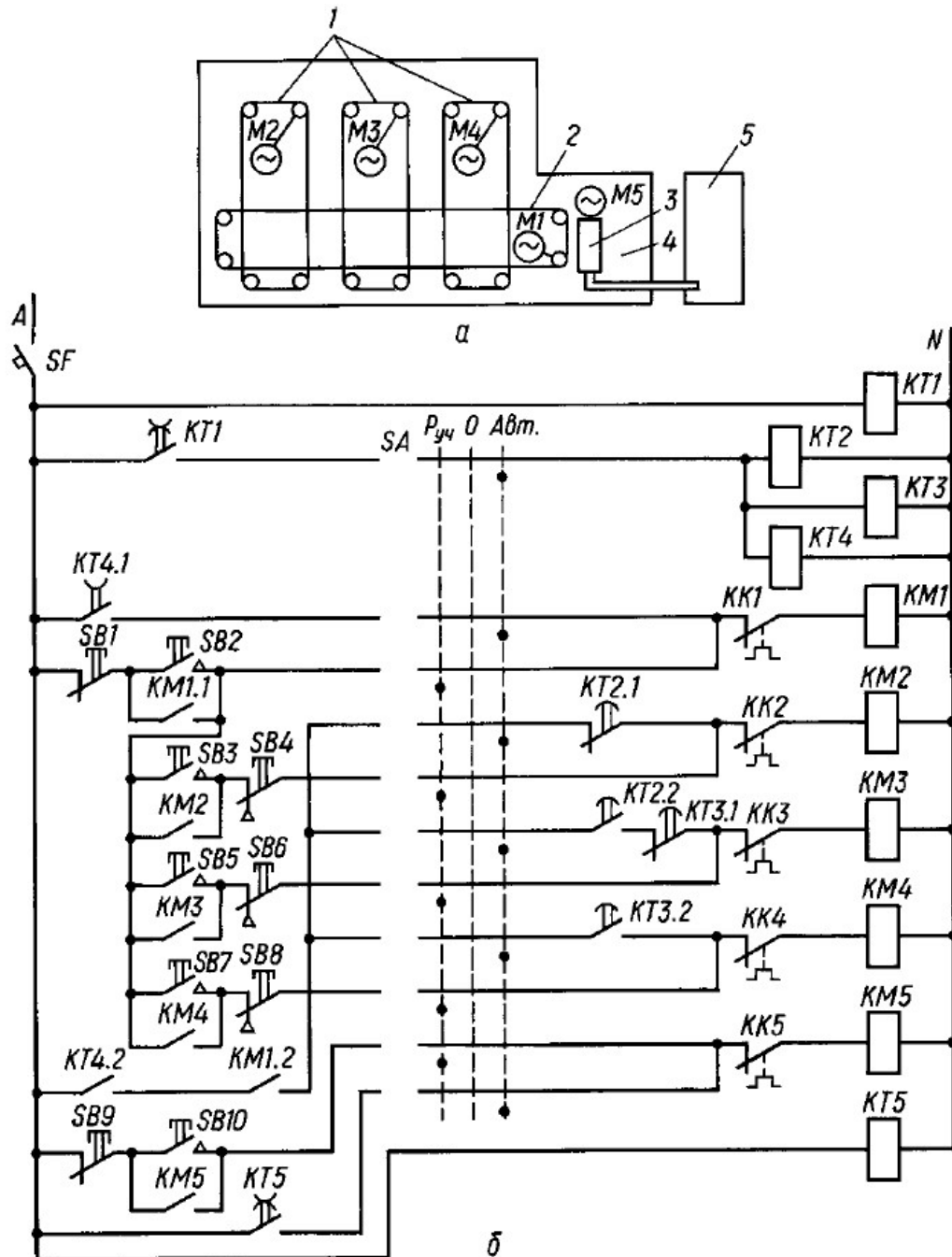
При обриві ланцюга кормороздачі двигун його привода вимикається контактами вимикачів обриву ланцюга *SQ2.1 - SQ4.1*, а контактами *SQ2.2 - SQ4.2* вмикаються сигнальні лампи в ящику керування батареєю та залі.

В автоматичному режимі перемикачі *SA1* і *SA2* ставлять у положення “А”. Механізми кормо-завантаження вмикаються і вимикаються контактом кінцевого вимикача *SQ1*, що розміщений на бункері останньої кліткової батареї. При його заповненні подається команда на зупинку двигунів транспортерів.

Команди на вмикання транспортерів кормороздачі подаються від програмного пристрою *KT1*, наприклад реле часу типу *2PBM* відповідно до технологічних режимів годівлі. При замиканні контакту *KT1* через розмикаючий контакт *KT2* другого програмного реле відбувається автоматичний запуск двигунів кормороздачі всіх кліткових батарей. Витримка часу реле *KT2* дорівнює тривалості кормороздачі батареї.

У випадку обриву ланцюга кормороздачі на будь-якому ярусі кліткової батареї перемикаються контакти одного з кінцевих вимикачів *SQ2-SQ4*. Замикаючий контакт розмикається і пускач *KM2* вимикає двигун ланцюгового транспортера, а через розмикаючий - вмикається реле *KV3*. Контакт *KV3.1* замикає коло обмоток реле *KV1* і *KV2*, які своїми контактами вмикають сигнальну лампу *HL1* в залі та лампу сигналізації батарей (на схемі не показана). Для зняття сигналу в залі перемикач *SA2* ставлять у положення “0” і натискають кнопку *SB5*.

Автоматизація потокової лінії прибирання гною. До складу потокової лінії входять три поздовжніх транспортери 1 (рис. 4.7, а), що прибирають гній із зони розміщення тварин, поперечний 2, що транспортує його до гноезбірника 4, і поршневий насос 3, який перекачує гній до гноесховища 5. Привод механізмів здійснюється від асинхронних електродвигунів МІ - М5.



а - технологічна; б - принципальна електрична; 1 - поздовжні транспортери; 2 - поперечний транспортер; 3 — поршневий насос; 4 - гноезбірник; 5 - гноесховище

Рис. 4.7. Схема автоматизації потокової лінії прибирання гною:

Схемою автоматизації передбачено ручне та автоматичне керування

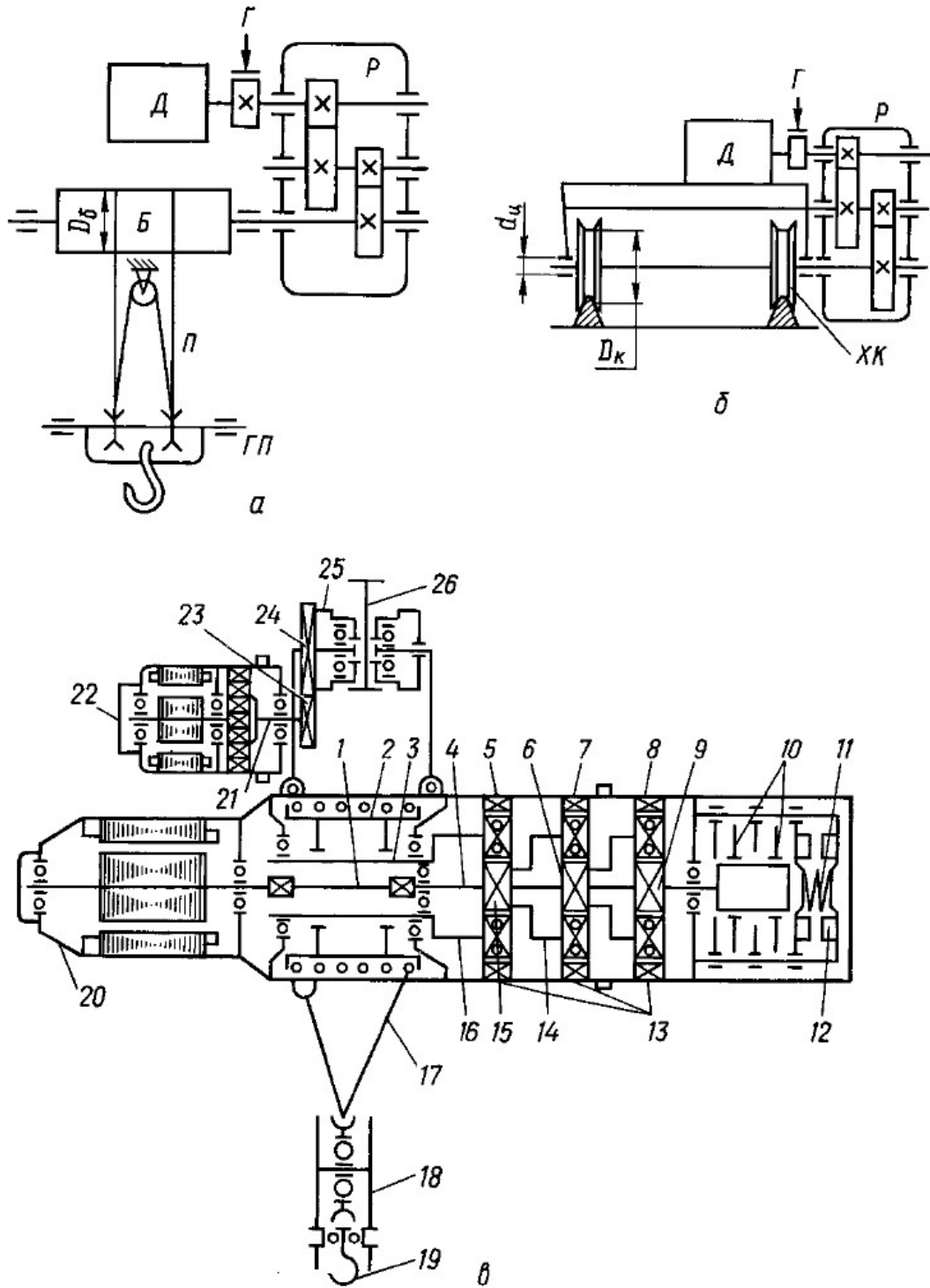
двигунами. При ручному керуванні двигуни вмикають і вимикають кнопками SB1 - SB10 (рис. 4.7, б). В автоматичному режимі роботою механізмів керують програмні пристрої *KT1* і *KT5* та реле часу *KT2* - *KT4*. В установлений час програмне реле *KT1* замикає контакт і вмикає реле часу *KT2*, *KT3*, *KT4*. Реле *KT4* своїми контактами вмикає пускачі *KM1* двигуна поперечного транспортера і *KM2* двигуна першого поздовжнього транспортера. Через проміжок часу Δt_1 , достатній для прибирання гною першим поздовжнім транспортером, спрацьовує реле *KT2*, яке вимикає пускач *KM2* і вмикає пускач *KM3* двигуна другого поздовжнього транспортера. По закінченні прибирання гною другим поздовжнім транспортером спрацьовує реле часу *KT3*, яке подає команду на вимикання другого і вмикання третього поздовжнього транспортера. Витримка часу реле *KT3* $\Delta t_2 = 2 \Delta t_1$. Через час $\Delta t_3 = 3 \Delta t_1$ від початку вмикання програмний пристрій *KT1* розмикає свій контакт і вимикає реле часу *KT2* - *KT4*. Пускач *KM4* вимикає двигун *M4* третього транспортера. Через час Δt_4 , достатній для звільнення від гною поперечного транспортера, реле часу *KT4* вимикає пускач *KM1*. Двигун поршневого насоса *M5* вмикається і вимикається пускачем *KM5* за командами програмного пристрою *KT5*.

Захист силових кіл і кіл керування здійснюється автоматичними вимикачами, захист електродвигунів від перевантажень - тепловими реле *KK1* - *KK5*.

3. Електропривод вантажопідйомних машин

До вантажопідйомних машин відносять підйомні крани, кран-балки, талі, лебідки. За характером технологічного процесу вони є машинами циклічної дії. Спільним для цих установок є режим роботи, при якому технологічний процес складається з ряду повторюваних однотипних циклів, кожний з яких є закінченою операцією завантаження робочого органу, переміщення його з вихідної точки в пункт призначення і розвантаження.

Основними механізмами вантажопідйомних машин є механізми підйому і пересування (повороту) (рис. 4.8).



а – одно-кінцевої підйомної лебідки; б - механізму переміщення; Д - двигун; Г - гальмо; Р - редуктор; Б - барабан; П - поліспаст; ГП - гакова підвіска; ХК - ходове колесо; в - талі ТЗП-1; 1 - проміжний вал; 2 - робочий барабан; 3 - порожнистий вал; 4 - робочий вал; 5, 7, 8 - сателіти; 6, 9, 15 - сонячні шестерні; 10 - гальмівні диски; 11 - гальмівна пружина; 12 - електромагніт; 13 - блочні шестерні; 14, 16, 21 - водила; 17 - канат; 18 - підвіска; 19 - гак; 20 - електродвигун підйому вантажу; 22 - електродвигун переміщення візка; 23, 24 - шестерні; 25 - коток; 26 - монорейка

Рис. 4.8. Кінематичні схеми кранових механізмів:

Сили тертя в кранових механізмах зумовлюють реактивні моменти, а сили тяжіння мас, що рухаються вертикально або похило-активні. При цьому зведений до валу двигуна статичний момент M_c є алгебраїчною сумою моменту M_b , зумовленого вагою переміщуваного вантажу, і моменту втрат на тертя M_T (рис. 4.9). Момент M_b залежить від величини рухомих мас (вантажів та вантажозахватного пристрою), момент M_T - від ККД кінематичних ланок механізму, який у свою чергу є функцією ваги вантажу. При номінальному завантаженні $G_{ном}$ величини ККД визначаються за довідковими даними. При завантаженні G , меншому за номінальне, ККД можна визначити за експериментальними кривими, наведеними на рис. 4.10.

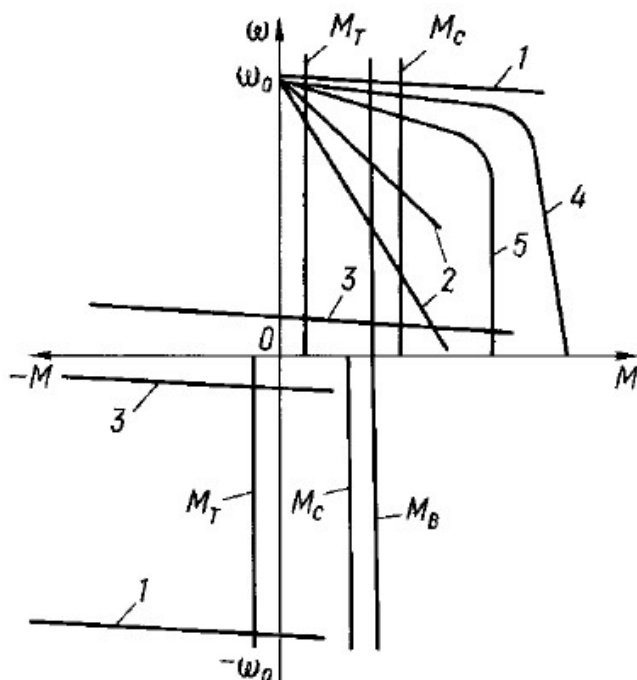


Рис. 4.9. Механічні характеристики електроприводів кранових механізмів

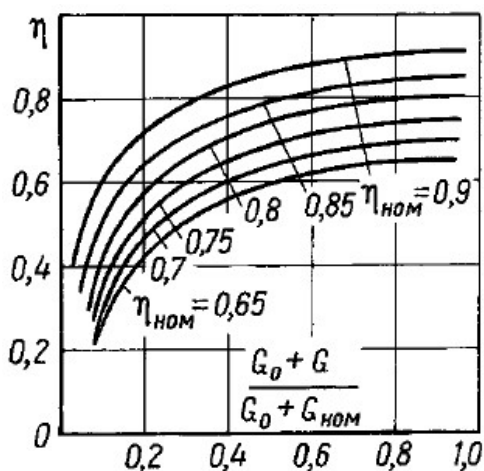


Рис. 4.10. Залежність ККД механізму від величини навантаження

У рух механізми приводяться, як правило, реверсивним електроприводом,

розрахованим для роботи в повторно-короткочасному режимі. У кожному циклі є неусталені режими роботи електропривода: пуски, реверси, гальмування, що суттєво впливають на продуктивність механізму, динамічні навантаження привода і механізму, ККД установки, нагрівання двигунів.

Стандартами встановлені такі режими роботи механічного і електричного обладнання кранових механізмів: легкий - Л ($TV_{ном} = 15 - 25 \%$, кількість вмикань за годину $h < 60$ 1/год), середній - С ($TV_{ном} = 25-40 \%$, $h < 120$ 1/год), важкий - В ($TV_{ном} = 40 \%$, $h < 240$ 1/год) і дуже важкий - ДВ ($TV_{ном} = 60 \%$, $h \leq 600$ 1/год).

Для електрообладнання кранів приймають, що час циклу не перевищує 10 хв, а для механізмів - 1 год.

Щоб втрати електроенергії в електродвигунах були меншими, потрібно, щоб зведений до валу двигуна момент інерції системи був невеликим. Робочі швидкості механізмів кранів, що використовуються в сільському господарстві, знаходяться в межах 0,5-2 м/с, тому основну частку в зведеному моменті інерції становить момент інерції ротора двигуна. Цим зумовлюються застосування в приводах кранових механізмів двигунів з малими моментами інерції ротора.

Кранові двигуни повинні мати велику перевантажувальну здатність, щоб забезпечити: 1) достатній механічний момент при розгоні; 2) необхідний пусковий момент для подолання короткочасних механічних перевантажень, що виникають при відриві вантажів.

Механічні характеристики електроприводів кранових механізмів повинні відповідати вимогам технологічних операцій, що виконує кран:

а) для підйому і опускання вантажів з високою швидкістю характеристики 1 повинні бути жорсткими (див. рис. 4.9);

б) плавний пуск двигуна при реостатному керуванні та роботу на проміжних швидкостях забезпечують м'які характеристики 2;

в) для доводок вантажів при підйомі або спуску з наступною точною зупинкою характеристики 3 повинні бути жорсткими при малих швидкостях;

г) для привода механізмів, що працюють з різними перевантаженнями, наприклад грейферних, використовуються приводи з екскаваторною характеристикою 4;

д) у ряді випадків для механізмів переміщення основною вимогою до механічних характеристик електропривода є підтримання постійного прискорення при розгоні, що забезпечується характеристикою 5.

За розглянутими графіками можна вибрати тип привода для забезпечення потрібного набору характеристик. Набори 1 і 2 забезпечуються асинхронним електродвигуном з фазним ротором при реостатному регулюванні роторного кола. Характеристики 1, 2 і 3 мають приводи з двигуном постійного струму паралельного збудження при реостатному регулюванні (2) та шунтуванні якоря (3). Набори 1, 3, 4 забезпечують складні приводи, наприклад асинхронний двигун з фазним ротором і дроселями насичення в колі статора, або електропривід постійного струму, що живиться від генератора чи тиристорного перетворювача.

Вантажопідйомні машини працюють у різних умовах навколишнього середовища - запилених, вологих приміщеннях, на відкритому повітрі, в умовах різких змін температури. Для забезпечення високої експлуатаційної надійності це необхідно враховувати при виборі електрообладнання за ступенем захищеності від дії навколишнього середовища.

4. Вибір електродвигунів кранових механізмів

Вихідними даними для вибору електропривода кранових механізмів є: вантажопідйомність, робоча швидкість вантажу, допустиме прискорення, число вмикань за годину, тривалість вмикання, кінематична схема і маса механічного обладнання, використання за вантажопідйомністю і часом, діапазон регулювання швидкості і необхідна жорсткість характеристики (особливо при посадці вантажу), умови навколишнього середовища.

Із теорії електропривода відомо, що електродвигун за потужністю вибирається в кілька етапів. Спочатку за навантажувальною діаграмою робочої машини вибирається двигун, а потім перевіряється методом середніх втрат або еквівалентних величин. При попередньому виборі слід враховувати особливості конкретного механізму. Для кранових механізмів найхарактернішими є три випадки попереднього вибору двигуна:

1. Цикл роботи механізму заданий, причому динамічні навантаження мають незначний вплив на нагрівання двигуна.
2. Цикл роботи механізму заданий і відомо, що динамічні навантаження суттєво впливають на нагрівання двигуна.
3. Цикл роботи механізму завданням не визначений.

Перший випадок характерний для механізмів з малими інерційними масами – одно-кінцевих підйомних і тягових лебідок. Вплив динамічних навантажень на нагрівання двигуна можна визначити шляхом порівняння тривалості пуску $t_{\text{п}}$ з тривалістю усталеного режиму $t_{\text{у}}$. Якщо $t_{\text{п}} \ll t_{\text{у}}$, потужність двигуна можна вибрати за навантажувальною діаграмою виконавчого механізму.

Наприклад, за діаграмою, наведеною на рис. 4.11, знаходять еквівалентний момент навантаження:

$$M_{\text{с.е}} = \sqrt{\frac{M_{\text{с.п}}^2 t_{\text{п}} + M_{\text{с.оп}}^2 t_{\text{оп}}}{t_{\text{п}} + t_{\text{оп}}}}, \quad (4.30)$$

де $M_{\text{сп}}$, $M_{\text{соп}}$ - моменти статичних опорів відповідно при підніманні і опусканні вантажу, Н•м; $t_{\text{п}}$, $t_{\text{оп}}$ - тривалість часу відповідно піднімання і опускання, с.

Фактична відносна тривалість вмикання $TВ_{\text{ф}}$, %, становить

$$TВ_{\text{ф}} = \frac{t_{\text{п}} + t_{\text{оп}}}{t_{\text{п}} + t_{\text{оп}} + t_{01} + t_{02}} 100, \quad (4.31)$$

де t_{01} , t_{02} - тривалість пауз, с.

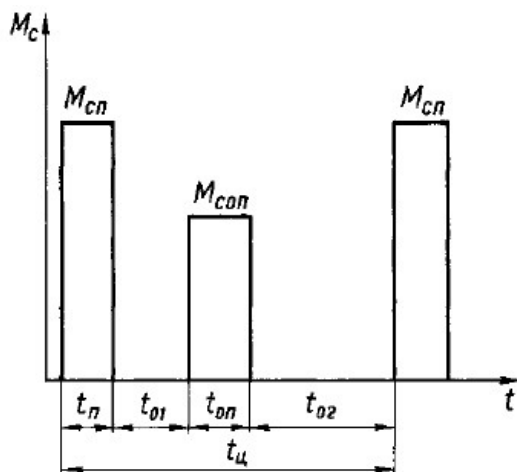


Рис. 4.11. Навантажувальна діаграма підйомного механізму крана

Зведені до валу двигуна моменти статичних опорів $M_{\text{с}}$, Н•м, дорівнюють:

- а) при підніманні вантажу

$$M_c = \frac{9,81(m + m_0)D_6}{2i\eta},$$

б) при опусканні вантажу

$$M_c = \frac{9,81(m + m_0)D_6\eta}{2i},$$

де m, m_0 - відповідно маса вантажу і вантажозахватних пристроїв, кг; D_6 - діаметр барабана, м; i - передаточне число редуктора і поліспасти; η - ККД підйомного механізму.

При горизонтальному переміщенні зведений момент статичних опорів визначається за виразом

$$M_c = \frac{9,81k(m + m_1)(\mu + fr)}{i\eta}, \quad (4.34)$$

де k - коефіцієнт, що враховує тертя реборд коліс об рейки; m - маса вантажу, кг; m_1 - маса механізму, що переміщується, включаючи m_0 , кг; μ - коефіцієнт тертя кочення ходових коліс візка об рейки.

Залежно від діаметра ходового колеса, його матеріалу та типу рейки $\mu = (0,3 - 1,4)10^{-3}$ м; r - радіус шийки осі колеса, м; f - коефіцієнт тертя в підшипниках (0,08 для підшипників ковзання, 0,01 - 0,02 - для підшипників кочення); i - передаточне число механізму переміщення; η - ККД механізму переміщення.

Якщо підйомно-транспортний механізм рухається по похилому шляху і сприймає вітрові навантаження, то момент на валу двигуна становить

$$M_c = \frac{9,81(m + m_1)(\mu + fr)}{i\eta} (\sin \alpha + k \cos \alpha) + \frac{F(S_M + S_B)R}{i\eta}, \quad (4.35)$$

де α - кут уклону колії до горизонту, град; F - питоме вітрове навантаження, Н/м²; S_M, S_B - площі підвітряних сторін відповідно машини і вантажу, м²; R - радіус ходового колеса, м.

Необхідна потужність двигуна визначається за виразом

$$P_{дв} = K_3 M_{c.e} \omega_{дв}, \quad (4.36)$$

де $K_3 = 1,1 - 1,5$ - коефіцієнт запасу, що враховує вплив динамічних навантажень. Величина K_3 залежить від відношення t_n/t_y . Із збільшенням t_n/t_y коефіцієнт K_3

збільшують орієнтовно, враховуючи, що при $t_{п}/t_{у} < 0,05$ слід брати менше значення, а при $i_{п}/t_{у} > 0,2 - 0,3$ - більше; $\omega_{дв}$ - кутова швидкість обертання двигуна, рад/с, що визначається за формулою

$$\omega_{дв} = \frac{2v_{р}i}{D_{б}}, \quad (4.37)$$

де $v_{р}$ - робоча швидкість вантажу, м/с.

З каталогу вибирається двигун за умовами:

$$\left. \begin{array}{l} P_{дв.ном} \geq P_{дв} \\ ТВ_{ст} \geq ТВ_{ф} \end{array} \right\} (4.38)$$

де $ТВ_{ст}$ - стандартна тривалість вмикання вибраного двигуна, %.

При значній різниці між $ТВ_{ст}$ і $ТВ_{ф}$ потужність двигуна вибирають за виразом

$$P_{дв.ном} \geq P_{дв} \sqrt{\frac{ТВ_{ф}}{ТВ_{ст}}}. \quad (4.39)$$

Вибраний електродвигун перевіряється на нагрівання під час пуску одним із відомих з курсу теорії електропривода методів, а також на перевантажувальну здатність за умовою

$$M_{тах} = M_{ст1} + M_{дин} \leq M_{доп}, \quad (4.40)$$

де $M_{ст1}$ - найбільший момент статичного навантаження за навантажувальною діаграмою, зведений до валу електродвигуна, Н•м; $M_{дин}$ - динамічний момент при пуску, Н•м; $M_{доп}$ - допустимий момент короткочасного перевантаження двигуна Н•м.

Динамічний момент при пуску створюється двома складовими - моментом інерції мас, що рухаються поступально, і тих, що обертаються:

$$M_{дин} = M_{дин.пос} + M_{дин.об} = \frac{\sum m D_{б} \omega_{дв}}{2i^2 t_{п} \eta} + \frac{J_{зв} \omega_{дв}}{t_{п}}, \quad (4.41)$$

де $\sum m$ - сума мас, що рухаються поступально, кг; $t_{п}$ - час пуску двигуна до усталеної швидкості, с; $J_{зв}$ - зведений до валу двигуна момент інерції вузлів, що обертаються, кг•м.

Вибраний двигун перевіряється також на допустиме прискорення:

$$a_{\text{доп}} \geq \frac{v_p}{t_{\text{п}}}, \quad (4.42)$$

де $a_{\text{доп}}$ - допустиме прискорення, що при легкому і середньому режимах не перевищує $0,15 \text{ м/с}^2$, а при важкому - $0,35 \text{ м/с}^2$.

Другий випадок характерний для механізмів з великими інерційними масами - важких і швидкохідних механізмів переміщення і повороту, але може бути і в інших випадках при великій частоті вмикань. При цьому для попереднього вибору необхідно побудувати навантажувальну діаграму двигуна, задавшись його моментом інерції по аналогії з діючими установками. Якщо $j_{\text{дв}} \ll j_{\text{мех}}$, помилка в значенні $J_{\text{об}}$ суттєво не вплине на вірність вибору і, крім того, необхідні уточнення дасть наступний перевірений розрахунок.

Третій випадок характерний для механізмів універсального призначення, для яких побудувати конкретний цикл роботи важко. Наприклад, для механізмів мостового крана невеликої вантажопідйомності, який може використовуватися в різних виробничих приміщеннях. Основою для вибору двигуна в таких випадках може бути розрахунковий цикл, при якому на першій робочій ділянці t_{p1} двигун працює з максимальним навантаженням M_{c1} , а на другій t_{p2} - з мінімальним M_{c2} . Якщо допустити, що $t_{p1} = t_{p2}$ і відомо, що вплив динамічних навантажень на нагрівання двигуна невеликий, можна знайти еквівалентний за нагріванням момент навантаження за формулою

$$M_e = \sqrt{\frac{M_{c1}^2 + M_{c2}^2}{2}}. \quad (4.43)$$

Потрібна потужність двигуна при відомій робочій швидкості ω_p становить

$$P_{\text{дв}} = k_z M_e \omega_p. \quad (4.44)$$

Орієнтовно тривалість роботи, s , можна визначити, якщо відомий режим роботи механізму, з рівняння

$$t_{p1} = t_{p2} = \frac{3600 T B_{\text{ст}}}{h 100},$$

де h - кількість вмикань за годину; $T B_{\text{ст}}$ - стандартна кількість вмикань для даного режиму роботи.

Промисловість виготовляє ряд серій електродвигунів для привода кранових

механізмів:

- двигуни постійного струму серії Д потужністю від 2,5 до 185 кВт при $T_B = 40\%$. Двигуни мають широкий діапазон регулювання швидкості обертання, допустиму кількість вмикань за годину до 2000, перевантажувальну здатність по струму до $3I_{ном}$ та відносно малий момент інерції якоря;
- асинхронні кранові одно-швидкісні з короткозамкненим ротором серії МТКФ потужністю 1,4-22 кВт при $T_B = 40\%$;
- асинхронні дво- і три-швидкісні серії МТКФ з числом полюсів 4/12, 4/24, і 4/8/24 номінальною потужністю від 4 до 45 кВт при $T_B = 25\%$;
- асинхронні з фазним ротором серії МТФ шести- і восьми-полюсні номінальною потужністю від 1,4 до 22 кВт при $T_B = 40\%$;
- асинхронні з короткозамкненим і фазним ротором серії 4МТ, чотири-, шести- і восьми-полюсні з номінальними потужностями 5,5 - 35 кВт при $T_B = 40\%$.

Характерною особливістю двигунів з короткозамкненим ротором є те, що кратність пускового і максимального моментів рівні між собою і знаходяться в межах від 1,8 до 2,8. Для зменшення втрат потужності в обмотках статора у перехідних режимах двигуни мають підвищене номінальне ковзання. З метою зниження моменту інерції ротори подовжені зі зменшеним діаметром.

Для привода кран-балок і талів використовують спеціальні вбудовані трифазні асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором типу АИРВС100А43У1.1 та АИРВС100В12/43У1.1. Двигуни мають підвищене ковзання та вбудоване електромагнітне гальмо, яке стопорить ротор після вимикання двигуна з мережі.

5. Автоматизація кранових електроприводів

Електрообладнання кранів повинно забезпечувати надійну високопродуктивну і безпечну роботу. Системи керування передбачають:

- реверсивне керування електродвигунами;
- регулювання швидкості обертання в заданих межах;
- електромеханічне гальмування при зупинках;
- електричне гальмування при роботі на опускання вантажу;

- обмеження ходу вантажозахватного пристрою вгору та пересування моста і візка в обидва боки;
- нульове блокування кіл керування;
- електричні блокування, що запобігають невірному вмиканню апаратів;
- захист від коротких замикань і перевантажень максимальними струмовими реле. У приводах кран-балок і талів передбачають захист тільки від коротких замикань автоматичними вимикачами.

Усі кранові механізми обладнуються гальмами закритого типу, що діють при вимиканні живлення двигуна. Всі неструмоведучі металеві частини електрообладнання повинні бути електрично з'єднані з металевією фермою крана, а та, в свою чергу, - з заземлюючим контуром через підкранові рейки.

Електродвигунами талів і кран-балок керують за допомогою реверсивних магнітних пускачів і пускових кнопок, підвішених на гнучкому броньованому кабелі. Напруга до контактів контакторів підйому *КМ1* (рис. 4.12), спуску *КМ2*, переміщення вперед і назад *КМ3*, *КМ4* і до кола керування підводиться через автоматичний вимикач *QF* і кабель або контактні проводи. Для підйому вантажу натискають на кнопку *SB1*, для спуску - на кнопку *SB2*. При цьому спрацьовує контактор *КМ 1* або *КМ2* і електромагніт *YA* гальма. Гальмо розстопорює ротор двигуна, який починає обертатися. Після відпускання кнопки контактор вимикається і ротор двигуна гальмується.

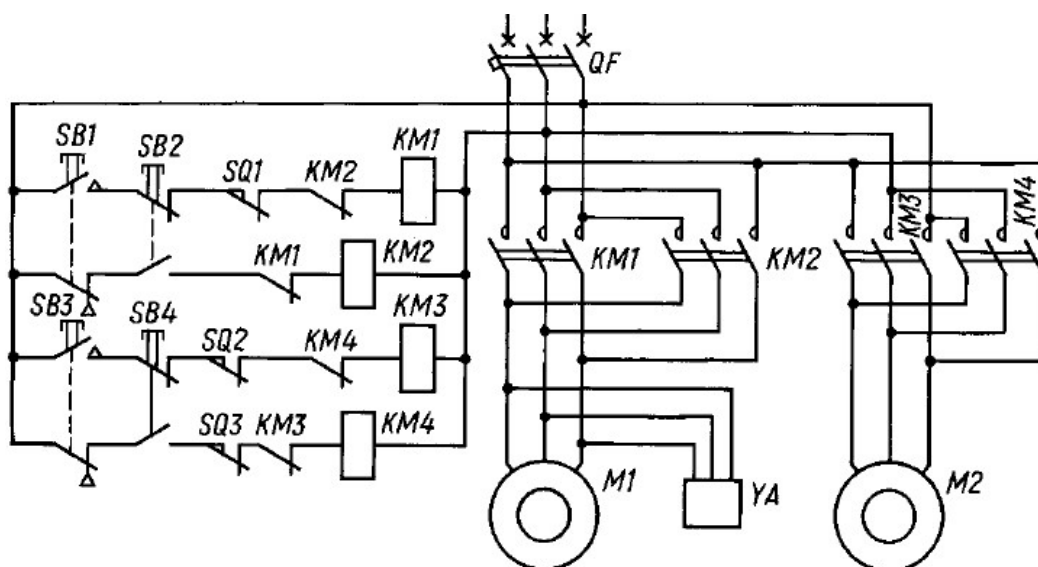


Рис. 4.12. Схема керування електродвигуном талі

При натисканні на кнопки SB3 або SB4 таль рухається вліво або вправо. Рух підйомного пристрою вгору обмежується кінцевим вимикачем SQ1, рух талі вліво або вправо - кінцевими вимикачами SQ2 або SQ3. Блокування контакторів реверсивних пускачів здійснюється двоконтактними кнопками керування, допоміжними розмикаючими контактами контакторів та пристроями механічного блокування пускачів. Замикаючі контакти пускових кнопок не шунтують відповідними замикаючими контактами контакторів, щоб запобігти роботі талі після відпускання оператором підвісної кнопкової станції.

Керування механізмами підйомних кранів здійснюють за допомогою силових контролерів або командо-контролерів.

Характерні особливості схем керування електроприводами механізмів підйому з асинхронними двигунами з фазним ротором можна вивчити по схемі керування за допомогою командо-контролера типу ТСА (рис. 4.13).

Особливостями схеми є: несиметрична відносно нульового положення діаграма замикань командо-контролера, яка забезпечує при підйомі і опусканні вантажів різні механічні характеристики електропривода відповідно до несиметричного характеру навантаження підйомної лебідки; використання режиму однофазного вмикання двигуна для поліпшення умов регулювання швидкості при опусканні.

Для запуску механізму підйому вмикають рубильник QS, а командо-контролер SA1 ставлять у положення "0". При цьому спрацьовує реле KV, яке одним контактом подає напругу на кола керування, а другим – само-блокується. Через випрямляч VD1 - VD4 одержує живлення реле часу KT2, яке розмикає контакт у колі котушок контакторів прискорення KMV3 і KMV4. При установці контролера в положення 1 "Підйом" вмикаються контактори KMF, KMM, KY і KM2. Через головні контакти KMM і KMF подається напруга на статор двигуна, а контактор KY вмикає електромагніт гальма, який розстопорює ротор. Через контакти KY і KMM, що замкнулися, одержує живлення котушка реле часу KT1. Головні контакти контактора проти-вмикання KM2 шунтують перший ступінь реостата R у колі ротора двигуна. Таким чином, у положенні 1 "Підйом" двигун працює на характеристиці 1 n (рис. 4.14).

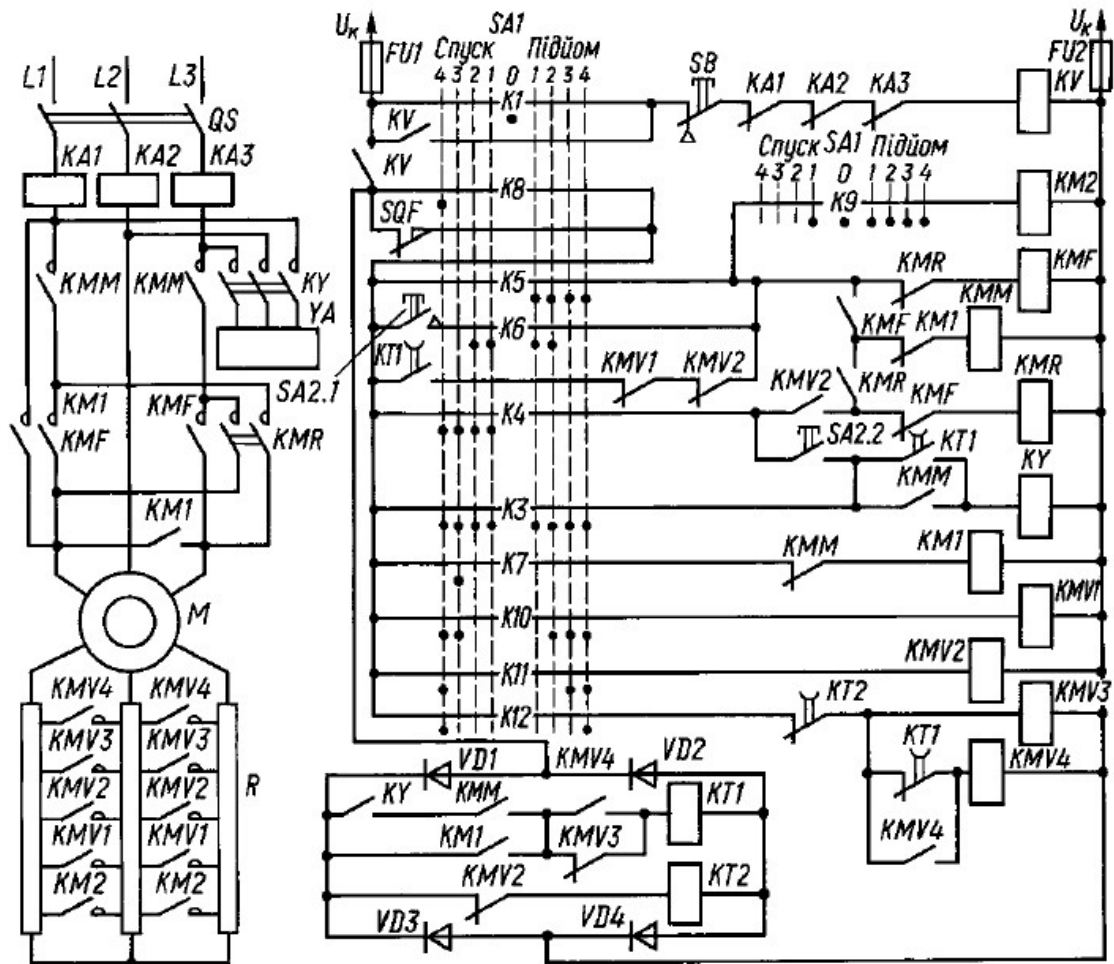


Рис. 4.13. Схема керування електродвигуном підйому крана за допомогою командо-контролера типу ТСА

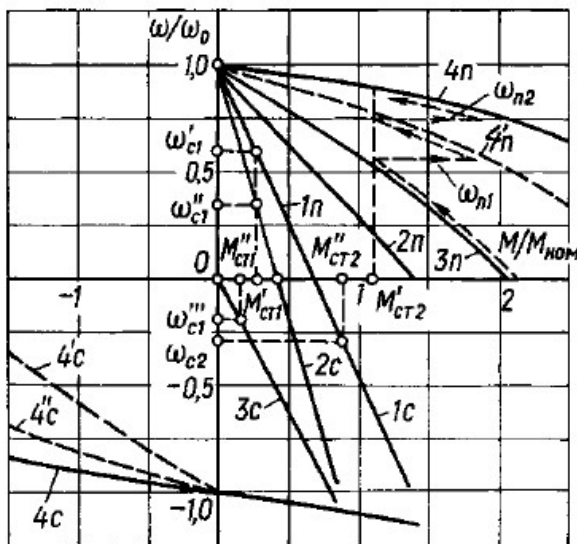


Рис. 4.14. Механічні характеристики електропривода, керованого командо-контролером типу ТСА

Перестановкою командо-контролера (див. рис. 4.13) в положення 2, 3 і 4 “Підйом” послідовно вмикають контактори прискорення $KMV1 - KMV4$, які

головними контактами шунтують відповідні ступені реостата R , і двигун працює на регульовальних характеристиках $2n$ і $3n$ та на основній характеристиці $4n$. При роботі на основній характеристиці в колі ротора залишається увімкненим невеликий опір, який забезпечує зміну пускового струму ротора в заданих межах при наявній кількості контакторів прискорення.

Для опускання вантажу командо-контролер ставлять у положення 3 “Спуск”. Через контакт $K7$ одержує живлення контактор однофазного вмикання $KM1$. Останній головними контактами вмикає двигун за схемою однофазного живлення статора, а допоміжним контактом подає напругу на реле часу $KT1$, яке після цього залишається увімкненим у всіх інших положеннях “Спуск”. Реле $KT1$ вмикає контактори KMF і KV . Електромагніт гальма YA вмикається в мережу, і колодки гальма звільняють гальмівний шків. Через контакт $K10$ одержує живлення контактор прискорення $KMV1$, який головними контактами шунтує частину реостата R . Двигун працює на гальмівній характеристиці 3 с.

При переведенні командо-контролера в положення 2 “Спуск” контактори $KMV1$ і $KM1$ вимикаються, а контактор KMM спрацьовує. Оскільки раніше був увімкнений контактор KMF , статор двигуна вмикається в мережу в напрямку “Підйом” при повністю введеному в коло ротора опорі реостата R . Двигун працює за характеристикою $2с$, яка призначена для гальмівного спуску середніх вантажів у режимі проти-вмикання.

Переведенням ручки командо-контролера в положення 1 “Спуск” контактом $K9$ вмикають контактор $KM2$, який головними контактами шунтує ступінь проти-вмикання реостата R . Опір роторного кола зменшується, і двигун переходить на роботу за характеристикою $1с$, необхідною для гальмівного спуску важких вантажів.

Якщо ручку командо-контролера перевести з положення 3 “Спуск” у положення 4 “Спуск”, спрацьовують послідовно контактори $KMV2$, KMR , KMM і KY та знеструмлюється котушка реле часу $KT2$. Двигун спочатку працює за характеристикою $4'с$. По закінченню витримки часу $KT2$ спрацьовує контактор прискорення $KMV3$ і робоча точка переміщується на характеристику $4''с$. Розмикаючий контакт $KMV3$ вимикає струм з котушки реле часу $KT1$, яке з витримкою часу вмикає контактор $KMV4$. Двигун працює за основною

характеристикою $4c$, на якій відбувається силовий спуск гака і гальмівний над-синхронний (у режимі рекуперативного гальмування) спуск вантажів з великою швидкістю.

Таким чином, при спусках вантажів реле часу $KT1$ зміщує вихідне робоче положення схеми з нульового положення командо-контролера в положення 3. Це зроблено з такою метою. Наприклад, необхідно опустити невеликий вантаж з моментами статичного навантаження $M'_{ст1}$ при підйомі і $M''_{ст1}$ при спуску. При роботі за характеристикою $2c$ замість спуску вантаж буде підніматися зі швидкістю $\omega'_{ст1}$. Тільки в положенні 3 “Спуск”, де двигун працює в однофазному режимі, вантаж опускається з невеликою швидкістю $\omega'''_{ст1}$. Отже, реле $KT1$ запобігає підйому легких вантажів на положеннях командо-контролера “Спуск”.

При важких вантажах $M'_{ст2}$ і $M''_{ст2}$ вмикання привода в положення 3 “Спуск” призведе до швидкого збільшення швидкості спуску (“осідання” вантажу). Щоб цього уникнути, кранівник може до вмикання двигуна натиснути на педаль SA2 і вимкнути блокування двох перших положень командо-контролера. Контакт SA2.1 готує коло вмикання контактора KMF , обминаючи контакти $KT1$, а SA2.2 - коло контактора KY . Тепер при установленні командо-контролера в положення 1 “Спуск” вмикаються контактори KMF , KMM , KY і $KM2$. Двигун працює за характеристикою $1c$ при невеликій швидкості спуску великого вантажу ω_{c2} . Одночасно контакти KY і KMM вмикають реле $KT1$, яке залишається увімкненим на всіх положеннях спуску.

Схемою передбачено автоматичний контроль протікання перехідних процесів при пуску і гальмуванні при швидкій перестановці командо-контролера з нульового положення в крайні положення і навпаки. У нульовому положенні командо-контролера реле часу $KT1$ знеструмлене, а котушка реле $KM2$ - під напругою. Контакт $KT2$ розриває коло живлення котушок контакторів прискорення $KMV3$ і $KMV4$.

При швидкому переставлянні командо-контролера з положення 0 у положення 4 “Підйом” спрацьовують контактори KMF , KMM , KY , $KM2$, $KMV1$ і $KMV2$. Розмикаючий контакт $KMV2$ знеструмлює реле часу $KT2$, а через контакти KY , KMM і $KMV3$ одержує живлення котушка реле $KT1$. Двигун запускається за характеристикою $3n$ до швидкості перемикавання $\omega_{п1}$. Після закінчення витримки часу

реле $KT2$ його контакт замикається, спрацьовує контактор $KMV3$ і двигун переходить на проміжну пускову характеристику $4'n$. Розмикаючий контакт $KMV3$ знеструмлює реле часу $KT1$, яке починає відлік часу, достатній для прискорення двигуна до другої швидкості перемикавання ω_{n2} . Після відпускання реле $KT1$ контактор $KMV4$ спрацьовує і головними контактами шунтує останній пусковий ступінь реостата R . Двигун переходить на основну характеристику і розганяється до ustalеної швидкості. Контактор $KMV4$ одним замикаючим контактом самоблокується, а другим вмикає котушку реле $KT1$.

Контроль пуску в напрямку спуску відбувається по проміжних пускових характеристиках $4'c$ і $4''c$, як показано вище.

При швидкому переставлянні командо-контролера з положення 4 “Спуск” у нульове контактори KMR , KY , $KMV1$ - $KMV4$ вимикаються і знеструмлюється котушка $KT1$. Через замкнений протягом певного часу контакт $KT1$ одержують живлення котушки контакторів $KM2$, KMF і KMM . Відбувається гальмування противмиканням при одночасному накладанні механічного гальма. Після закінчення витримки часу реле $KT1$ обмотка статора вимикається з мережі. Суміщення механічного та електричного гальмування запобігає “осіданню” вантажу і зменшує спрацювання механічного гальма.

При надмірному підніманні вантажу розмикається контакт кінцевого вимикача SQF знімає напругу з кіл керування. Для повторного вмикання ручку командо-контролера ставлять у положення 4 “Спуск”, контакт $K8$ шунтує розімкнений контакт вимикача SQF і двигун вмикається в напрямку спуску.

Для аварійного вмикання схеми передбачена кнопка SB .

Захист двигуна від коротких замикань і перевантажень здійснюється струмовими реле $KA1$ - $KA3$. Кола керування від коротких замикань захищені запобіжниками $FU1$ і $FU2$. Схемою передбачене також нульове блокування, яке виконують паралельно увімкнений контакт $K1$ та реле KV .

Питання для самоконтролю:

1. Назвіть особливості приводних характеристик і режимів роботи скребкових, стрічкових, шнекових транспортерів і норій.

2. Які двигуни застосовують для привода транспортерів і в яких режимах роботи вони працюють?

3. Як здійснюється автоматизація гноеприбиральних транспортерів, скреперних установок та стаціонарних кормороздавачів?

4. Назвіть особливості приводних характеристик кранових механізмів.

5. Які електродвигуни застосовують для привода кранових механізмів?

6. Які вимоги ставляться до схем керування крановими механізмами?