

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та самостійної роботи
студентів спеціальності 151 з дисципліни
«Електропривод та автоматизація загальнопромислових
механізмів»

(для студентів усіх форм навчання)

затверджено
на методичній раді факультету
автоматизації машинобудування,
протокол № від 2020 р

Краматорськ 2020

УДК 62-83

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи студентів спеціальності 151 з дисципліни «Електропривод та автоматизація загальнопромислових механізмів» (для студентів усіх форм навчання) / Укл. О. В. Суботін, А. В. Люта. – Краматорськ : ДДМА, 2020 - 49 с.

Розглянуто основні особливості розрахунку і вимоги до електроприводів механізмів загальнопромислового призначення. Наведені приклади розрахунку електроприводів цих механізмів.

Укладачі

О. В. Суботін, доцент
А. В. Люта, доцент

Від. за випуск

О.В. Суботін, доцент

ЗМІСТ

1 ВИБІР ДВИГУНІВ ДЛЯ МЕХАНІЗМІВ ЦИКЛІЧНОЇ ДІЇ.....	4
1.1 Завдання №1	6
1.2 Приклад розрахунку приводу візка мостового крана	6
2 СТАТИЧНОГО І ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ МЕХАНІЗМІВ ПЕРЕСУВАННЯ І ПОВОРОТУ	13
2.1 Завдання №2.....	16
2.2 Приклад розрахунку приводу поворотного механізму одноківшевого Екскаватора	16
3 СТАТИЧНОГО І ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПІДЙОМНИХ І ТЯГОВИХ МЕХАНІЗМІВ.....	21
3.1 Завдання №3	29
3.2 Приклад розрахунку приводу шахтного підйомника	29
3.3 Завдання №4	33
3.4 Приклад розрахунку приводу вантажного ліфта.....	33
4 ВИБІР ДВИГУНІВ ДЛЯ МЕХАНІЗМІВ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ	36
4.1 Приклад розрахунку приводного двигуна відцентрового водяного насоса	36
4.2 Приклад розрахунку потужності приводної станції конвеєра.....	37
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	39
ДОДАТОК А. ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДО САМОСТІЙНИХ РОБІТ	40
ДОДАТОК Б (ДОВІДКОВЕ). ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГУНІВ.....	45

1 ВИБІР ДВИГУНІВ ДЛЯ МЕХАНІЗМІВ ЦИКЛІЧНОЇ ДІЇ

Електроприводи механізмів циклічної дії працюють в повторно-короткочасному режимі, характерною особливістю якого є часті пуски і зупинки двигуна. З курсу теорії електроприводу відомо, що втрати енергії в перехідних процесах безпосередньо залежать від моменту інерції електроприводу J_{Σ} .

За умовами нагріву допустиме навантаження двигуна при повторно-короткочасному режимі вище, ніж при тривалому. При пуску з підвищеною статичним навантаженням двигун повинен розвивати і підвищений пусковий момент, що перевершує статичний на значення динамічного моменту. Тому в повторно-короткочасному режимі роботи потрібна вища перевантажувальна здатність двигуна, ніж при тривалому. Вимога високої перевантажувальної здатності визначається також і необхідністю подолання короткочасних механічних перевантажень, що виникають при відриві вантажів, черпанні ґрунту і т. п. Нарешті, умови нагрівання і охолодження двигунів при повторно-короткочасному режимі відрізняються від аналогічних умов при тривалому режимі. Особливо сильно ця відмінність виявляється у двигунів з самовентиляцією, так як кількість охолоджуючого повітря, що надходить у двигун, залежить від швидкості його роботи. Під час перехідних процесів і пауз тепловіддача двигуна погіршується, що робить істотний вплив на допустиме навантаження двигуна. Всі ці умови визначають необхідність використання в електроприводах механізмів циклічної дії спеціальних двигунів, номінальним режимом яких є повторно-короткочасний режим, який характеризується певною номінальною тривалістю включення:

$$TB_{НОМ} = \frac{t_p}{t_p + t_0} 100\% ,$$

де t_p , t_0 - відповідно час роботи і час паузи.

Промисловість випускає ряд серій двигунів повторно-короткочасного режиму: асинхронні кранові з короткозамкненим ротором серії МТКФ і з фазним ротором серії МТФ; аналогічні металургійні серії МТКН і МТН; постійного струму серії Д (в екскаваторному виконанні серії ДЕ). Для машин зазначених серій харак-

терна подовжена форма ротора (якоря), що забезпечує зниження моменту інерції.

Вибір двигунів кранових і металургійних серій найбільш просто здійснюється в тих випадках, коли дійсний графік роботи їх збігається з одним з номінальних, показаних на рис. 1. У каталогах і довідковій літературі вказуються номінальні дані двигунів при ТВ-15, 25, 40, 60 і 100%. Тому при роботі приводу з постійною статичним навантаженням $P_{СТ}$ при номінальному циклі не представляє труднощів підібрати по каталогу двигун найближчої потужності з умови $P_{НОМ} > P_{СТ}$.

Однак реальні цикли, як правило, складніше, навантаження двигуна на різних ділянках циклу виявляється різною, а тривалість включення відрізняється від номінальної. При таких умовах вибір двигуна проводиться по еквівалентному графіком, наведеним у відповідність з одним з номінальних на рис. 1. З цією метою спочатку визначається еквівалентна по нагріванню постійне навантаження при дійсній $TВ_{Д}$, яка далі перераховується до стандартної тривалості включення $TВ_{НОМ}$. Перерахунок може бути проведений за допомогою співвідношень:

$$\left. \begin{aligned} I_{ТВ.НОМ} &= I_{ТВ.Д} \sqrt{ТВ_{Д} / ТВ_{НОМ}}; \\ M_{ТВ.НОМ} &= M_{ТВ.Д} \sqrt{ТВ_{Д} / ТВ_{НОМ}}; \\ P_{ТВ.НОМ} &= P_{ТВ.Д} \sqrt{ТВ_{Д} / ТВ_{НОМ}}; \end{aligned} \right\}$$

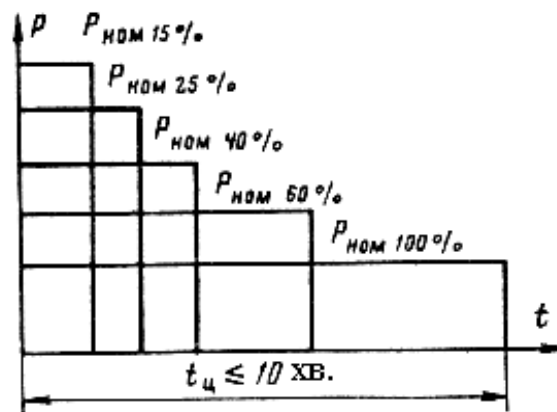


Рисунок 1 - Номінальний цикл роботи двигуна для повторно-короткочасного режиму

1.1 Завдання №1

Визначити потужність, побудувати навантажувальну діаграму і перевірити по нагріванню електродвигун приводу візка мостового крана для умов, наведених в табл.1.

В одному напрямку візок рухається навантаженої, а в іншому - вхолосту.

Варіанти завдання наведені в додатку А (табл. А.1).

1.2 Приклад розрахунку приводу візка мостового крана

1 Визначаємо час переміщення візка на відстань 60 м:

$$t = \frac{L}{V} = \frac{60}{1,1} = 54,5 \text{ с.}$$

2 Тривалість включення:

$$TB\% = \frac{2t}{2t + t_{01} + t_{02}} \cdot 100\% = \frac{2 \cdot 54,5}{2 \cdot 54,5 + 50 + 50} \cdot 100 = 52,1\%.$$

Таблиця 1 - Вихідні дані для розрахунку приводу візка мостового крана

Параметр	Позначення	Значення
Вага візка, т	G_0	5
Номінальний вантаж, т	G_H	3,5
Швидкість візки, м/с	V	1,1
Опір руху з навантаженням, Н	F_c	2800
Опір руху вхолосту, Н	F_{c0}	1400
ККД при повному навантаженні	η	0,85
Передавальне число	i	24
Діаметр ходового колеса, м	D_k	0,3
Час стоянки при розвантаженні, с	t_{01}	50
Час стоянки при завантаженні, с	t_{02}	50
Відстань, на яке переміщується вантаж, м	L	60

3 Розрахуємо потужність при русі візка з навантаженням:

$$P_c = \frac{F_c V}{1000 \eta} = \frac{2800 \cdot 1,1}{1000 \cdot 0,85} = 3,6 \text{ кВт.}$$

Згідно з графіком $\eta_0 = f\left(\frac{G_0}{G_H + G_0}\right)$ (рис. 2) при заданому значенні η знаходимо

η_0 :

$$\frac{G_0}{G_H + G_0} = \frac{5}{3,5 + 5} = 0,59.$$

Приймаємо $\eta_0 = 0,81$.

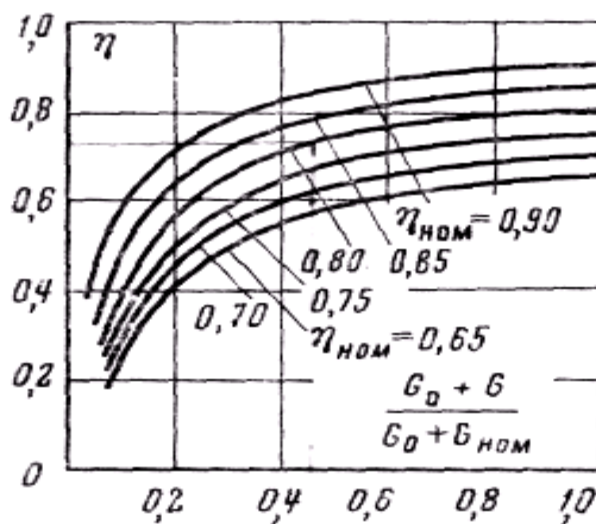


Рисунок 2 - Залежність $\eta = f\left[\frac{(G_0 + G)}{(G_0 + G_{i11})}\right]$ при $\eta = \text{const}$

4 Розрахуємо потужність при русі візка вхолосту:

$$P_{c0} = \frac{F_{c0} V}{1000 \eta_0} = \frac{1400 \cdot 1,1}{1000 \cdot 0,81} = 1,9 \text{ кВт.}$$

5 Середня потужність

$$P_n = \frac{P_C + P_{c0}}{2} = \frac{3,6 + 1,9}{2} = 2,75 \text{ кВт.}$$

6 Перерахуємо номінальну потужність двигуна при $TB = 40\%$:

$$P_{H40} = P_n \sqrt{\frac{TB_{\%}}{TB_{n\%}}} = 2,75 \sqrt{\frac{52,1}{40}} = 3,14 \text{ кВт.}$$

7 Швидкість обертання двигуна

$$\omega_{ДВ} = \omega_K = \frac{V}{R} \cdot i = \frac{1,1 \cdot 2}{0,3} \cdot 24 = 88 \text{ с}^{-1}.$$

Вибираємо двигун типу МТФ112-6 з наступними параметрами (табл. 2).

Таблиця 2 - Паспортні дані двигуна МТФ112-6

Параметр	Позначення	Значення
Номінальна потужність, кВт	P_H	5
Номінальна швидкість, об/хв	N_H	930
Тривалість включення, %	ТВ%	40
перевантажувальна здатність	λ	2,7
Момент інерції, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$	$J_{\text{дв}}$	0,068

λ (ДПТ) = 1,8 ... 2,2. Можна прийняти рівним 2.

λ (Змінного струму) = 2,5 ... 3,5. Можна прийняти рівним 3.

8 Знайдемо номінальну частоту обертання

$$\omega_n = \frac{\pi n_n}{30} = \frac{3,14 \cdot 930}{30} = 97,3 \text{ c}^{-1},$$

тоді передавальне число редуктора буде

$$i = \frac{\omega_n}{\omega_{\text{дв}}} = \frac{97,3}{88} = 1,1.$$

9 Номінальний момент

$$M_H = \frac{9550 P_H}{n_n} = \frac{9550 \cdot 5}{930} = 51,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

10 Максимальний момент

$$M_K = M_H \lambda = 51,3 \cdot 2,7 = 137 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

11 Номінальне ковзання визначиться

$$S_H = \frac{n_0 - n_n}{n_0} = \frac{1000 - 930}{1000} = 0,07.$$

12 Приймаємо приведений момент інерції всіх обертових мас

$J_1 = 0,09 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. (Брати \geq , ніж у двигуна за його даними.)

13 Наведений момент інерції при наявності вантажу

$$J = \delta(J_{\text{дв}} + J_1) + (G_0 + G_n) \left(\frac{V}{\omega_{\text{дв}}} \right)^2 = 1,3 \cdot (0,068 + 0,09) + (5000 + 3500) \cdot \left(\frac{1,1}{97,3} \right)^2 = 1,29 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

14 Наведений момент інерції при відсутності вантажу

$$J_0 = \delta(J_{\text{дв}} + J_1) + (G_0) \left(\frac{V}{\omega_{\text{дв}}} \right)^2 = 1,3 \cdot (0,068 + 0,09) + 5000 \cdot \left(\frac{1,1}{97,3} \right)^2 = 0,84 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

15 Статичний момент при гальмуванні навантаженого візка

$$M_C^r = \frac{F_C D_k \eta}{2i} = \frac{2800 \cdot 0,6 \cdot 0,85}{2 \cdot 1,1} = 29,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

16 Статичний момент при розгоні навантаженого візка

$$M_C^p = \frac{F_C D_k}{2\eta i} = \frac{2800 \cdot 0,6}{2 \cdot 0,85 \cdot 1,1} = 41,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

17 Мінімальний момент при пуску навантаженого візка

$$M_2 = 1,2 M_C^p = 1,2 \cdot 41,2 = 49,4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

18 Максимальний момент з урахуванням можливої втрати напруги в мережі

$$M_1 = 0,9 M_K = 0,9 \cdot 85 = 68,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

19 Середній момент двигуна при пуску навантаженого візка

$$M_{ср} = \frac{M_1 + M_2}{2} = \frac{68,8 + 49,4}{2} = 59,1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

20 Час пуску двигуна з навантаженим візком

$$t_{п1} = \frac{J \omega_H}{M_{ср} - M_C^p} = \frac{1,29 \cdot 97,3}{59,1 - 41,2} = 7 \text{ с}.$$

21 Статичний момент при розгоні ненавантаженого візка

$$M_{C0}^p = \frac{F_{C0} \cdot D_k}{2 \cdot \eta_0 \cdot i} = \frac{1400 \cdot 0,6}{2 \cdot 0,81 \cdot 1,1} = 21,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

22 Статичний момент при гальмуванні ненавантаженого візка

$$M_{C0}^r = \frac{F_{C0} D_k \eta_0}{2i} = \frac{1400 \cdot 0,6 \cdot 0,81}{2 \cdot 1,1} = 14,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

23 Мінімальний момент при пуску ненавантаженого візка

$$M_{2o} = 1,2 M_{C0}^p = 1,2 \cdot 21,6 = 25,9 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

24 Середній момент двигуна при пуску ненавантаженого візка

$$M_{ср0} = \frac{M_1 + M_{2o}}{2} = \frac{68,8 + 25,9}{2} = 47,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

25 Час пуску без вантажу

$$t_{п2} = \frac{J_0 \omega_H}{M_{ср0} - M_{C0}^p} = \frac{0,84 \cdot 97,3}{47,3 - 21,6} = 3,2 \text{ с}.$$

26 Момент і час гальмування завантаженого візка

$$M_{\Gamma} = 1,06 \cdot M_C^{\Gamma} = 1,06 \cdot 29,7 = 31,5 \text{ (H} \cdot \text{м)};$$

$$t_{z1} = \frac{J \omega_H}{M_{\Gamma} + M_C^{\Gamma}} = \frac{1,29 \cdot 97,3}{31,5 + 29,7} = 2 \text{ с.}$$

27 Момент і час гальмування ненавантаженого візка

$$M_{\Gamma 0} = 1,06 \cdot M_{C0}^{\Gamma} = 1,06 \cdot 14,2 = 15 \text{ (H} \cdot \text{м)};$$

$$t_z = \frac{J_0 \cdot \omega_H}{M_{\Gamma 0} + M_{C0}^{\Gamma}} = \frac{0,84 \cdot 97,3}{15 + 14,2} = 2,8 \text{ с.}$$

28 Шлях навантаженого візка під час пуску

$$l_{n1} = \frac{0,25 \cdot D_k \cdot \omega_H}{i} \cdot t_{n1} = \frac{0,25 \cdot 0,6 \cdot 97,3}{1,1} \cdot 7 = 4,3 \text{ м.}$$

29 Шлях пустого візка під час пуску

$$l_{n2} = \frac{0,25 \cdot D_k \cdot \omega_H}{i} \cdot t_{n2} = \frac{0,25 \cdot 0,6 \cdot 97,3}{24} \cdot 3,2 = 1,9 \text{ (м).}$$

30 Шлях навантаженого візка при гальмуванні

$$l_{z1} = \frac{0,25 \cdot D_k \cdot \omega_H}{i} \cdot t_{m1} = \frac{0,25 \cdot 0,6 \cdot 97,3}{24} \cdot 2 = 1,2 \text{ (м).}$$

31 Шлях ненавантаженого візка при гальмуванні

$$l_{z2} = \frac{0,25 \cdot D_k \cdot \omega_H}{i} \cdot t_{m2} = \frac{0,25 \cdot 0,6 \cdot 97,3}{24} \cdot 2,8 = 1,7 \text{ (м).}$$

32 Шлях навантаженого візка в сталому режимі

$$l_1 = l - l_{n1} - l_{z1} = 60 - 4,3 - 1,2 = 54,5 \text{ м.}$$

33 Шлях пустого візка в сталому режимі

$$l_2 = l - l_{n2} - l_{z2} = 60 - 1,9 - 1,7 = 56,4 \text{ м.}$$

34 Ковзання і швидкість двигуна відповідно для навантаженого і ненавантаженого візка

$$S_1 = S_H \left(\frac{M_C^{\Gamma}}{M_H} \right) = 0,07 \cdot \left(\frac{41,2}{51,3} \right) = 0,06,$$

$$\omega_1 = \omega_0 (1 - S_1) = 105 \cdot (1 - 0,06) = 98,7 \text{ с}^{-1},$$

$$S_2 = S_H \left(\frac{M_{C0}^{\Gamma}}{M_H} \right) = 0,07 \cdot \left(\frac{21,6}{51,3} \right) = 0,03,$$

$$\omega_2 = \omega_0 (1 - S_2) = 105 \cdot (1 - 0,03) = 101,8 \text{ с}^{-1}.$$

35 Швидкість навантаженого візка

$$V_1 = \frac{D_k \cdot \omega_1}{2 \cdot i} = \frac{0,6 \cdot 98,7}{2 \cdot 1,1} = 1,23 \text{ (м/с)}.$$

36 Швидкість ненавантаженого візка

$$V_2 = \frac{D_k \cdot \omega_2}{2 \cdot i} = \frac{0,6 \cdot 101,8}{2 \cdot 1,1} = 1,27 \text{ (м/с)}.$$

37 Час переміщення навантаженого візка

$$t_1 = \frac{l_1}{V_1} = \frac{54,5}{1,23} = 44,3 \text{ с.}$$

38 Час переміщення ненавантаженого візка

$$t_2 = \frac{l_2}{V_2} = \frac{56,4}{1,27} = 44,4 \text{ с.}$$

39 Еквівалентний час роботи

$$t_{pe} = t_{n1} + t_1 + t_{n2} + t_2 = 7 + 44,3 + 3,2 + 44,4 = 98,9 \text{ с.}$$

40 Час паузи

$$t_{0e} = t_{z1} + t_{01} + t_{z2} + t_{02} = 2 + 50 + 2,8 + 50 = 104,8 \text{ с.}$$

41 Тривалість включення

$$TB_{\%e} = \frac{t_{pe}}{t_{pe} + t_{0e}} \cdot 100\% = \frac{98,9}{98,9 + 104,8} \cdot 100 = 48,5 \text{ \%}.$$

42 Побудуємо навантажувальну діаграму двигуна (рис. 3).

43 Еквівалентний момент (приймаємо $\beta = 0,8$ - умови охолодження)

$$\begin{aligned} M_{E1} &= \sqrt{\frac{M_i^2 \cdot t_i}{\beta \cdot t_{pe} + t_{0e}}} = \sqrt{\frac{M_{CP}^2 \cdot t_{n1} + M_C^2 \cdot t_1 + M_{CP0}^2 \cdot t_{n2} + M_{C0}^2 \cdot t_2 + M_{\Gamma}^2 \cdot t_{T1} + M_{\Gamma0}^2 \cdot t_{T2}}{\beta(t_{n1} + t_{n2} + t_1 + t_2) + t_{01} + t_{02}}} = \\ &= \sqrt{\frac{59,1^2 \cdot 7 + 41,2^2 \cdot 47,5 + 47,3^2 \cdot 3,2 + 21,6^2 \cdot 44,4}{0,8 \cdot 98,9}} = 41 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

44 Перерахуємо на ТВ

$$M_E = M_{E1} \sqrt{\frac{TB_{E\%}}{TB_{H\%}}} = 41 \sqrt{\frac{48,5}{40}} = 49,7 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Для правильно обраного двигуна повинна дотримуватися умова:

$$M_E < M_H,$$

$$49,7 < 51,3.$$

Значить, попередньо обраний двигун задовольняє заданим параметрам електроприводу візка мостового крана.

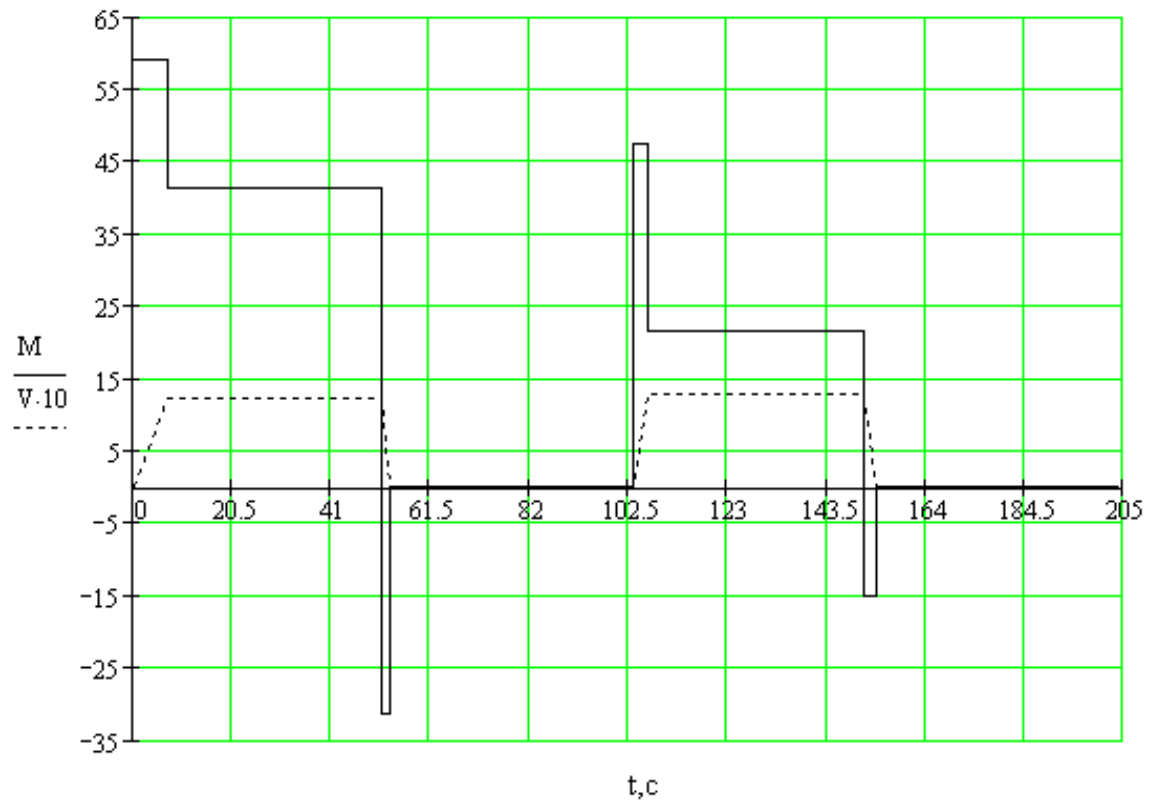


Рисунок 3 - Навантажувальна діаграма двигуна

2 СТАТИЧНІ І ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ МЕХАНІЗМІВ ПЕРЕСУВАННЯ І ПОВОРОТУ

Кінематичні схеми механізмів пересування і повороту представлені на рис. 4. Для механізмів пересування, що працюють на горизонтальному шляху в виробничому приміщенні, приведений до валу двигуна статичний момент, обумовлений силами тертя, можна обчислити за формулою

$$M_{CT} = \frac{k_p(G + G'_0)(\mu \frac{d_{ц}}{2} + f)}{i_p \eta_M},$$

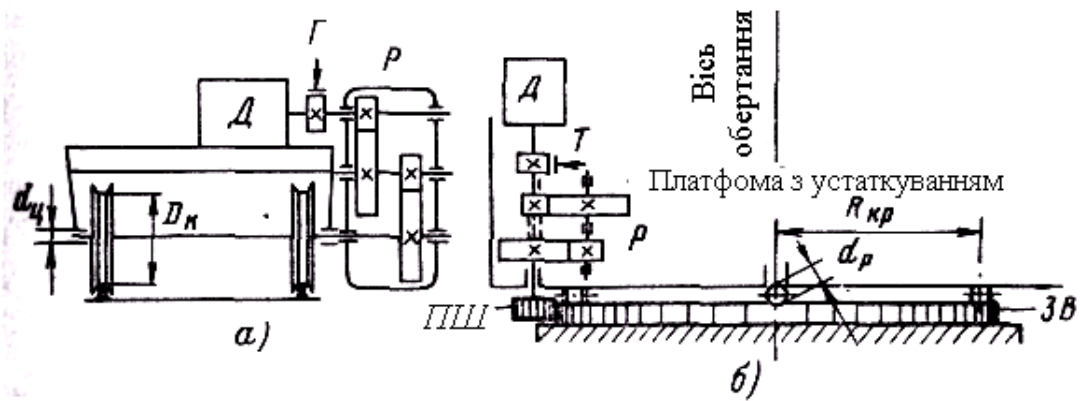
де G'_0 - загальна вага не завантаженого механізму; μ - коефіцієнт тертя в опорах ходових коліс; f - коефіцієнт тертя кочення ходових коліс; η_M - ККД передач механізму; $d_{ц}$ - діаметр цапф (підшипників) коліс; k_p - коефіцієнт, що враховує тертя реборд коліс об рейки, що виникає внаслідок можливого перекосу конструкції моста або візки.

Чисельні значення коефіцієнтів, що входять в формулу, наведені в довідковій літературі.

Отже, зміни M_{CT} викликаються змінами ваги G переміщуваного корисного вантажу, а також змінами умов тертя в кінематичних ланках механізму.

Якщо загальна вага механізмів пересування візків мостових, козлових кранів та подібних їм установок, то визначальний вплив роблять зміни ваги корисного вантажу.

Для механізмів пересування більш важких конструкцій, наприклад мостових кранів, вплив корисного вантажу на статичні навантаження приводу невелика. Тому при проектуванні електроприводів таких механізмів слід мати на увазі зміни і інших чинників, зокрема тертя в передачах і реборд коліс об рейки. Точному розрахунку ці зміни не піддаються. Їх вплив можна враховувати орієнтовно, знижуючи розрахункові мінімальні навантаження на 20 ... 30%.



Д - двигун; Г-гальмо; Р- редуктор; ПШ - провідна шестерня; ЗВ - зубчастий вінець

Рисунок 4 - Кінематична схема механізмів пересування (а) і повороту (б)

Відповідно до кінематичною схемою, наведеною на рис. 4, при горизонтальному положенні платформи і відсутності впливу вітру статичний момент механізму повороту можна визначити так:

$$M_{CT} = k_p \frac{2f(G + G'_0)D_{KP}}{d_p i \eta},$$

де k_p - коефіцієнт, що враховує тертя реборд коліс опорних візків про рейки або роликів опорного роликового кола про напрямні, а також тертя в центральній цапфі осі обертання платформи; D_{KP} - діаметр роликового кола; d_p - діаметр роликів (в разі опорних візків - діаметр їх коліс); f - коефіцієнт тертя кочення роликів або ходових коліс.

Статичні навантаження установок, що працюють на відкритому повітрі, можуть істотно змінюватися при наявності ухилу або під дією вітру. У загальному випадку сила опору руху для механізму пересування може бути представлена у вигляді алгебраїчної суми (вплив ухилу показано на рис.4, б):

$$F_C = F_{ГР} + F_{ТР} + F_B = (G'_0 + G) \sin \beta + k_{ТР} (G'_0 + G) \cos \beta + p_B S_B,$$

де

$$k_{ТР} = 2k_p \left(\mu \frac{d_{ц}}{2} + f \right) / D_K;$$

де D_K - діаметр ходового колеса; β - кут ухилу; p_B - вітровий тиск, прийняте зазвичай при виборі потужності електродвигуна рівним 150 ... 250Па; S_B - площа парусності споруди.

Площа парусності споруди може бути знайдена по вираженню

$$S_B = k_C S_{B,K} + S_{B,\Gamma},$$

де k_C - коефіцієнт суцільності конструкції, чисельно рівний 0,3 ... 0,6 для ферм і 0,7 ... 0,8 - для механізмів; $S_{B,K}, S_{B,\Gamma}$ - площа, обмежена контуром конструкції і вантажу.

Статичний момент в разі, коли результуюча сила спрямована проти руху, т. Е. Є гальмівний, слід визначати за формулою

$$M_{CT} = F_C D_K / 2i\eta_M,$$

а якщо по руху, то за формулою

$$M_{CT} = F_C D_K \eta_M / 2i.$$

Ухил і вітрове навантаження в значній мірі розширюють межі зміни навантажень і змінюють їх характер. Для механізмів повороту статичний момент, обумовлений вітром, при постійній силі вітру залежить від кута повороту платформи.

Найважливішою особливістю механізмів пересування і повороту є велика механічна інерція, вплив якої тим більше, чим важче рухається спорудження і чим вище швидкість руху. Наведений до валу двигуна момент інерції рухомих мас установки для механізмів пересування і повороту кранів і для механізмів повороту екскаваторів в 2 ... 20 разів більше власного моменту інерції двигуна. Тому для таких механізмів при великій частоті включень динамічні навантаження визначають необхідну потужність двигуна, а статичні навантаження невеликі в порівнянні з динамічними. Так, електропривод повороту екскаватора-драглайна типу ЕШ-15/90 при кутах повороту 90 ... 110 ° працює тільки в перехідних режимах пуску і гальмування. Статичне навантаження цього механізму не перевищує 10% номінального моменту двигуна.

При невеликому моменті інерції механізму динамічний момент в основній своїй частині обумовлений прискоренням ротора двигуна і навантажує передачі механізму незначно. Інші умови складаються в електроприводах інерційних механізмів. Тут основним навантаженням передач є динамічне навантаження, обумовлена прискоренням мас поворотної платформи. Передача динамічних зусиль викликає додаткові втрати в редукторі, які бажано в розрахунках враховувати, якщо

динамічні навантаження передач порівнянні зі статичними або перевищують їх. Наведений динамічний момент для пуску можна визначати із співвідношення

$$M_{\text{дин}} = J_{\text{дв}} \varepsilon_{\text{дод}} + J_M \frac{\varepsilon_{\text{дод}}}{\eta_M},$$

а для гальмування -

$$M_{\text{дин}} = J_{\text{дв}} \varepsilon_{\text{дод}} + J_M \varepsilon_{\text{дод}} \eta_M,$$

де $J_M = J_{\Sigma} - J_{\text{дв}}$ - приведений до валу двигуна момент інерції всіх поступально і обертально рухомих мас механізму.

2.1 Завдання №2

Визначити потужність, побудувати навантажувальну діаграму і перевірити по нагріванню електродвигун приводу поворотного механізму одноківшевого екскаватора для умов, наведені у таблиці 3.

Варіанти завдання наведені в додатку А (табл. А.2).

2.2 Приклад розрахунку приводу поворотного механізму одноківшевого екскаватора

1. Виробляємо вибір потужності двигуна виходячи з динамічного навантаження. Середньозважена потужність двигуна поворотного механізму:

$$P_{\text{сер.в}} = \frac{(J_{\Gamma} + J_{\Pi}) w_p^2}{t_p} 10^{-3} = \frac{(4,9 + 4,4) \cdot 10^6 \cdot 0,42^2}{15} \cdot 10^{-3} = 109,37 \text{ кВт.}$$

Вихідна потужність для вибору двигуна повороту при чотирьох двигунах:

$$P_{\text{сер.в}}^{\prime} = \frac{P_{\text{сер.в}}}{4} = \frac{109,37}{4} = 27,34 \text{ кВт.}$$

Попередньо вибираємо двигун постійного струму 2ПН-200L з наступними характеристиками: номінальна потужність $P_H = 30$ кВт; номінальна частота $n_H = 1500$ об/хв; момент інерції якоря $J_{\text{я}} = 0,3$ кг·м²; тривалість включення $TB_{\%} = 100\%$.

Таблиця 3 - Вихідні дані для розрахунку приводу поворотного механізму одноківшевого екскаватора

Параметр	Позначення	Значення
Момент інерції обертових частин екскаватора з навантаженим ковшем, кг·м ²	J_B	4,9·10 ⁶
Момент інерції обертових частин екскаватора з порожнім ковшем, кг·м ²	J_{II}	4,4·10 ⁶
Розрахункова стала швидкість платформи, з-1	w_p	0,42
Частота обертання платформи, об/хв	n_O	3,6
Час повороту платформи з навантаженим ковшем на розвантаження, з	t_p	15
Час паузи, з	t_o	6

2 Визначаємо номінальний момент двигуна

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{30000}{157} = 191,08 \text{ Н·м};$$

$$\omega_H = \frac{\pi n_H}{30} = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ с}^{-1}.$$

3 Визначаємо загальне передавальне число механізму

$$i = \frac{n_H}{n_O} = \frac{1500}{3,6} = 416,67.$$

4 Визначаємо сумарний момент інерції механізму з навантаженим ковшем, приведений до валу двигуна

$$\sum J_B' = \frac{J_B}{a_{об} \cdot i^2} + a_{об} J_{я} = \frac{4,9 \cdot 10^6}{4 \cdot 416,67^2} + 0,3 = 7,36 \text{ кг·м}^2.$$

де $a_{об}$ – кількість приводних двигунів

5 Визначаємо сумарний момент інерції механізму з порожнім ковшем, приведений до валу двигуна

$$\sum J_{II}' = \frac{J_{II}}{a_{об} \cdot i^2} + a_{об} J_{я} = \frac{4,4 \cdot 10^6}{4 \cdot 416,67^2} + 4 \cdot 0,3 = 6,64 \text{ кг·м}^2.$$

6 Приймаємо моменти двигуна:

- стопоріння - $M_{cm} = 1,8M_H = 1,8 \cdot 191,08 = 343,94 \text{ Н·м};$

- відсічення - $M_{відс} = 0,9M_{cm} = 0,9 \cdot 343,94 = 309,55 \text{ Н·м}.$

7 Визначаємо динамічний момент при розгоні двигуна з навантаженим і порожнім ковшем

$$M_{\text{дин}} = \frac{(M_{\text{відс}} - 0,1M_H) + (M_{\text{см}} - M_{\text{відс}})}{2} = \frac{(309,55 - 0,1 \cdot 191,08) + (343,94 - 309,55)}{2} = 162,41 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Момент опору платформи, який може здолати кожним двигуном при роботі з усталеною швидкістю

$$M_o = 0,1M_H = 0,1 \cdot 191,08 = 19,11 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

8 Середнє значення моменту, що розвивається двигуном при розгоні з навантаженим і порожнім ковшем

$$M_{\text{ср1}} = \frac{(M_{\text{см}} + M_{\text{відс}})}{2} = \frac{(343,94 + 309,55)}{2} = 326,74 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

9 Час розгону двигуна до сталої швидкості з навантаженим ковшем

$$t_{\text{сп}} = \sum J'_B \frac{\omega_H}{M_{\text{дин}}} = 7,36 \cdot \frac{157}{162,41} = 7,11 \text{ с}.$$

10 Кут, на який платформа повернеться при розгоні з навантаженим ковшем

$$\alpha_{\text{нав}} = \frac{\omega_{\text{нав}} t_{\text{нав}}^2}{2} = \frac{0,053 \cdot 7,11^2}{2} = 1,34 \text{ рад}; \quad \omega_{\text{нав}} = \frac{\omega_H}{i \cdot t_{\text{нав}}} = \frac{157}{416,67 \cdot 7,11} = 0,053 \text{ с}^{-1}.$$

11 Гальмівний момент двигуна з навантаженим і порожнім ковшем

$$M_{\Gamma} = \frac{(M_{\text{відс}} - 0,1M_H) + (M_{\text{см}} - M_{\text{відс}})}{2} + 2M_c = \frac{(309,55 - 0,1 \cdot 191,08) + (343,94 - 309,55)}{2} + 2 \cdot 19,11 = 200,63 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

12 Час гальмування двигуна при русі з навантаженим ковшем

$$t_{\text{нз}} = \sum J'_B \frac{\omega_H}{M_B} = 7,36 \cdot \frac{157}{200,63} = 5,76 \text{ с}.$$

13 Середній момент при гальмуванні з навантаженим і порожнім ковшем

$$M_{\text{ср2}} = (M_{\Gamma} - M_o) = (200,63 - 19,11) = 181,52 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

14 Кут, повороту платформи при гальмуванні з навантаженим ковшем

$$\alpha_{\text{нз}} = \frac{\omega_{\text{нз}} t_{\text{нз}}^2}{2} = \frac{0,065 \cdot 5,76^2}{2} = 1,08 \text{ рад}; \quad \omega_{\text{нз}} = \frac{\omega_H}{i \cdot t_{\text{нз}}} = \frac{157}{416,67 \cdot 5,76} = 0,065 \text{ с}^{-1}.$$

15 Знайдемо кут, на який платформа повернеться з усталеною швидкістю і час повороту при русі з навантаженням ковшем

$$t_n = t_p - t_{нав} - t_{нз} = 15 - 7,11 - 5,76 = 2,13 \text{ с};$$

$$\alpha_{н.уст} = \frac{t_n \omega_H}{2 \cdot i} = \frac{2,13 \cdot 157}{416,67} = 0,8 \text{ рад};$$

$$\sum \alpha = \alpha_{нав} + \alpha_{н.уст} + \alpha_{нз} = 1,34 + 0,8 + 1,08 = 3,22 \text{ рад.}$$

16 Час розгону двигуна до сталої швидкості з порожнім ковшем

$$t_{np} = \sum J_{II} \frac{\omega_H}{M_{дин}} = 6,64 \cdot \frac{157}{162,41} = 6,42 \text{ с.}$$

17 Кут, на який платформа повернеться при розгоні з порожнім ковшем

$$\alpha_{np} = \frac{\omega_{np} \cdot t_{np}^2}{2} = \frac{0,059 \cdot 6,42^2}{2} = 1,22 \text{ рад};$$

$$\omega_{np} = \frac{\omega_H}{i \cdot t_{np}} = \frac{157}{416,67 \cdot 6,42} = 0,059 \text{ с}^{-1}.$$

18 Час гальмування двигуна при русі з порожнім ковшем

$$t_{нз} = \sum J_{II} \cdot \frac{\omega_H}{M_{Г}} = 6,64 \cdot \frac{157}{200,63} = 5,2 \text{ с.}$$

19 Кут, на який платформа повернеться при гальмуванні з порожнім ковшем

$$\alpha_{нз} = \frac{\omega_{нз} t_{нз}^2}{2} = \frac{0,072 \cdot 5,2^2}{2} = 0,97 \text{ рад}; \quad \omega_{нз} = \frac{\omega_H}{i \cdot t_{нз}} = \frac{157}{416,67 \cdot 5,2} = 0,072 \text{ с}^{-1}.$$

20 Знайдемо кут, на який повернеться платформа з усталеною швидкістю і час повороту при русі з порожнім ковшем

$$\alpha_{н.уст} = \sum \alpha - \alpha_{np} - \alpha_{нз} = 3,22 - 1,22 - 0,97 = 1,03 \text{ рад};$$

$$t_n = \frac{\alpha_{н.уст}}{\omega_H / i} = \frac{1,03 \cdot 416,67}{157} = 2,73 \text{ с.}$$

21 Побудуємо навантажувальну діаграму (рис. 5).

22 Визначаємо еквівалентний момент:

$$M_{Екв} = \sqrt{\frac{M_{cp1}^2 t_{нав} + M_H^2 t_z + M_{cp2}^2 t_{нз} + M_{cp1}^2 t_{np} + M_H^2 t_n + M_{cp2}^2 t_{нз}}{\beta t_{повн}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{326,74^2 \cdot 7,11 + 191,08^2 \cdot 2,13 + 181,52^2 \cdot 5,76 + 326,74^2 \cdot 6,42 + 191,08^2 \cdot 2,73 + 181,52^2 \cdot 5,2}{35,35}} = 207,4 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$t_{повн} = t_{роб} + t_o = 29,35 + 6 = 35,35 \text{ с};$$

$$t_{роб} = t_{нав} + t_n + t_{не} + t_{пр} + t_n + t_{н2} = 15 + 6,42 + 2,73 + 5,2 = 29,35 \text{ с}.$$

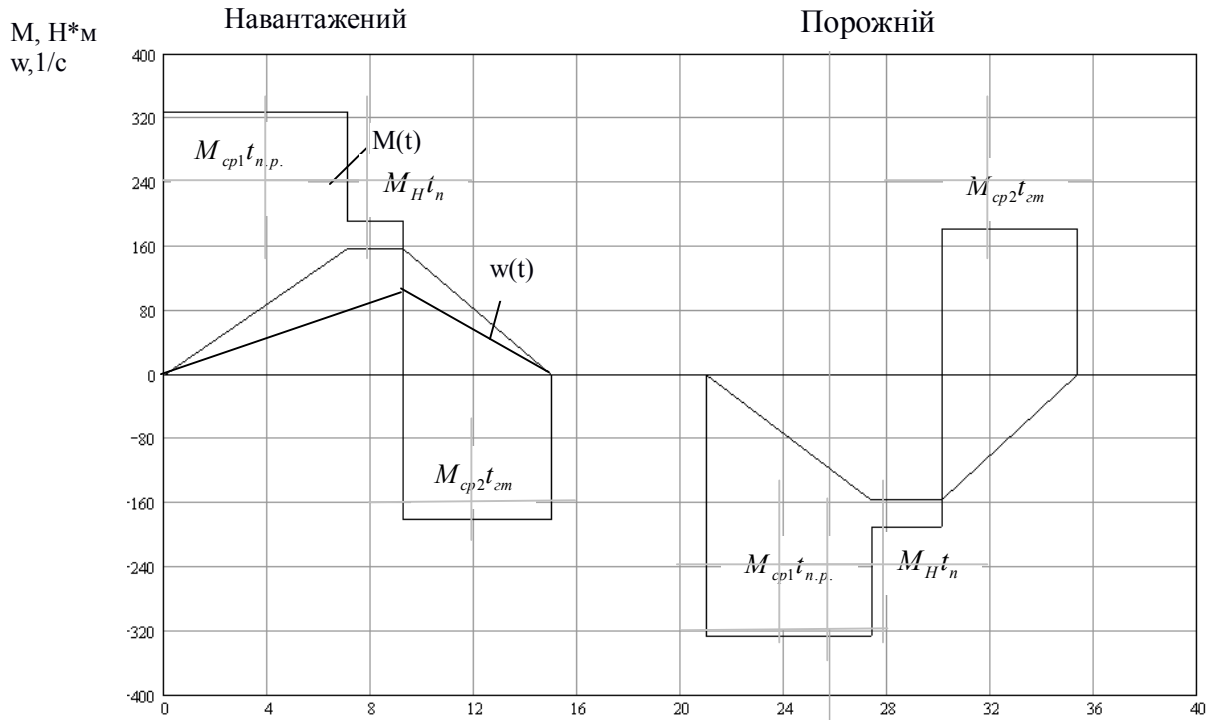


Рисунок 5 - Навантажувальна діаграма двигуна

23 Визначимо розрахунковий коефіцієнт тривалості включення

$$TB_{розр\%} = \frac{t_{роб}}{t_{роб} + t_o} \cdot 100\% = \frac{29,35}{35,35} \cdot 100 = 83,03 \%$$

24 Еквівалентний момент з урахуванням теплових особливостей двигуна

$$M'_E = M_{Екв} \sqrt{\frac{TB_{розр\%}}{TB_{\%}}} = 207,4 \cdot \sqrt{\frac{83,03}{100}} = 188,98 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$M'_E < M_H$, Значить, попередньо обраний двигун задовольняє заданим параметрам електроприводу екскаватора.

3 СТАТИЧНІ І ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПІДЙОМНИХ І ТЯГОВИХ МЕХАНІЗМІВ

У всіх випадках, коли необхідні переміщення робочого органу машини по вертикальних і похилих траєкторіях досить великі - складають десятки, сотні і навіть тисячі метрів, найбільш простим і універсальним механізмом переміщення є підйомна або тягова лебідка, призначена для передачі зусиль від приводу до робочого органу за допомогою підйомного або тягового канату відповідної довжини. За принципом роботи лебідки поділяються на однокінцеві та двокінцеві, а за конструкцією органу навивки канату - на барабанні лебідки та лебідки з канатоведучими шківками.

Однокінцеві лебідки є невривноваженими підйомними механізмами. Як приклад на рис. 6 представлена кінематична схема кранової крюкової підйомної лебідки. Якщо не враховувати втрат на тертя, приведений до валу двигуна момент, обумовлений вагою вантажу, можна визначити за допомогою співвідношення

$$M_{\epsilon} = \frac{(G_0 + G)D_B}{2i_p i_{\Pi}},$$

де $G = mg$ - вага вантажу, що має масу T ; $G_0 = m_0 g$ - вага вантажозахоплювального пристрою (або підйомної посудини), маса якого m_0 ; i_p, i_{Π} - передавальні відносини редуктора і поліспасти; D_B - діаметр барабана.

Момент M_{ϵ} є активним моментом, спрямованим в бік спуску. Він змінюється при зміні ваги вантажу, що піднімається, але не залежить від напрямку руху. Тому при відсутності втрат на тертя двигун даної лебідки в статичному режимі при підйомі працював би в руховому режимі, а при спуску - в гальмівному.

У реальному механізмі присутні втрати тертя і обумовлюють наявність реактивного моменту $M_{\text{тер}}$, який завжди перешкоджає руху, змінюючи свій напрямок (знак) при зміні напрямку руху. При цьому сумарний приведений до валу двигуна статичний момент є алгебраїчною сумою моменту M_{ϵ} , обумовленого вагою переміщуваного вантажу, і моменту втрат $M_{\text{тер}}$.

У разі переміщення досить важких вантажів моменти втрат при розрахунках

статичних навантажень можуть бути враховані за допомогою відповідних значень загального ККД механізму. Підйом номінального вантажу $G = G_{ном}$:

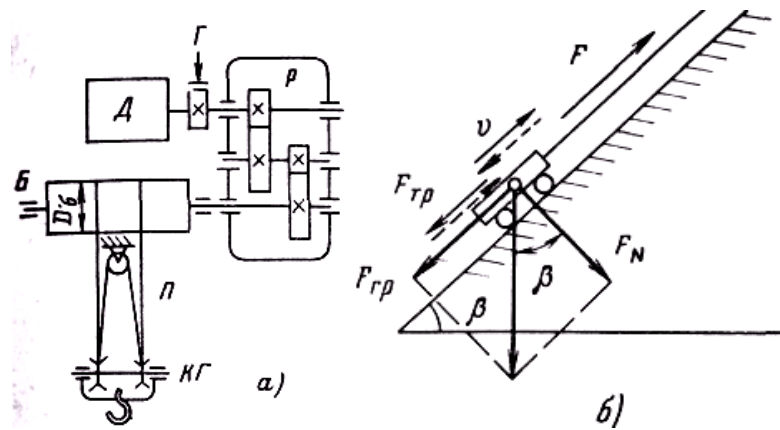
$$M'_{CT} = M_{B.НОМ} + M_{ТЕР.НОМ} = M_{B.НОМ} / \eta_{Л.НОМ},$$

де $M_{B.НОМ} = (G_0 + G_{НОМ})D_B / 2i_P i_{П}$,

$\eta_{Л.НОМ} = \eta_{1.НОМ} \eta_{2.НОМ} \eta_{3.НОМ} \dots$ - загальний ККД лебідки при підйомі номінального вантажу, що враховує ККД всіх ланок кінематичного ланцюга установки:
 $\eta_{1.НОМ}, \eta_{2.НОМ}, \eta_{3.НОМ}$.

Вважаючи ККД не залежних від напрямку руху, для режиму спуску номінального вантажу отримуємо:

$$M'_{CT} = M_{B.НОМ} - M_{ТЕР.НОМ} = M_{B.НОМ} \eta_{Л.НОМ}.$$



Д - двигун; Т - механічний гальмо; Р - редуктор;
 П - поліпаст; КГ - гакова підвіска

Рисунок 6 - Кінематична схема однокінцевої підйомної лебідки (а)
 і схема зусиль у похилому установці (б)

Номінальні значення ККД або задаються, або перебувають за довідковими даними (див. додаток). При вантаж, відмінному від номінального, ККД можна визначити за експериментальними кривими, наведеними на рис. 2.

Підйом порожнього вантажозахоплювального пристрою ($G = 0$):

$$M_{CT2} = M_{B0} + M_{ТЕР0},$$

де $M_{B0} = G_0 D_B / 2i_P i_{П}$, $M_{ТЕР0} = M_{B0} (1 - \eta_{Л0}) / \eta_{Л0}$.

При важкому вантажозахоплювальному пристрої ($G_0 / (G_0 + G_{НОМ}) \geq 0,1$) зна-

чення M_{CT2} також може бути знайдено за загальним ККД лебідки $\eta_{Л0}$ при підйомі пустого вантажозахоплювального пристрою:

$$M_{CT2} = M_{B0} / \eta_{Л0}$$

При легкому вантажозахоплювальні пристрої ($G_0 / (G_0 + G_{НОМ}) < 0,1$) визначити досить точно значення $\eta_{Л0}$ практично неможливо. У цьому випадку розрахунок M_{CT2} доцільно проводити за висловом $M_{CT2} = M_{B0} + M_{ТЕР0}$, Визначивши попередньо значення $M_{ТЕР0}$.

Момент тертя в загальному випадку є складною функцією швидкості і моменту $M_{П}$, переданого ланками кінематичного ланцюга підйомної установки. Однак з прийнятною для практики точністю можна прийняти $M_{ТЕР}$ лінійно залежать від переданого моменту:

$$M_{ТЕР} = M_{XX} + bM_{П}$$

де M_{XX} - момент, створюваний втратами холостого ходу; b - постійний коефіцієнт втрат, пропорційних переданої кінематичної ланцюгом навантаженні.

Для режиму підйому вантажу $M_{П} = M_{B}$, і тому

$$M_{CT} = (1 + b)M_{B} + M_{XX}.$$

Звідси, якщо задатися значеннями M_{B1} і M_{B2} і знайти (наприклад, по кривих) відповідні їм значення η_{E1} і η_{E2} , то

$$M_{XX} = \frac{M_{B1}M_{B2}}{M_{B1} - M_{B2}} \left(\frac{1}{\eta_{Л2}} - \frac{1}{\eta_{Л1}} \right);$$

$$b = \frac{1}{M_{B1} - M_{B2}} \left(\frac{M_{B1}}{\eta_{Л1}} - \frac{M_{B2}}{\eta_{Л2}} \right) - 1.$$

Отримані таким чином вирази для M_{XX} і b можуть бути використані для розрахунку значення $M_{ТЕР}$ при будь-якому навантаженні і в тому числі для визначення $M_{ТЕР0}$. Статичний момент при спуску порожнього вантажозахоплювального пристрою дорівнює:

$$M'_{CT2} = M_{B0} + M'_{ТЕР0},$$

де $M'_{ТЕР0}$ - момент втрат при спуску порожнього вантажозахоплювального пристрою.

Тут момент навантаження двигуна в залежності від ваги вантажозахоплюва-

льного пристрою може бути або рушійним, або гальмівним. При важкому вантажозахоплювальні пристрої $M_{BO} > M'_{TEPO}$, момент M'_{CT2} є рушійним (гальмівний спуск) і його значення, вважаючи $M'_{TEPO} = M_{TEPO}$, можна знайти за формулою

$$M_{CT2} = M_{BO} (2 - 1 / \eta_{Л0}).$$

При легкому вантажозахоплювальні пристрої можливо співвідношення $M_{BO} \ll M'_{TEPO}$, при якому втрати тертя в механізмі долаються спільно моментом від ваги вантажозахоплювального пристрою і рушійним моментом двигуна (силовий спуск). У цьому випадку поняття ККД не має фізичного сенсу, і розрахунок значення M'_{CT2} необхідно вести, враховуючи при цьому, що $M_{П}=0$ і тому $M'_{TEPO} = M_{ХХ}$.

Всі отримані співвідношення можуть бути використані для розрахунку статичних навантажень однокінцевих похилих підйомних лебідок. При цьому замість ваги піднімаються частин $G_0 + G$ необхідно підставляти відповідні значення натягу підйомного канату лебідки F . Зусилля у канаті врівноважує складову сили тяжіння F_B і силу опору руху, обумовлену тертям F_{TEP} :

$$F = F_B \pm F_{TEP} = (G + G_0) \sin \beta \pm k_{TEP} (G + G_0) \cos \beta,$$

де знак плюс відповідає підйому, мінус - спуску вантажу; $k_{TEP} = F_{TEP}/F_N$ - відношення сили тертя до сили нормального тиску. В орієнтовних розрахунках можна приймати $k_{TEP} = 0,08 \dots 0,15$.

Визначення статичних навантажень є важливим етапом проектування електроприводу. Воно необхідне для побудови навантажувальної діаграми, вибору потужності двигуна і перевірки його по нагріванню. Характер навантажень і межі їх зміни в значній мірі визначають режими роботи і вибір схеми електроприводу.

Динамічні навантаження електроприводу однокінцевої підйомної лебідки пов'язані з необхідністю пусків, реверсів і гальмувань. При заданому прискоренні $\varepsilon_{дод}$, яке зазвичай обмежена технологічними умовами, динамічний момент двигуна може бути визначений із співвідношення

$$M_{дин} = J \Sigma \frac{dw}{dt} = J \Sigma \varepsilon_{дод}.$$

У цій формулі $J \Sigma$ являє собою сумарний приведений до валу двигуна момент інерції, що включає в себе момент інерції ротора двигуна і приведений момент інерції всіх обертально і поступально рухомих мас установки. При робочій

швидкості лебідки $v_p < 2m/c$ основну частку в моменті J_Σ становить момент інерції двигуна: $J_\Sigma = (1, 2 \dots 1, 6) J_{дв}$. Для більш швидкохідних установок вплив наведених мас механізму більш значно.

Як було відзначено, розглянуті однокінцеві лебідки є неврівноваженими механізмами, навантаження приводу яких визначається сумою ваг всіх піднімаються частин - канату, захоплюючого пристосування і корисного вантажу. Неважко бачити, що такі механізми постійно здійснюють додаткову роботу по підйому захоплюючого пристрою. При спуску двигун повинен гальмувати не тільки опускається корисний вантаж, але і баластний вантаж G_0 . Ці фактори призводять до завищення потужності електродвигуна тим більш значного, чим більше вага вантажозахоплювального пристрою, а також до відповідного збільшення питомої витрати енергії на одиницю корисного вантажу.

У стаціонарних підйомних установках цей недолік усувається використанням двухкінцевих підйомних лебідок. Якщо установка обслуговує тільки два рівня, вага підйомної посудини врівноважується вагою другого такого ж підйомної посудини. При цьому досягається також збільшення продуктивності установки приблизно вдвічі, так як операція підйому вантажу поєднується зі спуском порожнього підйомної посудини.

Якщо установка повинна обслуговувати кілька рівнів, наприклад поверхів багатоповерхового будинку, таке сумісництво неможливо. У цих випадках замість другого підйомної посудини навішується баластовий контрвантаж - противага. Вага противаги $G_{пр}$, з метою додаткового зниження необхідної потужності двигуна вибирають підйомна посудина G_0 більшої ваги. При цьому врівноважується і частина корисного вантажу

$$G_{пр} = G_0 + \alpha G_{ном},$$

де α - коефіцієнт врівноваження.

Як приклад на рис. 7 представлена кінематична схема двухкінцевої ліфтової лебідки з черв'ячним редуктором і канатоведучим шківом. Результуюче зусилля на канатоведучому шківі визначається різницею натягу гілок підйомного канату:

$$F = F_1 - F_2.$$

З урахуванням сил тертя в напрямних kabіни F_{TP} і протизаги $F = F_{TEP}$, а також ваги 1 м підйомного канату q_K натягу F_1 і F_2 визначатися:

$$F_1 = G + G_0 + q_K x \pm F'_{TEP},$$

$$F_2 = G_{HP} + q_K (H - x) \pm F''_{TEP}.$$

З урахуванням співвідношення результуюче зусилля складе:

$$F = G - \alpha G_{HOM} + q_K (2x - H) \pm (F'_{TEP} + F''_{TEP}),$$

де знак "плюс" відповідає підйому kabіни, а "мінус" - спуску.

Результуюче зусилля F зручно представити у вигляді алгебраїчної суми активного зусилля f_B і реактивного, обумовленого тертям зусилля F_{TEP} . Ці складові визначають відповідно активну M_B і реактивну M_{TEP} складову приведенного до валу двигуна статичного моменту M_{CT} . Складова M_{TEP} повинна враховувати, крім тертя в напрямних все втрати на тертя в підйомній лебідки. тоді

$$M_{CT} = M_B + M_{TEP} = \frac{[G + q_K (2x - H) - \alpha G_{HOM}] D_{K.Ш}}{2i_p} + M_{TEP}.$$

Зі співвідношення випливає, що статичний момент залежить від завантаження kabіни і від коефіцієнта врівноваження α . Крім того, при великій висоті підйому H на статичний момент може робити істотний вплив вага гілок канату. При цьому момент M_{CT} є функцією шляху.

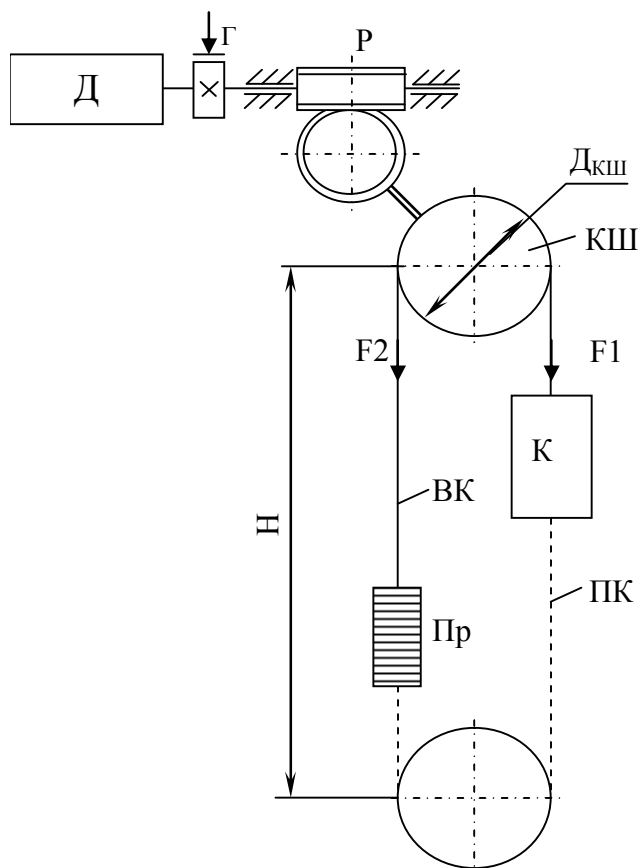
Якщо висота підйому невелика, складова $q_K (2x - H) \approx 0$. Тоді при підйомі номінального вантажу ($G = G_{HOM}$) і порожньої kabіни ($G = 0$) статичний момент можна визначити за допомогою співвідношень:

$$\left. \begin{aligned} M_{CT1} = M_B + M_{TEP} &= \frac{(1 - \alpha) G_{HOM} D_{K.Ш}}{2i_p \eta_{Л.НОМ}}, \\ M_{CT2} = -M_B + M_{TEP} &= -\frac{\alpha G_{HOM} D_{K.Ш}}{2i_p} \eta_{Л.НОМ}, \end{aligned} \right\}$$

де $\eta_{Л.НОМ}$ - ККД підйомної установки з урахуванням тертя в напрямних, відповідний номінальному навантаженню.

Статичний момент при спуску

$$\left. \begin{aligned} M'_{CT1} = M_B - M_{TEP} &= \frac{(1 - \alpha) G_{HOM} D_{K.Ш}}{2i_p} \eta_{Л.НОМ}, \\ M''_{CT2} = -M_B - M_{TEP} &= -\frac{\alpha G_{HOM} D_{K.Ш}}{2i_p \eta_{Л.НОМ}}. \end{aligned} \right\}$$



Д - двигун; Г - гальмо; Р - редуктор; КШ - канатоведучий шків; К - кабіна;
 Пр - противагу; ВК - врівноважує канат; ПК - підйомний канат

Рисунок 7 - Кінематична схема двукінцевої підйомної лебідки

Вплив коефіцієнта врівноваження α на необхідну потужність двигуна можна оцінити за допомогою середньоквадратичного моменту навантаження $M_{СК}$, задавшись певним циклом роботи. Прийmemo, наприклад, що цикл складається з підйому номінального вантажу і спуску порожньої кабіни.

Вважаючи $t_{\Pi} = t_C = t_p$, отримуємо:

$$M_{СК} = \sqrt{\frac{M_{СТ1}^2 + M_{СТ1}'^2}{2}} = \frac{G_{НОМ} D_{К.Ш}}{2i_p \eta_{Л.НОМ}} \sqrt{\frac{(1-\alpha)^2 + \alpha^2}{2}}$$

значення $\alpha = \alpha_{опт}$, При якому має місце мінімальне значення $M_{СК}$, можна визначити, прирівнявши до нуля похідну підкореного вираження:

$$\frac{d}{d\alpha} (1 - 2\alpha + 2\alpha^2) = 0, \quad \alpha_{опт} = 0,5.$$

При великій висоті підйому H на статичний момент значно впливає невір-

новажений вага підйомного канату. Ця вага змінюється в функції координати x і порушує досягається вибором $a = a_{opt}$ рівномірність навантаження. За рахунок цього необхідна потужність двигуна, як було показано вище, збільшується. Тому при великій висоті підйому зазвичай вдаються до врівноваження ваги підйомного канату за допомогою компенсаційного (врівноважує) канату ВК. Для таких установок наведені вище співвідношення застосовні при будь-якій висоті підйому.

При розрахунку двухкінцевих підйомних лебідок, в яких замість противаги використовується другий підйомна посудина, можна користуватися отриманими вище співвідношеннями, вважаючи $\alpha = 0$.

Динамічні навантаження двухкінцевих підйомних установок визначаються сумарною наведеним моментом інерції установки і допустимим прискоренням. Тут важливо мати на увазі, що сумарний момент інерції залежить від суми всіх поступально рухомих мас:

$$J_{\Sigma} = J_{ДВ} + J_{ОБ} + (m_{ПР} + m_{П,П} + m_{В} + m_{К}) \frac{v^2}{\omega^2},$$

де $J_{ОБ}$ - приведений момент інерції всіх обертових мас лебідки; $m_{ПР}; m_{П,П}; m_{В}; m_{К}$ - маси відповідно противаги, підйомної посудини, вантажу, підйомного і компенсаційного канатів.

Так як потужність двигуна визначається різницею кінцевих навантажень, а момент інерції пов'язаний з сумою їх мас, особливістю двухконцевая підйомних лебідок є великий момент інерції механізму, що перевищує в 2 ... 5 разів момент інерції двигуна.

3.1 Завдання №3

Розрахувати потужність, побудувати навантажувальну діаграму приводу шахтного підйомника за умови, наведених в табл. 4. Перевірити двигун по нагріванню.

Варіанти завдання наведені в додатку А (табл. А.3).

3.2 Приклад розрахунку приводу шахтного підйомника

(з врівноваженим канатом і шківом тертя, $\beta = 90^0$)

Таблиця 4 - Вихідні дані для розрахунку приводу шахтного підйомника з врівноваженим канатом і шківом тертя

параметр	позначен-	значення
Глибина шахти, м	H	640
Вага корисного вантажу, кг	G_{KB}	4000
Вага кліті, кг	G_K	3500
Вага вагонетки, кг	G_B	2000
Вага головного і врівноважує канатів, (кг/м)в	$G_{кан}$	8
Діаметр шківа тертя, м	$D_б$	5
Момент інерції шківа тертя, кг·м ²	$J_б$	50*103
Діаметр направляючого шківа, м	$D_{нш}$	4
Момент інерції направляючого шківа, кг·м ²	$J_{нш}$	10*103
Номінальна швидкість підйому, м/с	V_H	5
Прискорення при підйомі, м/с ²	a_1	0,9
Уповільнення при підйомі, м/с ²	a_3	0,9
Тривалість циклу, з	$t_{ц}$	180

1 Частота обертання шківа тертя:

$$n = \frac{V_H \cdot 60}{\pi D_б} = \frac{5 \cdot 60}{3,14 \cdot 5} = 19,11 \text{ об/хв};$$

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 19,11}{30} = 2 \text{ с}^{-1}.$$

2 Потужність двигуна

$$P = \frac{9,8kG_{KB}V_Hk'}{1000} = \frac{9,8 \cdot 1,15 \cdot 4000 \cdot 5 \cdot 1,3}{1000} = 293,02 \text{ кВт},$$

де $k = 1,15$ – коефіцієнт, що враховує тертя (шахтний опір); $k' = 1,3$ – коефіцієнт, що враховує невірноваженість підйому.

Обрано АД типу АІР355М4 з наступними характеристиками: номінальна потужність $P_H = 315$ кВт; номінальна швидкість $n_H = 1470$ об/хв; момент інерції ротора $J_{дв} = 7$ кг·м².

3 Передавальне число редуктора:

$$i = \frac{n_H}{n} = \frac{1470}{19,11} = 76,92.$$

4 Момент опору на валу двигуна:

$$M_o = \frac{9,8 \cdot k \cdot G_{KB} \cdot D_{\sigma}}{2 \cdot i} = \frac{9,8 \cdot 1,15 \cdot 4000 \cdot 5}{2 \cdot 76,92} = 1465,16 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

5 Приймаємо трьохперіодні тахограми роботи.

Час прискорення t_1

$$t_1 = \frac{v_H}{a_1} = \frac{5}{0,9} = 5,55 \text{ с}.$$

Шлях, прохідний за t_1

$$h_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{0,9 \cdot 5,55^2}{2} = 13,86 \text{ м}.$$

час уповільнення t_3

$$t_3 = \frac{v_H}{a_3} = \frac{5}{0,9} = 5,55 \text{ с}.$$

Шлях, прохідний за t_3

$$h_3 = \frac{a_3 t_3^2}{2} = \frac{0,9 \cdot 5,55^2}{2} = 13,86 \text{ м}.$$

Шлях рівномірного руху

$$h_2 = H - (h_1 + h_3) = 640 - 2 \cdot 13,86 = 612,28 \text{ м}.$$

Час рівномірного руху

$$t_2 = \frac{h_2}{v_H} = \frac{612,28}{5} = 122,46 \text{ с}.$$

Час паузи: $t_n = t_u - (t_1 + t_2 + t_3) = 180 - (5,55 + 122,46 + 5,55) = 46,44 \text{ с}.$

6 Наведемо моменти інерції обертових частин до валу двигуна

$$J'_{np} = 1,3J_{\sigma\sigma} + (J_{\sigma\sigma p} + 2J_{ниш}) \left(\frac{1}{i}\right)^2 = 1,3 \cdot 7 + (50 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10 \cdot 10^3) \cdot \left(\frac{1}{76,92}\right)^2 = 20,93 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

де 1,3 - коефіцієнт, що враховує момент інерції редуктора, з'єднувальних муфт та гальмівних шківів приводу.

7 Вага частин системи, що рухається поступально

$$\sum G = G_{KB} + 2G_{\kappa} + 2G_{\sigma} + G_{кан} L_{кан} = 4000 + 2 \cdot 3500 + 2 \cdot 2000 + 8 \cdot 1408 = 26264 \text{ кг},$$

де $L_{кан} = 2 \cdot H \cdot 1,1 = 1408 \text{ м}$; 1,1 - довжин канату поза шахтою.

8 Наведений момент інерції від поступально рухомих мас

$$J''_{np} = \sum G \left(\frac{v_H}{\omega_H} \right)^2 = 26264 \cdot \left(\frac{5}{153,86} \right)^2 = 27,74 \text{ кг}\cdot\text{м}^2,$$

де $\omega_H = \frac{\pi \cdot n_H}{30} = \frac{3,14 \cdot 1470}{30} = 153,86 \text{ с}^{-1}$.

9 Загальний приведений момент інерції

$$J_{np} = J'_{np} + J''_{np} = 20,93 + 27,74 = 48,67 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

10 Динамічний момент при прискоренні

$$\varepsilon_1 = \frac{\omega_H}{t_1} = \frac{153,86}{5,55} = 27,72 \text{ с}^{-2};$$

$$M_{дин1} = \varepsilon_1 J_{np} = 27,72 \cdot 48,67 = 1349,13 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

11 Динамічний момент при уповільненні

$$\varepsilon_3 = \frac{\omega_{де}}{t_3} = \frac{153,86}{5,55} = 27,72 \text{ с}^{-2};$$

$$M_{дин3} = \varepsilon_3 J_{np} = 27,72 \cdot 48,67 = 1349,13 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

12 Момент, що розвивається двигуном

$$M_1 = M_o + M_{дин1} = 1465,16 + 1349,13 = 2814,29 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_2 = M_o = 1465,16 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_3 = M_o - M_{дин3} = 1465,16 - 1349,13 = 116,03 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

13 Будуємо навантажувальну діаграму (рис. 8).

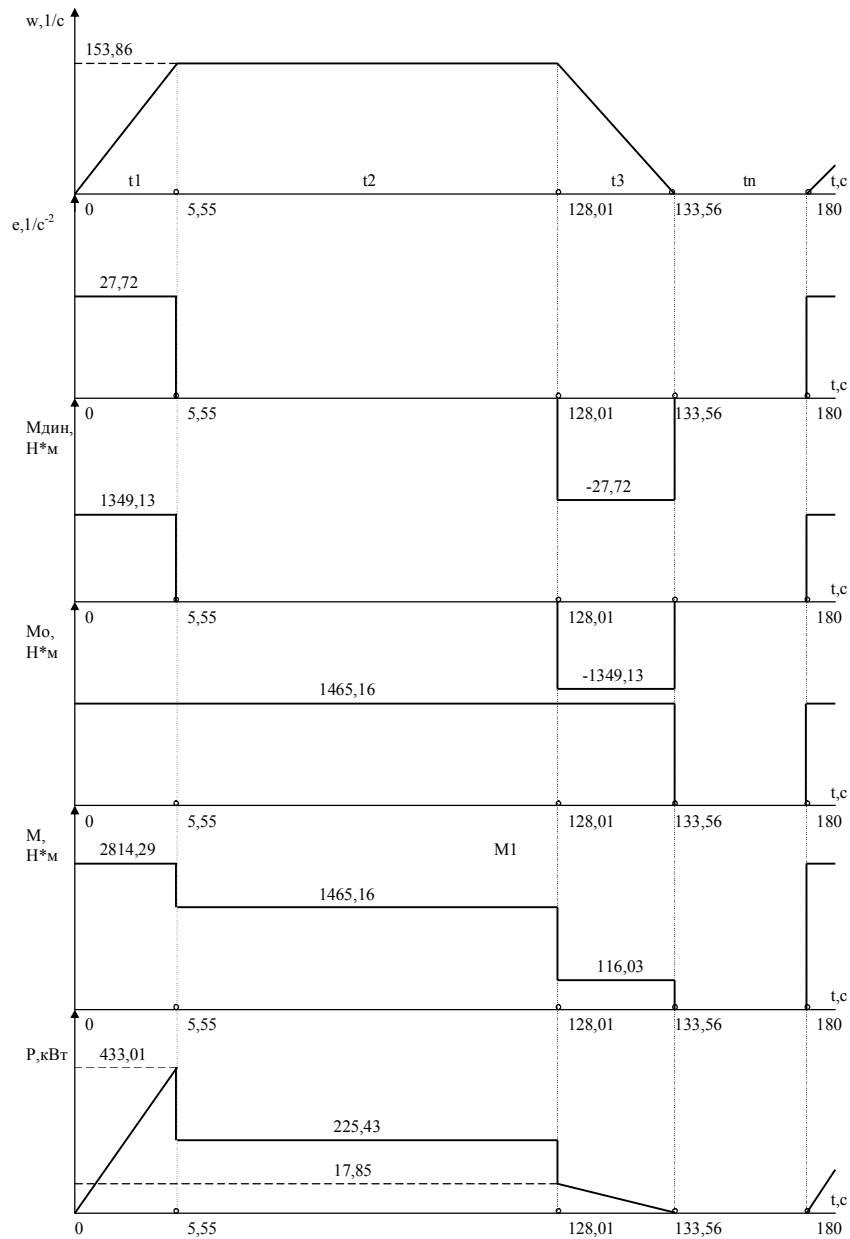


Рисунок 8 - Навантажувальна діаграма до завдання 3

14 За навантажувальної діаграмі визначаємо еквівалентний момент

$$M_E = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + M_3^2 \cdot t_3}{0,75 \cdot t_1 + t_2 + 0,75 \cdot t_3 + 0,5 \cdot t_n}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2814,29^2 \cdot 5,55 + 1465,16^2 \cdot 122,46 + 116,03^2 \cdot 5,55}{2 \cdot 0,75 \cdot 5,55 + 122,46 + 0,5 \cdot 46,44}} = 1411,7 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де 0,75 - коефіцієнт, що враховує погіршення умов охолодження при пуску і гальмуванні; 0,5 - коефіцієнт, що враховує погіршення умов охолодження зупиненого двигуна.

15 Перевірка двигуна по перевантажувальній здатності

$$\frac{M_{max}}{M_E} = \frac{M_1}{M_E} = \frac{2814,29}{1411,7} = 1,99 < 2.$$

16 Еквівалентна потужність двигуна

$$P_E = M_E \cdot \omega_H = 1411,7 \cdot 153,86 = 217,2 \text{ кВт.}$$

$P_E < P$, Значить, попередньо обраний двигун задовольняє даним параметрам електроприводу шахтного підйомника.

3.3 Завдання №4

Вибрати двигун для вантажного ліфта (рис. 9), якщо задано:

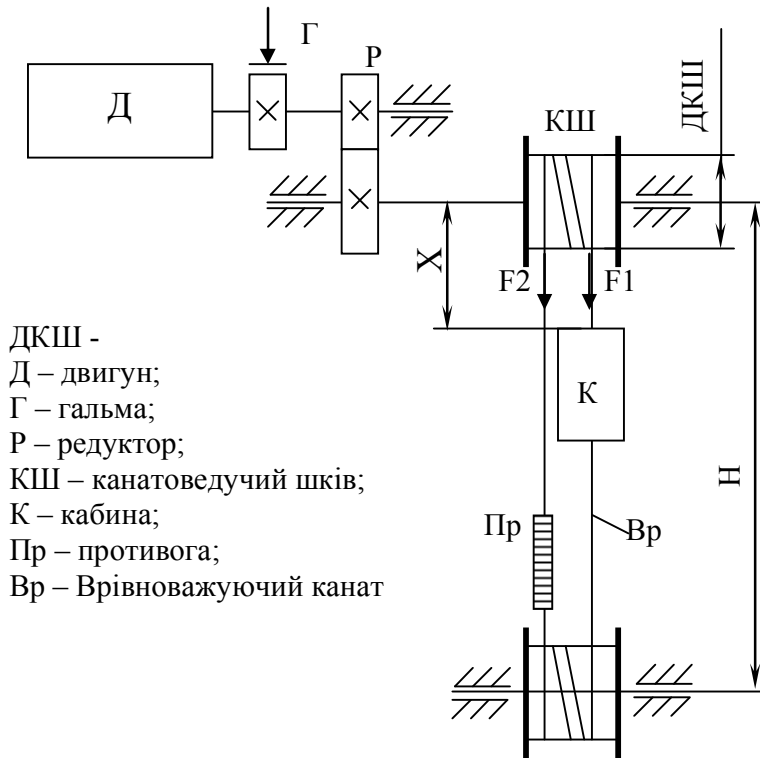
- $V_{ном} = 0,75 \text{ м/с}$ - номінальна швидкість ліфта;
- $D_{кш} = 0,8 \text{ м}$ - діаметр канатного шківа;
- $m_0 = 3200 \text{ кг}$ - маса кабіни;
- $m_H = 1500 \text{ кг}$ - маса номінального вантажу;
- $\alpha = 0,45$ - коефіцієнт врівноваження;
- $\eta_{л.ном} = 0,7$ - ККД ліфта;
- $a = 0,5 \text{ м/с}^2$ - прискорення при пуску;
- $H = 9 \text{ м}$ - висота підйому;
- t_0 - час паузи;
- $N_{ц} = 65$ - число циклів в годину.

Цикл роботи - підйом номінального вантажу, пауза, спуск порожньої кабіни, пауза. Варіанти завдання наведені в додатку А (табл. А.4). У розрахунках прийняти: $G_{кан}$ - за завданням 3; $L_{ном} = 2 \cdot H \cdot 1,1$, Де 1,1 - коефіцієнт запасу по довжині.

3.4 Приклад розрахунку приводу вантажного ліфта

- 1 Використовуючи методику виконання завдання 3, попередньо вибираємо двигун і визначаємо передавальне число редуктора i .
- 2 Час пуску і гальмування при заданому прискоренні

$$t_n = t_z = \frac{v_{ном}}{a} = \frac{0,75}{0,5} = 1,5 \text{ с.}$$



ДКШ -
 Д – двигун;
 Г – гальма;
 Р – редуктор;
 КШ – канатоведучий шків;
 К – кабина;
 Пр – противога;
 Вр – Врівноважуючий канат

Рисунок 9 - Схема вантажного ліфта

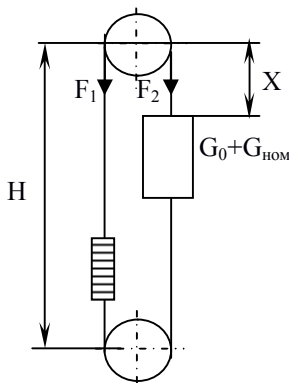
3 Шлях, прохідний з усталеною швидкістю

$$H_{cm} = H - 2 \frac{v_{ном} t_n}{2} = 9 - 2 \frac{0,75 \cdot 1,5}{2} = 7,88 \text{ м.}$$

4 Час рух зі сталою швидкістю

$$t_{cm} = \frac{H_{cm}}{v_{ном}} = \frac{7,88}{0,75} = 10,5 \text{ с.}$$

Так як $t_n \ll t_{ycm}$ вибір двигуна виробляємо по навантажувальній діаграмі.



5 Вага противога: $G_{пр} = G_0 + \alpha G_{ном}$, де $G_{ном}$ - вага номінального підйомного вантажу; G_0 - вага кабіни; α - коефіцієнт врівноваження (приймають 0,4 ... 0,6).

Наявність противога призводить до вирівнювання графіка навантаження двигуна, що знижує його нагрівання в процесі роботи.

6 Статичний момент при підйомі номінального вантажу

$$M_{cm1} = \frac{(1-\alpha)G_{ном}D_{кш}}{2 \cdot i \cdot \eta_{рл.ном}} = \frac{(1-0,45)14700 \cdot 0,8}{2 \cdot 53 \cdot 0,7} = 87,3 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $G_{ном} = m_{ном}g = 1500 \cdot 9,81 = 14700 \text{ Н}$.

7 Статичний момент при спуску порожньої кабіни

$$M_{cm2} = -\frac{\alpha \cdot G_{ном}D_{кш}}{2i \eta_{рл.ном}} = -\frac{0,45 \cdot 14700 \cdot 0,8}{2 \cdot 53 \cdot 0,7} = -71,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

8 Час роботи двигуна при підйомі і спуску

$$t_{p1} = t_{p2} = t_{cm} + t_n + t_{зальм} = 10,5 + 1,5 + 1,5 = 12 \text{ с}.$$

9 Час циклу (необхідно зробити висновок про співвідношення $t_{ц}$ і t_p)

$$t_{ц} = \frac{3600}{N_{ц}} = \frac{3600}{65} = 55,5 \text{ с}.$$

10 Дійсна тривалість включення

$$TB_{\partial} = \frac{t_{p1} + t_{p2}}{t_p} \cdot 100\% = \frac{12 + 12}{55,5} \cdot 100\% = 43,5 \text{ \%}.$$

11 Середньоквадратичний момент навантаження при ПВД

$$M_{скTB_{\partial}} = \sqrt{\frac{M_{cm1}^2 t_{p1} + M_{cm2}^2 t_{p2}}{\beta(t_{p1} + t_{p2}) + t_0}} = \sqrt{\frac{87,3 \cdot 12 + 71,5^2 \cdot 12}{12 + 12}} = 80 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

12 Перерахуємо $M_{скTB_{ном}}$ до найближчого каталожним

$$M_{скTB_{ном}} = M_{скTB_{\partial}} \sqrt{\frac{TB_{\partial}}{TB_{ном}}} = 80 \sqrt{\frac{43,5}{40}} = 83,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

13 Необхідна потужність двигуна при $TB_{ном} = 40\%$

$$P_{необ40\%} = \kappa_3 M_{скTB_{ном}} \omega_p = 1,4 \cdot 83,5 \cdot 99 \cdot 10^{-3} = 11,5 \text{ кВт},$$

де $\omega_p = \frac{2 \cdot v_n^2 \cdot i}{D_{кш}} = \frac{2 \cdot 0,75 \cdot 53}{0,8} = 99 \text{ с}^{-1}$, $\kappa_3 = 1,4$ - коефіцієнт динамічного навантаження.

14 визначаємо J_{Σ} , Перевіряємо двигун по нагріванню (метод середніх втрат або еквівалентних величин) і по перевантажувальній здатності λ відповідно до методики, викладеної в прикладі до завдання 3.

При розрахунках необхідно врахувати наступні моменти:

$$J_{\kappa u} = 1,25J_{\partial\theta}, \quad J_{\Sigma} = 1,3J_{\partial\theta} + J_{\kappa u} \left(\frac{1}{i} \right), \quad \sum G = G_{zp} + G_{\kappa} + G_{\text{прот.}} + G_{\text{кан}} \cdot L_{\kappa}.$$

4 ВИБІР ДВИГУНІВ ДЛЯ МЕХАНІЗМІВ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ

Вибір потужності приводних двигунів насосів і вентиляторів, як представників машин безперервної дії, здійснюється за формулами:

- для вентиляторів

$$P_s = \frac{Q\rho gh}{\eta 3600 \cdot 1000} \text{ кВт};$$

- для насосів

$$P = \frac{QH_H \rho g}{\eta_{\text{вст}} 3600 \cdot 1000} \text{ кВт},$$

де H, h - висота всмоктування, м; Q - витрата, м³/год; ρ - щільність речовини, кг/м³; g - прискорення вільного падіння, м/с².

Потужність приводної станції машини безперервного транспорту визначається відповідно до розрахункової статичним навантаженням $F_{\text{СТ}}$ і заданою швидкістю руху конвеєра v :

$$P_c = \kappa_3 \frac{F_{\text{ст}} v}{\eta_p} = \kappa_3 \frac{(T_{\text{нб}} - T_{\text{сб}}) v}{\eta_p},$$

де η_p - ККД редуктора приводної станції; $\kappa_3 = 1,1 \dots 1,3$ - коефіцієнт запасу, що враховує неточність розрахунку сили опору.

Момент опору на валу двигунів приводної станції при відомому передавальному відношенні редуктора i_0 визначиться за формулою

$$M_o = \kappa_3 \frac{F_{\text{ст}} D}{2i_p \eta_p},$$

де D - діаметр приводного елемента.

Номінальна потужність двигунів вибирається з умови, що $P_{\text{НОМ}} \geq P_c$.

4.1 Приклад розрахунку приводного двигуна відцентрового водяного насоса

Вибрати АД з к. 3. ротором для відцентрового водяного насоса з продуктивністю $Q = 30 \text{ м}^3 / \text{год}$. при напорі $H = 20$ м, швидкість обертання насоса

$n = 1450 \text{ об/хв.}$, ККД насоса $\eta_n = 0,55$. Температура навколишнього середовища $t_{сер} = +45^\circ\text{C}$. Тривалий режим роботи. Двигун безпосередньо пов'язаний з насосом. гранична $t = 105^\circ\text{C}$.

Рішення

1 Потужність, необхідна для приводу насоса

$$P_{нас} = \frac{\gamma Q H g}{\eta} = \frac{10^3 \cdot 30 \cdot 20 \cdot 9,8}{0,55 \cdot 3600} \cdot 10^{-3} = 2,97 \text{ кВт},$$

де γ - щільність рідини, що перекачується, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $\gamma_{води} = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

$$g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

2 Так як АД розрахований для нормальної роботи при температурі навколишнього середовища $t_{розн.} = 35^\circ\text{C}$, А гранично допустима температура $t_{гран.} = 105^\circ\text{C}$, Визначаємо необхідну потужність електродвигуна:

$$P_{ном} = \frac{P_{нас}}{\sqrt{\frac{\tau_{доп}}{\tau_{ном}}(1 + \alpha) - \alpha}} = \frac{2,97}{\sqrt{\frac{60}{70}(1 + 0,4) - 0,4}} = 3,32 \text{ кВт},$$

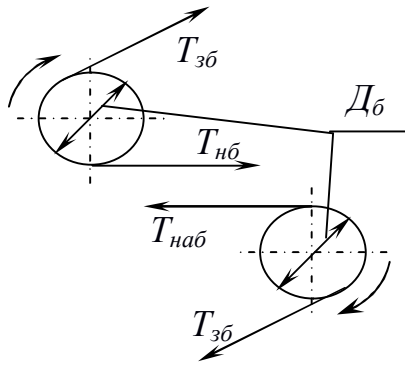
де $\tau_{доп} = t_{гран.} - t_{сер} = 105 - 45 = 60^\circ\text{C}$; $\tau_{ном} = t_{гран.} - t_{розн.} = 105 - 35 = 70^\circ\text{C}$; $\alpha = 0,4$ - відношення постійних втрат (втрати в підшипниках, вентилях) до змінних, що залежать від навантаження.

Вибирається двигун АК 52 - 4 з номінальними параметрами:

- $P_n = 4,5 \text{ кВт}$,
- $n_n = 1400 \text{ об/хв.}$

4.2 Приклад розрахунку потужності приводної станції конвеєра

Визначити потужність двигуна приводної станції конвеєра і вибрати по каталогу, якщо дано:



$T_{зб} = 30 \cdot 10^3$ Н - натяг у збігаючій точці;

$T_{наб} = 40 \cdot 10^3$ Н - натяг в набігає точці;

$\eta_p = 0,9$ - ККД редуктора;

$i_p = 65$ - передавальне відношення редуктора;

$D_{б} = 0,53$ м - діаметр приводного барабана;

$v = 0,6$ м/с - швидкість руху конвеєра.

Рішення

1 Швидкість двигуна конвеєра

$$\omega = \frac{2v}{D_{б}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 65}{0,53} = 147 \text{ с}^{-1}.$$

2 Момент опору на валу двигуна:

$$M_o = \kappa_3 \frac{F_{ст} D_{б}}{2i_p \eta_p} = \kappa_3 \frac{(T_{наб} - T_{зб}) D_{б}}{2i_p \eta_p} = 1,3 \frac{(40 - 30) \cdot 10^3 \cdot 0,53}{2 \cdot 65 \cdot 0,9} = 58,8 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $F_{ст}$ - статичне навантаження; $\kappa_3 = 1,1 \dots 1,3$ - коефіцієнт запасу, що враховує неточність розрахунку сили опору.

3 Потужність двигуна

$$P = M \cdot \omega \cdot 10^{-3} = 58,8 \cdot 147 \cdot 10^{-3} = 8,64 \text{ кВт}.$$

За каталогом вибираємо двигун АК 61 - 4 з характеристиками:

$$P_H = 10 \text{ кВт};$$

$$n_H = 1420 \text{ об/хв}.$$

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Соколов И.М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов. - М.: Энергия, 1976.
- 2 Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. - М.: МЭИ, 1980.
- 3 Борисов Ю.М. Соколов М.М. Электрооборудование ПТМ. М.: Машиностроение, 1971.
- 4 Бычков В.П. Электропривод и автоматизация металлургического производства. – М.: Высшая школа, 1971.

ДОДАТОК А
ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Таблиця А.1 - Варіанти завдань до задачі №1

№	σ_0	σ_n	V_T	F_C	F_{C0}	η	i	D_K	t_{01}	t_{02}	l
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	5	6	1,0	5100	2800	0,79	18	0,25	40	35	20
2	4	6	0,9	4800	2900	0,81	15	0,3	35	30	25
3	6	5	1,1	6000	3500	0,65	12	0,35	45	40	30
4	7	6	0,85	6100	3200	0,8	13	0,4	50	45	30
5	5	4	1,2	4200	3000	0,85	16	0,35	35	30	25
6	4	5	1,0	4500	2500	0,9	14	0,3	40	30	20
7	6	7	0,8	5500	3500	0,86	17	0,4	50	40	40
8	7	6	0,7	6100	3600	0,75	20	0,35	60	50	30
9	7	5	0,95	5800	3300	0,8	19	0,45	55	35	25
10	6	4	1,2	5400	2800	0,85	21	0,3	45	30	20
11	5	7	0,65	6500	4000	0,7	10	0,25	40	45	35
12	4	3	1,5	5100	3200	0,75	11	0,3	35	35	20
13	4	4	1,3	5000	2700	0,7	18	0,35	20	25	20
14	5	5	1,4	5200	3700	0,85	17	0,4	30	30	30
15	6	6	0,9	5600	3900	0,8	16	0,25	45	50	35
16	7	7	0,95	6000	4000	0,75	15	0,35	50	45	30
17	4	7	0,6	5800	3500	0,85	14	0,4	35	40	25
18	5	8	0,65	6000	3600	0,7	13	0,3	40	35	20
19	6	8	0,7	6200	3800	0,75	12	0,35	45	45	25
20	7	8	0,75	6500	4000	0,8	11	0,45	55	50	30
21	5,5	6	0,65	5150	2850	0,9	18	0,25	35	40	20
22	4,5	6	1,5	4850	2950	0,86	17	0,3	30	35	25
23	6,5	5	1,3	6050	3550	0,75	16	0,4	40	45	30
24	7,5	6	1,4	6150	3250	0,8	15	0,25	45	50	30
25	5,5	4	0,9	4250	3050	0,85	14	0,35	30	35	25
26	4,5	5	0,95	4550	2550	0,7	13	0,4	30	40	20
27	6,5	7	0,6	5550	3550	0,75	12	0,3	40	50	35
28	7,5	6	0,65	6150	3650	0,7	11	0,35	50	60	20
29	7,5	5	0,7	5850	3350	0,85	18	0,45	35	55	20
30	6,5	4	0,75	5450	2850	0,8	15	0,35	30	45	30
31	5,5	7	1,0	6550	4050	0,75	12	0,4	45	40	35
32	4,5	3	0,9	5150	3250	0,85	13	0,35	35	35	30
33	4,5	4	1,1	5050	2750	0,7	16	0,3	25	20	25
34	5,5	5	0,85	5250	3750	0,75	14	0,4	30	30	20
35	6,5	6	1,2	5650	3950	0,8	17	0,35	50	45	25
36	7,5	7	1,0	6050	4050	0,79	20	0,45	45	50	30
37	4,5	7	0,8	5850	3550	0,81	19	0,3	40	35	25
38	5,5	8	0,7	6050	3650	0,65	21	0,25	35	40	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

39	6,5	8	0,95	6250	3850	0,8	10	0,3	45	45	40
40	7,5	8	1,2	6550	4050	0,85	11	0,35	50	55	30
41	5,5	5	1,0	4550	2550	0,79	18	0,35	40	45	30
42	4,5	4	0,9	5550	3550	0,81	15	0,4	45	50	30
43	6,5	6	1,1	6150	3650	0,65	12	0,35	50	35	25
44	7,5	7	0,85	5850	3350	0,8	13	0,45	35	40	20
45	5,5	5	1,3	5450	2850	0,75	20	0,35	30	35	25
46	4,5	4	1,4	6550	4050	0,8	19	0,25	35	40	20
47	6,5	6	0,9	5150	3250	0,85	21	0,3	30	35	25
48	7,5	7	0,95	5050	2750	0,7	10	0,25	40	35	35
49	7,5	7	0,6	5250	3750	0,75	11	0,25	50	45	35
50	6,5	6	0,65	5650	3950	0,7	18	0,35	45	50	30
51	5,5	5	0,7	6050	4050	0,85	17	0,4	40	35	25
52	4,5	4	0,75	5850	3550	0,85	16	0,3	35	40	20
53	4,5	4	1,2	6050	3650	0,9	14	0,35	45	45	25
54	5,5	5	1,0	6250	3850	0,86	17	0,45	50	55	30
55	6,5	6	0,8	6550	4050	0,8	16	0,3	35	55	25
56	7,5	7	0,7	5150	2850	0,75	15	0,35	25	45	20
57	4,5	4	0,95	4850	2950	0,85	14	0,4	30	40	35
58	5,5	5	1,2	6050	3550	0,7	13	0,35	30	35	20
59	6,5	6	0,65	6150	3250	0,75	12	0,3	30	20	20
60	7,5	7	1,5	4250	3050	0,8	11	0,4	40	30	30

Таблиця А.2 - Варіанти завдань до задачі №

№	$J_B, \text{кз} \cdot \text{м}^2$	$J_n, \text{кз} \cdot \text{м}^2$	$\omega_P, \text{с}^{-1}$	$n_B,$ об / хв	$t_0, \text{с}$	$t_P, \text{с}$	№	$J_B, \text{кз} \cdot \text{м}^2$	$J_n, \text{кз} \cdot \text{м}^2$	$\omega_P, \text{с}^{-1}$	$n_B,$ об / хв	$t_0, \text{с}$	$t_P, \text{с}$
	$\times 10^6$	$\times 10^6$						$\times 10^6$	$\times 10^6$				
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1	5	4	0,3	2,8	10	10	16	10	9	0,26	2,7	8	8
2	6	4	0,28	3,4	10	8	17	11	9	0,28	2,8	7	8
3	7	6	0,35	3,2	10	12	18	12	10	0,24	2,6	12	10
4	8	6	0,4	3,0	8	8	19	13	10	0,22	2,5	14	14
5	9	6	0,35	2,9	12	12	20	9	6	0,28	3,2	10	9
6	10	7	0,3	2,9	10	8	21	12	7	0,24	2,7	12	12
7	11	7	0,28	2,8	8	10	22	10	8	0,36	2,4	8	10
8	12	7	0,24	2,7	12	12	23	5,5	5	0,5	3,5	15	15
9	13	8	0,28	2	10	12	24	5,7	5,2	0,4	3,4	14	14
10	14	10	0,3	2,6	12	12	25	5,8	5,2	0,3	3,3	13	13
11	5	4	0,4	3,4	14	14	26	5,0	4,8	0,35	3,2	12	12
12	6	5	0,38	3,2	13	13	27	4,8	4,6	0,45	3,6	16	16
13	7	6	0,36	3,1	12	12	28	5,2	4,8	0,55	3,4	11	11
14	8	7	0,32	3,0	10	10	29	4,9	4,6	0,4	3,5	12	12
15	9	8	0,30	2,9	9	9	30	5,5	4,9	0,6	4,0	10	10

№	$J_B, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	$J_n, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	$\omega_p, \text{с}^{-1}$	$n_B,$ <i>об / хв</i>	$t_0, \text{с}$	$t_p, \text{с}$	№	$J_B, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	$J_n, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	$\omega_p, \text{с}^{-1}$	$n_B,$ <i>об / хв</i>	$t_0, \text{с}$	$t_p, \text{с}$
	$\times 10^6$	$\times 10^6$						$\times 10^6$	$\times 10^6$				
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
31	4,5	4,3	0,65	3,8	13	13	46	5,8	5,2	0,35	3,5	17	17
32	4,0	4,4	0,42	3,6	15	15	47	4,0	3,8	0,3	3,0	10	10
33	4,8	4,2	0,35	3,5	14	14	48	4,1	3,9	0,35	3,1	11	11
34	4,4	4,2	0,3	3,6	17	17	49	4,2	4,0	0,4	3,2	12	12
35	4,2	4,0	0,4	4,0	14	14	50	4,3	4,1	0,45	3,3	13	13
36	5,0	4,4	0,5	3,1	12	12	51	4,4	4,2	0,5	3,4	14	14
37	5,4	4,5	0,4	3,7	16	16	52	4,5	4,3	0,55	3,5	15	15
38	5,2	4,7	0,3	3,4	14	14	53	4,6	4,4	0,6	3,6	16	16
39	5,3	4,3	0,45	5,0	10	10	54	4,7	4,5	0,65	3,7	17	17
40	5,5	4,5	0,35	4,2	12	12	55	4,8	4,6	0,6	3,8	18	18
41	5,1	4,8	0,42	4,5	11	11	56	4,9	4,7	0,55	3,9	19	19
42	5,4	4,0	0,45	4,8	15	15	57	5,0	4,8	0,5	4,0	18	18
43	5,6	5,1	0,6	4,1	10	10	58	5,1	4,9	0,45	4,1	17	17
44	5,4	4,4	0,55	4,6	13	13	59	5,2	5,0	0,4	4,2	16	16
45	5,3	4,3	0,65	3,0	16	16	60	5,3	5,1	0,35	4,3	14	14

Таблиця А.3 - Варіанти завдань до задачі №3

№	H, м	G _{кв} , кг	G _к , кг	G _в , кг	G _{кан} , кг	Дб, м	J _б , кгм ² × 10 ³	Дн.ш, м	Жн.ш, кгм ²	V _н , м/с × 10 ⁻¹	a ₁ , м/с ²	a ₂ , м/с ²	t _ц , с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1,1	12	13	14
1	320	3000	2800	1500	6	4,0	35	3,8	8	1,2	0,8	1,0	50
2	360	3000	2800	1500	6	4,0	35	3,8	8	1,2	0,8	1,0	50
3	400	3000	2800	1500	6	4,0	35	3,8	8	1,2	0,8	1,1	50
4	440	3000	2800	1500	7	4,5	35	3,8	8	1,4	0,7	1,1	60
5	480	3000	2800	1500	7	4,5	40	3,8	8	1,4	0,7	1,1	60
6	500	4000	3500	2000	7	4,5	40	3,8	8	1,4	0,7	1,0	60
7	550	4000	3500	2000	7	4,5	40	4,0	10	1,0	0,9	1,0	60
8	600	4000	3500	2000	8	5,0	40	4,0	10	1,0	0,9	1,0	70
9	620	4000	3500	2000	8	5,0	40	4,0	10	1,0	0,9	0,9	70
10	640	4000	3500	2000	8	5,0	50	4,0	10	1,2	0,9	0,9	70
11	680	4000	3500	2000	8	5,0	50	4,0	10	1,2	1,0	0,9	80
12	700	5000	4200	2500	9	6,0	50	4,0	10	1,2	1,0	0,9	80
13	720	5000	4200	2500	9	6,0	50	4,5	13	1,4	1,0	1,1	80
14	760	5000	4200	2500	9	6,0	50	4,5	13	1,4	1,0	1,1	90
15	780	5000	4200	2500	9	6,0	60	4,5	13	1,4	0,9	1,1	90
16	800	5000	4200	2500	9	6,0	60	4,5	13	1,0	0,9	1,0	90
17	840	5000	4200	2500	9	6,0	60	4,5	13	1,0	0,9	1,0	90
18	880	6000	5000	3000	11	6,5	70	4,5	13	1,0	0,9	1,0	90
19	900	6000	5000	3000	11	6,5	70	4,5	13	1,2	1,0	1,2	100
20	920	6000	5000	3000	11	6,5	70	5,0	15	1,2	1,0	1,2	100
21	940	6000	5000	3000	12	6,8	70	5,0	15	1,2	1,0	1,2	100
22	960	6000	5000	3000	12	6,8	80	5,0	15	1,6	0,9	1,1	120

23	1000	6000	5000	3000	14	6,8	80	5,0	15	1,6	0,9	1,1	120
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1,1	12	13	14
24	500	2000	3500	2500	10	4,0	30	3,0	8	1,7	1,2	1,5	65
25	550	2250	3750	2500	10	4,2	32	3,5	9	1,6	1,1	1,3	70
26	600	2500	4000	2500	10	4,5	35	4,0	10	1,5	1,0	1,2	75
27	650	2750	4250	2500	10	4,8	38	4,2	10,5	1,4	0,9	1,1	80
28	700	3000	4500	2500	10	5,0	42	4,5	12	1,3	0,8	1,0	85
29	750	3250	4750	2500	10	5,5	48	4,8	12,5	1,1	0,85	1,1	90
30	800	3500	5000	2500	10	5,8	50	5	13	1,2	0,7	0,9	90
31	850	3750	5250	2500	10	5,0	52	5,5	14	1,1	0,75	0,95	95
32	900	4000	5500	2500	10	6,2	55	6,0	15	1,0	0,6	0,9	100
33	950	4500	6000	2500	10	6,5	58	6,2	16	1,2	0,7	0,95	110
34	1000	4000	5250	2500	10	5,0	50	5,5	14	1,1	0,75	0,95	95
35	950	4000	5000	2500	10	5,2	54	5,5	14	1,2	0,8	1,1	90
36	800	3750	4750	2500	10	5,0	55	5,0	13,5	1,5	0,6	0,9	75
37	750	3500	4500	2500	10	4,5	30	3,2	8,5	1,9	0,9	1,2	70
38	700	3250	4250	2500	10	4,0	30	4	10	2,0	1,5	1,5	60
39	650	3000	4000	2500	7	4,2	32	4,5	12	1,7	1,2	1,1	80
40	600	2750	3750	2500	7	6,5	58	6	15,5	1,5	1,0	1,2	75
41	550	2500	3500	2500	7	4,0	30	3	8	2,0	1,5	1,8	60
42	500	2250	3250	2500	7	4,5	35	4,2	13	1,5	1,0	1,2	85
43	450	2000	3000	2500	7	3,0	25	3	10	2,5	1,8	2,0	50
44	400	2100	3100	2500	7	38	28	4	12	1,9	1,6	1,8	70
45	850	3750	5250	2500	7	50	50	6	15	1,6	1,1	1,2	95
46	700	3500	4500	2500	7	55	35	5	13	1,4	0,9	0,9	80
47	600	3000	4000	2500	7	4,0	30	4	12	1,2	0,9	1,0	85
48	600	2000	3000	2500	7	4,0	30	3	8	1,7	1,2	1,5	65
49	650	2500	3500	2500	7	4,2	32	3,5	9	1,6	1,1	1,4	70
50	700	3000	4000	2500	7	4,5	35	4,0	10	1,5	1,0	1,2	75
51	750	3500	4500	2500	8	4,8	38	4,2	10,5	1,4	0,9	1,1	80
52	800	4000	5000	2500	8	5,0	42	4,5	12	1,3	0,8	1,0	85
53	850	4500	5500	2500	8	5,8	50	5	13	1,2	0,7	0,9	90
54	900	5000	6000	2500	8	5,0	52	5,5	14	1,1	0,6	0,8	95
55	950	5500	6500	2500	8	6,0	55	6	15	1,0	0,5	0,95	100
56	1000	6000	6000	2500	10	65	58	6,5	16	0,9	0,85	0,95	105
57	1050	6500	5000	2500	10	5,2	54	5	14	0,8	0,95	1,1	110
58	1100	7000	4000	2500	10	4,0	30	6,5	16	0,7	1,05	1,2	115
59	600	2020	3020	2500	6	4,0	30	3	8,5	1,7	1,2	1,5	65
60	650	2555	3500	2500	6	4,2	32	3,5	9,5	1,6	1,1	1,4	70

Таблиця А.4 - Варіанти завдань до задачі №4

№	H, м	m _н , кг	m _о , кг	a _{уп.}	Дк.ш, м	Жк.ш, кгм ²	V _н , м/с	a, м/с ²	ККД л.ном.	N _ц ,
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	32	3000	280	0,6	0,85	3,5	0,8	1	0,9	10
2	36	3000	280	0,6	0,85	3,5	0,8	1	0,9	10
3	40	3000	280	0,6	0,85	3,5	0,8	1	0,9	10
4	44	3000	280	0,6	0,85	3,5	0,8	1	0,9	10
5	48	3000	280	0,6	0,85	4,0	0,8	1	0,9	10
6	50	4000	350	0,6	0,85	4,0	0,7	1	0,85	10
7	55	4000	350	0,6	0,85	4,0	0,7	0,95	0,85	10

8	60	4000	350	0,55	0,8	4,0	0,7	0,95	0,85	10
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
9	62	4000	350	0,55	0,8	4,0	0,7	0,95	0,85	10
10	64	4000	350	0,55	0,8	5,0	0,7	0,95	0,85	10
11	68	4000	350	0,55	0,8	5,0	0,7	0,95	0,85	10
12	70	5000	420	0,55	0,8	5,0	0,7	0,95	0,85	10
13	72	5000	420	0,55	0,8	5,0	0,7	0,95	0,85	10
14	76	5000	420	0,55	0,8	5,0	0,7	0,95	0,85	10
15	78	5000	420	0,55	0,8	6,0	0,7	0,95	0,85	10
16	80	5000	420	0,55	0,8	6,0	0,7	0,95	0,85	10
17	84	5000	420	0,55	0,8	6,0	0,7	0,95	0,85	10
18	88	6000	500	0,45	0,8	7,0	0,7	0,95	0,85	10
19	90	6000	500	0,45	1,25	7,0	0,7	0,95	0,85	10
20	92	6000	500	0,45	1,25	7,0	0,7	1,5	0,85	12
21	94	6000	500	0,45	1,25	7,0	0,7	1,5	0,85	12
22	96	6000	500	0,45	1,25	8,0	0,6	1,5	0,7	12
23	10	6000	500	0,45	1,25	8,0	0,6	1,5	0,7	12
24	50	2000	350	0,45	1,25	3,0	0,6	0,85	0,7	12
25	55	2250	375	0,45	1,25	3,2	0,6	0,85	0,7	12
26	60	2500	400	0,45	1,25	3,5	0,6	0,85	0,7	12
27	65	2750	425	0,45	1,25	3,8	0,6	0,85	0,7	12
28	70	3000	450	0,45	1,25	4,2	0,6	0,85	0,7	12
29	75	3250	475	0,4	1,25	4,8	0,6	0,85	0,7	12
30	80	3500	500	0,4	1,25	5,0	0,6	0,85	0,7	12
31	85	3750	525	0,4	1,25	5,2	0,6	0,85	0,7	12
32	90	4000	550	0,4	1,4	5,5	0,6	0,85	0,7	12
33	95	4500	600	0,4	1,4	5,8	0,6	0,85	0,7	12
34	10	4000	525	0,4	1,4	5,0	0,6	0,85	0,7	12
35	95	4000	500	0,4	1,4	5,4	0,6	0,85	0,7	12
36	80	3750	475	0,4	1,4	5,5	0,6	0,85	0,7	12
37	75	3500	450	0,4	1,4	3,0	0,6	0,85	0,7	12
38	70	3250	425	0,4	1,4	3,0	0,55	1,0	0,7	8
39	65	3000	400	0,4	1,4	3,2	0,55	1,2	0,7	8
40	60	2750	375	0,5	1,4	5,8	0,55	1,5	0,7	8
41	55	2500	350	0,5	1,4	3,0	0,55	0,7	0,7	8
42	50	2250	325	0,5	1,4	3,5	0,55	0,7	0,7	8
43	45	2000	300	0,5	1,4	2,5	0,55	0,7	0,7	8
44	40	2100	310	0,5	1,4	2,8	0,55	0,7	0,7	8
45	85	3750	525	0,5	1,4	5,0	0,55	0,7	0,7	8
46	70	3500	450	0,5	1,4	3,5	0,55	0,7	0,8	8
47	60	3000	400	0,5	1,4	3,0	0,55	0,7	0,8	8
48	60	2000	300	0,5	1,4	3,0	0,55	0,7	0,8	8
49	65	2500	350	0,5	1,4	3,2	0,65	0,7	0,8	8
50	70	3000	400	0,65	1,4	3,5	0,65	0,7	0,8	8
51	75	3500	450	0,65	1,4	3,8	0,65	0,7	0,8	8
52	80	4000	500	0,65	1,35	4,2	0,65	0,2	0,8	8
53	85	4500	550	0,65	1,35	5,0	0,65	0,3	0,8	8
54	90	5000	600	0,65	1,35	5,2	0,65	0,4	0,8	8
55	95	5500	650	0,65	1,35	5,5	0,65	0,5	0,8	8
56	10	6000	600	10	6,5	5,8	0,75	0,6	0,8	14
57	15	6500	500	10	5,2	5,4	0,75	0,4	0,8	14
58	11	7000	400	10	4,0	3,0	0,75	0,6	0,7	14
59	60	2020	302	6	4,0	3,0	0,75	0,5	0,5	14
60	65	2555	350	6	4,2	3,2	0,75	1,5	0,5	14

ДОДАТОК Б (ДОВІДКОВИЙ)

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Таблиця Б.1 - Технічна характеристика асинхронних електродвигунів з фазним ротором при напрузі 380 В, частотою 50 Гц і ПВ=40%

Тип	$P_{н}, \text{кВт}$	$n_{ном}, \text{об/хв}$	$I_{н}, \text{А}$	$\cos\varphi_{н}$	$\eta_{н}, \%$	$M_{нmax}, \text{Н*М}$	$M_{н}, \text{Н*М}$	$I_{л}, \text{А}$	$J, \text{кг*М}^2$	Маса, кг
МТF012-6	2,2	890	7,6	0,68	64,5	11	144	56	0,029	59
МТF111-6	3,5	895	10,4	0,73	70	15	176	85	0,049	76
МТН111-6	3,0	895	10,5	0,67	65	13,5	176	83	0,047	76
МТF112-6	5	930	4,4	0,7	75	15,7	216	137	0,067	88
МТН112-6	4,5	910	13,9	0,71	69	15,6	203	118	0,067	88
МТF211-6	7,5	930	21	0,7	77	19,8	256	191	0,115	120
МТН211-6	7	920	22,5	0,64	73	19,5	236	196	0,115	120
МТF311-8	7,5	695	22,8	0,68	73	21	245	265	0,275	170
МТН311-8	7,5	690	23	0,68	71,5	21	245	265	0,275	170
МТF311-6	11	945	30,5	0,69	79	42	172	314	0,225	170
МТН311-6	11	940	31,5	0,69	78	42	172	314	0,225	170
МТF312-8	11	705	30,5	0,71	77	43	165	422	0,312	210
МТН312-8	11	700	31	0,69	78	43	165	422	0,312	210
МТF312-6	15	955	38	0,73	83,5	60	235	638	0,312	210
МТН312-6	15	950	38,5	0,73	81	46	219	471	0,312	210
МТF411-8	15	710	42	0,67	81	48	206	569	0,537	280
МТН411-8	15	705	43	0,67	79	48	206	569	0,537	280
МТF411-6	22	965	55	0,73	83,5	60	235	638	0,5	280
МТН411-6	22	960	55	0,73	82,5	60	235	638	0,5	280
МТF412-8	22	720	65	0,63	82	57	248	883	0,75	345
МТН412-8	22	715	66	0,63	80,5	57	248	883	0,75	345
МТF412-6	30	970	75	0,71	85,5	73	255	932	0,675	345
МТН412-6	30	965	76	0,71	84,5	73	255	932	0,675	345
МТН511-8	28	705	71	0,72	83	64	281	1000	1,07	470
МТН512-8	38	705	89	0,74	85	77	305	1370	1,42	570
МТН512-6	55	960	120	0,79	88	105	340	1630	1,02	520
МТН611-10	45	570	112	0,72	84	154	185	2320	4,25	900
МТН611-6	75	950	154	0,85	87	180	270	2610	3,27	810
МТН612-10	60	565	147	0,78	85	154	248	2140	5,25	1070
МТН612-6	95	960	193	0,85	88	176	366	3580	4,12	830
МТН613-10	75	575	180	0,72	88	145	320	4120	6,25	1240
МТН613-6	118	960	237	0,84	90	160	473	4660	5,1	1100
МТН711-10	100	584	246	0,69	89,5	233	272	4560	10,2	1550
МТН712-10	125	585	300	0,7	90,3	237	372	5690	12,75	1700
МТН713-10	160	586	392	0,68	91	244	408	7810	15	1900

Таблиця Б.2 - Технічна характеристика асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором при напрузі 380 В, частотою 50 Гц і ПВ = 40%

Тип	P_H , кВт	$n_{ном}$, об/хв	$I_{н,с}$, А	$\cos\phi_H$	η_H , %	M_{max} , Н*М	M_H , Н*М	I_H , А	J , кг*м ²	маса кг
МТКФ 011-6	1,4	875	5,2	0,66	61,5	41	41	15	0,02	47
МТКФ012-6	2,2	880	7,2	0,69	67	66	66	22	0,027	53
МТКФ111-6	3,5	885	9,4	0,79	72	103	102	35	0,045	70
МТКН111-6	3,0	910	9,5	0,7	68	97	97	32	0,045	70
МТКФ112-6	5,0	895	13,8	0,74	74	172	172	53	0,065	80
МТКН112-6	4,5	900	12,7	0,75	71,5	155	154	50	0,065	80
МТКФ211-6	7,5	880	19,5	0,77	75,5	216	206	78	0,11	80
МТКН211-6	7,0	895	20,8	0,7	73	226	216	88	0,11	110
МТКФ311-8	7,5	690	21,6	0,7	74	324	314	95	0,275	155
МТКН311-8	7,5	690	21	0,7	74	324	314	95	0,275	155
МТКФ311-6	11	930	28,5	0,76	77,5	382	373	130	0,212	155
МТКН311-6	11	910	28,5	0,76	77,5	383	373	130	0,212	155
МТКФ312-8	11	700	29	0,74	78	500	461	150	0,387	195
МТКН312-8	11	700	29	0,74	78	500	461	150	0,387	195
МТКФ312-6	15	930	36	0,78	81	589	579	205	0,3	195
МТКН312-6	15	930	36	0,78	81	589	579	205	0,3	195
МТКФ411-8	15	695	40	0,71	80	657	638	185	0,537	255
МТКН411-8	15	695	40	0,71	80	657	638	185	0,537	255
МТКФ411-6	22	935	51	0,79	82,5	765	706	275	0,475	255
МТКН411-6	22	935	51	0,79	82,5	765	706	275	0,475	255
МТКФ412-8	22	700	60	0,69	80,5	981	932	295	0,75	315
МТКН412-8	22	700	60	0,69	80,5	981	932	295	0,75	315
МТКФ412-6	30	935	70	0,78	83,5	981	932	380	0,637	315
МТКН412-6	30	935	70	0,78	83,5	981	932	380	0,637	315
МТКН611-8	28	695	67	0,77	83	1128	1128	336	1,075	440

Таблиця Б.3 - Технічна характеристика електродвигунів постійного струму серії Д закритого виконання з природним охолодженням при ПВ = 40%

Виконання	Тип	Послідовне збудження				Змішане збудження				Паралельне збудження				
		P _H , кВт	I, А	n, об/хв	M _{max} , Н*м	P _H , кВт	I, А	n, об/хв	M _{max} , Н*м	P _H , кВт	I, А	n, об/хв	M _{max} , Н*м	
Тихохідне 220 В	Д12	2,4	15	1150	86	2,4	14	1230	67	2,4	14	1200/1230	57/57	
	Д12	3,6	22	1040	191	3,6	21	1140	140	3,6	20,5	1060/1080	103/90	
	Д22	4,8	28	970	270	4,8	27	1120	181	4,8		1120/1150	127/108	
	Д31	6,8	38,5	900	382	6,8	37	910	282	6,8	37	850/880	230/201	
	Д32	9,5	53	760	675	9,5	51	840	490	9,5	51	770/800	373/319	
	Д41	13	71	730	930	13	70	740	726	13	69,5	700/720	549/476	
	Д806	17	92	640	1420	17	88	730	1050	16	84	700/710	765/677	
	Д808	24	125	615	2650	24	124	650	2000	22	112	620/630	1450/1295	
	Д810	35	182	610	4210	—	—	—	—	29	148	590/600	2160/1910	
	Д812	47	242	560	6020	—	—	—	—	38	192	555/565	3190/2795	
	Д814	66	335	565	9100	—	—	—	—	55	280	550/560	4810/4270	
	Д816	85	430	540	12750	—	—	—	—	70	350	525/535	6870/6030	
Д818	100	500	515	17150	—	—	—	—	83	415	460/470	9025/7950		
Швидкохідне	440 В	Д22	5,6	16,5	1300	181	5,5	16	1530	125	5,6	15,5	1510/1550	90/78
		Д32	12,6	34	1200	635	11,5	33	1260	322	12	31,5	1200/1240	270/235
		Д806	23	60	1010	1080	—	—	—	—	21	55	1050/1060	677/510
	220 В	Д21	4,4	26	1340	176	4,4	25	1550	122	4,4	24,5	1460/1500	90/78
		Д22	6,5	37	1300	265	6,5	36	1475	181	6,5	34	1510/1570	127/108
		Д31	9,5	52,5	1190	412	9,5	51	1360	298	9,5	50,5	1360/1420	206/181
		Д32	13,5	72	1100	715	13,5	66	1200	522	13	68	1190/1240	363/304
		Д41	18	96	1060	940	18	95	1160	680	17,5	90,5	1120/1160	520/446
		Д806	23	120	1010	1375	23	118	1060	1000	21	110	1050/1060	726/643
		Д808	30	155	850	2450	30	152	860	1900	26	134	810/825	1325/1175
Тихохідне, 440 В	Д21	3,1	10	1230	116	3,2	10	1310	82	3,1	9,5	1280/1300	61/54	
	Д31	5,2	16	900	255	5,3	16	900	200	5,2	14,5	890/910	142/128	
	Д41	12,5	34,5	760	696	13	35	740	540	12,5	34	710/720	392/348	
	Д808	24	63	615	2160	—	—	—	—	22	56	620/630	1128/1030	
	Д810	35	91	610	3200	—	—	—	—	29	74	590/600	1715/1510	
	Д812	45	115	590	4270	—	—	—	—	36	92	560/570	2350/2060	
	Д814	66	168	565	7310	—	—	—	—	55	138	550/560	3870/3380	
	Д816	85	215	540	9810	—	—	—	—	70	175	530/540	5400/4760	
Д818	100	250	515	13730	—	—	—	—	83	205	460/470	7210/6380		

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та самостійної роботи
студентів спеціальності 151 з дисципліни
«Електропривод та автоматизація загальнопромислових механізмів»

(Для студентів усіх форм навчання)

Укладачі

Олег Володимирович Суботін

Анастасія Володимирівна Люта

Редактор

Олена Олександрівна Дудченко

Підписано до друку

Формат 60 × 90/16

Офсетний друк. Ум. печ. л.

Навч.-вид. л.

Тираж - 55 екз.

замовлення №

ДДМА. 84313, Краматорськ, вул. Академічна, 72