

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ І ВИБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНА ПРИ ТРИВАЛОМУ (S1), КОРОТКОЧАСНОМУ (S2) І ПОВТОРНО-КОРОТКОЧАСНОМУ (S3) РЕЖИМАХ РОБОТИ.

Порядок розрахунку:

Вихідні дані для розрахунку: Частота обертання вала машини ω_M , графік навантажувальної діаграми та її дані (моменти та час), місце розташування обладнання.

1. Визначаємо режим роботи електродвигуна. Для цього знаходимо максимальну потужність установки:

$$P_{MAX} = M_{MAX} \cdot \omega_M,$$

де M_{MAX} – максимальний момент, Нм (беремо з графіка навантажувальної діаграми);

ω_M - частота обертання вала машини, с^{-1} .

2. Визначаємо значення сталої часу нагрівання T_H для даної потужності (табл. 2.1.).

Таблиця 1.1. Орієнтовні значення сталої нагрівання.

Номінальна потужність ел.двигуна, кВт	Значення T_H , хв
До 4	15...20
5,5...11	25...30
15...37	35...40
75...90	50...60

3. Визначаємо з графіка навантажувальної діаграми час роботи установки:

$$t_P = t_1 + t_2 + \dots + t_n,$$

де t_1, t_2, t_n - дані графіка навантажувальної діаграми.

4. Перевіряємо умови:

$t_P > 4T_H$ - двигун встигає нагрітися до встановленої температури. Такий тривалий режим називається тривалий і позначається S1.

$t_P < 4T_H$ - короточасний режим роботи S2.

5. Визначаємо еквівалентні потужності машини та електродвигуна:

Еквівалентний момент визначають по графіку навантажувальної діаграми:

для прямокутних ділянок:

$$M_e = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + \dots + M_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}},$$

Еквівалентна потужність машини за робочий період

$$P_{EM} = M_E \cdot \omega_M$$

Еквівалентна потужність двигуна на валу

$$P_E = \frac{P_{EM}}{\eta_{II}},$$

де η_{II} – коефіцієнт корисної дії передачі (приймаємо 0,95)

6. Вибірємо електродвигун.

Для **тривалого режиму** роботи *S1* електродвигун вибирають за умовою:

$$P_H \geq P_E$$

Для **короткочасного режиму** роботи *S2* електродвигун вибирають так:

- можна вибрати електродвигун для короткочасного режиму роботи, у паспорті якого вказується потужність і стандартна тривалість роботи (10,30,60,90 хв.) по умові:

$$P_H \geq P_E ; t_{наспорт} \geq t_P$$

Але ці двигуни дефіцитні і сільському господарству не поставляються, тому доцільніше вибрати двигун режиму роботи *S1*.

- номінальну потужність двигуна тривалого режиму роботи, який буде працювати в короткочасному режимі роботи, визначаємо за формулою:

$$P = P_E \sqrt{1 - e^{\frac{-t_P}{T_H}}} \quad P_H \geq P$$

7. Перевіряємо пускові властивості та перевантажувальні властивості вибраного електродвигуна.

1. Перевіримо пускові властивості.

Припустимо, що електродвигун запускається при найбільшому навантаженні M_{MAX} (по навантажувальній діаграмі);

- визначаємо значення моменту опору машини, приведенного до валу електродвигуна при максимальному навантаженні M_{MAX} :

$$M_{EM} = \frac{M_{MAX} \cdot \omega_M}{\omega_H},$$

де ω_H – номінальна кутова швидкість електродвигуна, c^{-1} ;

- визначаємо номінальний момент електродвигуна за умовами пуску із врахуванням зниження напруги у мережі:

$$M_{H(ПУСК)} = \frac{1,25 \cdot M_{EM}}{\mu'_{ПУСК} \cdot U^2},$$

де $\mu_{ПУСК}$ – кратність мінімального моменту електродвигуна за каталогом;

U – напруга мережі під час пуску двигуна у відносних одиницях (0,925);

- визначаємо номінальний момент електродвигуна:

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H},$$

$$M_H \geq M_{H(ПУСК)}$$

- перевіряємо умову

Якщо умова виконується, то двигун забезпечить запуск машини при повному навантаженні. Якщо не виконується, слід взяти інший електродвигун (наступний в каталозі) та перерахувати перевірку на пускову здатність.

2. Перевіримо перевантажувальні властивості електродвигуна.

- визначаємо потрібний номінальний момент двигуна за перевантажувальною здатністю.

$$M_{H(ПЕР)} = \frac{M_{MAX}}{0,75 \cdot \mu_{MAX}}$$

де μ_{max} - кратність мінімального моменту електродвигуна за каталогом;

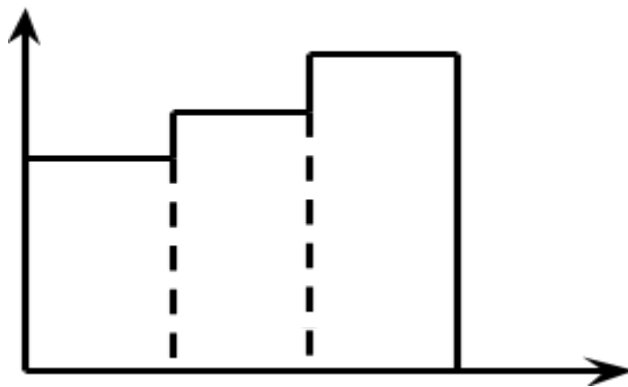
$$M_H \geq M_{H(ПЕР)}$$

- перевіряємо умову

Якщо умова виконується, то двигун не буде перевантажуватись при повному навантаженні. Якщо не виконується, слід взяти інший електродвигун (наступний в каталозі) та перерахувати перевірку на перевантажувальну здатність.

8. Вибирають остаточно електродвигун враховуючи кліматичне виконання і категорію розміщення, ступінь захисту від дії навколишнього середовища, спосіб монтажу та ін.

Вихідні дані для виконання практичної роботи №1



варі-анти	місце розміщення	дані навантажувальної діаграми	частота обертан. вала машини, c^{-1}
1	майстерня	$M_1=40, M_2=80, M_3=100, t_1=8, t_2=70, t_3=125.$	50
2	корівник	$M_1=20, M_2=50, M_3=60, t_1=5, t_2=90, t_3=60.$	60
3	кормоцех	$M_1=60, M_2=120, M_3=200, t_1=10, t_2=120, t_3=30.$	70
4	свинарник	$M_1=30, M_2=40, M_3=50, t_1=20, t_2=60, t_3=60.$	40
5	кормоцех	$M_1=100, M_2=200, M_3=300, t_1=10, t_2=80, t_3=90.$	60
6	доїльний зал	$M_1=30, M_2=50, M_3=70, t_1=15, t_2=90, t_3=60.$	100
7	телятник	$M_1=30, M_2=50, M_3=60, t_1=5, t_2=40, t_3=90.$	55
8	льонопункт	$M_1=100, M_2=160, M_3=200, t_1=10, t_2=50, t_3=120.$	95
9	теплиця	$M_1=20, M_2=30, M_3=40, t_1=10, t_2=60, t_3=60.$	145
10	зерноочисний пункт	$M_1=10, M_2=20, M_3=25, t_1=20, t_2=30, t_3=60.$	140
11	під навісом	$M_1=40, M_2=10, M_3=30, t_1=10, t_2=240, t_3=180.$	30
12	майстерня	$M_1=30, M_2=10, M_3=20, t_1=30, t_2=360, t_3=120.$	20
13	гараж	$M_1=50, M_2=20, M_3=40, t_1=20, t_2=300, t_3=120.$	40
14	кормоцех	$M_1=60, M_2=30, M_3=40, t_1=15, t_2=240, t_3=240.$	25
15	вівцеферма	$M_1=20, M_2=10, M_3=15, t_1=10, t_2=280, t_3=60.$	35
16	гараж	$M_1=80, M_2=40, M_3=60, t_1=30, t_2=420, t_3=120.$	40
17	склад	$M_1=70, M_2=30, M_3=50, t_1=40, t_2=140, t_3=360.$	30
18	пташник	$M_1=100, M_2=50, M_3=60, t_1=15, t_2=420, t_3=100.$	25
19	інкубатор	$M_1=90, M_2=30, M_3=50, t_1=25, t_2=420, t_3=60.$	20
20	майстерня	$M_1=70, M_2=40, M_3=50; t_1=2, t_2=3, t_3=1.$	60
21	кормоцех	$M_1=100, M_2=60, M_3=50; t_1=2, t_2=2, t_3=6.$	100
22	під навісом	$M_1=240, M_2=200, M_3=150, t_1=1, t_2=5, t_3=4.$	50
23	телятник	$M_1=300, M_2=200, M_3=500, t_1=1, t_2=2, t_3=7.$	120
24	насосна	$M_1=60, M_2=50, M_3=100, t_1=3, t_2=3, t_3=4.$	100
25	свинарник	$M_1=80, M_2=60, M_3=50; t_1=5, t_2=3, t_3=2.$	60
26	молоко пункт	$M_1=500, M_2=25, M_3=30, t_1=2, t_2=3, t_3=6.$	75
27	свинарник	$M_1=110, M_2=70, M_3=90, t_1=2, t_2=6, t_3=2.$	70
28	пташник	$M_1=100, M_2=80, M_3=50; t_1=2, t_2=4, t_3=4.$	150
29	доїльний цех	$M_1=120, M_2=80, M_3=100, t_1=1, t_2=6, t_3=3.$	50
30	вівцеферма	$M_1=90, M_2=60, M_3=50; t_1=1, t_2=5, t_3=8.$	60

Приклад розрахунку:

Вихідні дані для розрахунку:

$M_1=90 \text{ Нм}$, $M_2=60 \text{ Нм}$, $M_3=50 \text{ Нм}$; $t_1=1\text{хв} = 60 \text{ с}$, $t_2=5\text{хв} = 300\text{с}$, $t_3=8\text{хв} = 480\text{с}$.

$\omega_M=60 \text{ с}^{-1}$, місце розташування обладнання - вівцеферма.

1. Визначаємо режим роботи електродвигуна. Для цього знаходимо максимальну потужність установки:

$$P_{MAX} = M_{MAX} \cdot \omega_M = 90 \cdot 60 = 5400 \text{ Вт} = 5,4 \text{ кВт},$$

де M_{MAX} – максимальний момент, Нм (беремо з графіка навантажувальної діаграми);

ω_M - частота обертання вала машини, с^{-1} .

- **Визначаємо значення сталої часу нагрівання T_H для даної потужності (табл. 2.1).**

Таблиця 1.1. Орієнтовні значення сталої нагрівання.

Номінальна потужність ел.двигуна, кВт	Значення T_H , хв
До 5	15...20
5,5...11	25...30

$$T_H=24 \text{ хв} = 1440 \text{ с}$$

- **Визначаємо з графіка навантажувальної діаграми час роботи установки:**

$$t_P = t_1 + t_2 + \dots + t_n = 60 + 300 + 480 = 840 \text{ с},$$

де t_1, t_2, t_n - дані графіка навантажувальної діаграми.

- **Перевіряємо умови:**

$t_P > 4T_H$ - двигун встигає нагрітися до встановленої температури. Такий тривалий режим називається тривалий і позначається S1.

$t_P < 4T_H$ - короткочасний режим роботи S2.

$$840 < 4 \cdot 1440$$

S2

- **Визначаємо еквівалентні потужності машини та електродвигуна:**

Еквівалентний момент визначають по графіку навантажувальної діаграми:

для прямокутних ділянок:

$$M_e = \sqrt{\frac{M^2_1 t_1 + M^2_2 t_2 + \dots + M^2_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}},$$

$$M_e = \sqrt{\frac{90^2 \cdot 60 + 60^2 \cdot 30 + 50^2 \cdot 480}{840}} = \sqrt{1778,57} = 42,2 \text{ Нм}$$

Еквівалентна потужність машини за робочий період

$$P_{EM} = M_e \cdot \omega_M = 42,2 \cdot 60 = 2532 \text{ Вт} = 2,5 \text{ кВт}$$

Еквівалентна потужність двигуна на валу

$$P_E = \frac{P_{EM}}{\eta_{\Pi}} = 2,5 / 0,95 = 2,6 \text{ кВт}$$

де η_{II} – коефіцієнт корисної дії передачі (приймаємо 0,95)

- **Вибираємо електродвигун.**

Для **короткочасного режиму роботи S2** електродвигун вибирають так:

- можна вибрати електродвигун для короткочасного режиму роботи, у паспорті якого вказується потужність і стандартна тривалість роботи (10,30,60,90 хв.) по умові:

$$P_H \geq P_E \text{ і } t_{наспорт} \geq t_P$$

Але ці двигуни дефіцитні і сільському господарству не поставляються, тому доцільніше вибрати двигун режиму роботи **S1**.

- номінальну потужність двигуна тривалого режиму роботи, який буде працювати в короткочасному режимі роботи, визначаємо за формулою:

$$P = P_E \sqrt{1 - e^{\frac{-t_P}{T_H}}} \quad P_H \geq P$$

$$P = 2,6 \cdot \sqrt{1 - e^{\frac{-840}{1440}}} = 1,8 \text{ кВт}$$

$$2,2 \geq 1,8$$

11. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ АИР (согласно ГОСТ 183-74)

Таблица 11.1. Технические характеристики с числом пар полюсов 2p=2 50 Гц

Тип электродвигателя	Номинальный ток при 380В	Мощность	Частота вращения	КПД	Cos φ	M _{пуск} Мн	M _{max} Мн	I _{пуск} А	Максимально допустимый уровень звуковой мощности L _w	Масса	Динам-кий момент инерции ротора
—	А	кВт	об/мин	%	—	—	—	—	Дб(А)	—	кг*м ²
АИР 71А2	1.77	0.75	2840	75.0	0.83	2.2	2.3	6.1	67	8.7	0.0006
АИР 71В2	2.6	1.1	2840	76.2	0.84	2.2	2.3	6.9	67	10.5	0.0008
АИР 80 А2	3.46	1.5	2850	78.5	0.84	2.2	2.3	7.0	72	13	0.0011
АИР 80В2	4.85	2.2	2855	81.0	0.85	2.2	2.3	7.0	72	15	0.0018
АИР 90L2	6.34	3.0	2860	82.6	0.87	2.2	2.3	7.5	76	17	0.0024
АИР 100S2	8.2	4.0	2880	84.2	0.88	2.2	2.3	7.5	77	20.5	0.0070
АИР 100L2	11.1	5.5	2900	85.7	0.88	2.2	2.3	7.5	80	28	0.0080
АИР 112М2	14.9	7.5	2895	87.0	0.88	2.2	2.3	7.5	80	49	0.0185
АИР 132М2	21.2	11.0	2900	88.4	0.89	2.2	2.3	7.5	86	54	0.0227

- **Перевіряємо пускові властивості та перевантажувальні властивості вибраного електродвигуна.**

1. Перевіримо пускові властивості. Припустимо, що електродвигун запускається при найбільшому навантаженні M_{MAX} (по навантажувальній діаграмі);

- визначаємо значення моменту опору машини, приведеного до валу електродвигуна при максимальному навантаженні M_{MAX} :

$$M_{EM} = \frac{M_{MAX} \cdot \omega_M}{\omega_H}$$

де ω_H – номінальна кутова швидкість електродвигуна, с⁻¹;

$$\omega_H = 0,1047 \cdot n_H = 0,1047 \cdot 2855 = 298,98 \text{ с}^{-1}$$

$$M_{em} = \frac{90 \cdot 60}{298,98} = 18.1 \text{ Нм}$$

- визначаємо номінальний момент електродвигуна за умовами пуску із врахуванням зниження напруги у мережі:

$$M_{H(ПУСК)} = \frac{1,25 \cdot M_{EM}}{\mu_{MIN} \cdot U^2},$$

де $\mu_{ПУСК}$ – кратність мінімального моменту електродвигуна за каталогом;

$$M_H(пуск) = \frac{1,25 \cdot 18,1}{2,2 \cdot 0,925^2} = 12,02 \text{ Нм}$$

U – напруга мережі під час пуску двигуна у відносних одиницях (0,925);

- визначаємо номінальний момент електродвигуна:

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H},$$

$$M_H = \frac{2200}{298,98} = 7,4 \text{ Нм}$$

$$M_H \geq M_{H(ПУСК)} \quad 7,4 \leq 12,02$$

- перевіряємо умову

Якщо умова виконується, то двигун забезпечить запуск машини при повному навантаженні. Якщо не виконується, слід взяти інший електродвигун (наступний в каталозі) та перерахувати перевірку на пускову здатність.

11. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ АИР (согласно ГОСТ 183-74)

Таблица 11.1. Технические характеристики с числом пар полюсов 2p=2 50 Гц

Тип электродвигателя	Номинальный ток при 380В	Мощность	Частота вращения	КПД	cos φ	M _{пуск} Мн	M _{max} Мн	I _{пуск} А	Максимально допустимый уровень звуковой мощности Lw	Масса	Динамический момент инерции ротора
—	А	кВт	об/мин	%	—	—	—	—	Дб(А)	—	кг·м ²
АИР 71А2	1.77	0.75	2840	75.0	0.83	2.2	2.3	6.1	67	8.7	0.0006
АИР 71В2	2.6	1.1	2840	76.2	0.84	2.2	2.3	6.9	67	10.5	0.0008
АИР 80А2	3.46	1.5	2850	78.5	0.84	2.2	2.3	7.0	72	13	0.0011
АИР 80В2	4.85	2.2	2855	81.0	0.85	2.2	2.3	7.0	72	15	0.0018
АИР 90L2	6.34	3.0	2860	82.6	0.87	2.2	2.3	7.5	76	17	0.0024
АИР 100S2	8.2	4.0	2880	84.2	0.88	2.2	2.3	7.5	77	20.5	0.0070
АИР 100L2	11.1	5.5	2900	85.7	0.88	2.2	2.3	7.5	80	28	0.0080
АИР 112M2	14.9	7.5	2895	87.0	0.88	2.2	2.3	7.5	80	49	0.0185
АИР 132M2	21.2	11.0	2900	88.4	0.89	2.2	2.3	7.5	86	54	0.0227
АИР 160S2	28.6	15.0	2930	89.4	0.89	2.2	2.3	7.5	86	116	0.0500
АИР 160M2	34.7	18.5	2930	90.0	0.90	2.0	2.3	7.5	86	130	0.0550
АИР 180S2	41.0	22.0	2940	90.5	0.90	2.0	2.3	7.5	89	150	0.0620
АИР 180M2	55.4	30.0	2950	91.4	0.90	2.0	2.3	7.5	92	170	0.0700
АИР 200M2	67.9	37.0	2950	92.0	0.88	2.0	2.3	7.5	92	230	0.1400
АИР 200L2	82.1	45.0	2960	92.5	0.90	2.0	2.3	7.5	92	255	0.1600

$$\omega_H = 0,1047 \cdot n_H = 0,1047 \cdot 2880 = 301,54 \text{ с}^{-1}$$

$$M_{ем} = \frac{90 \cdot 60}{301,54} = 17,9 \text{ Нм} \quad M_H(пуск) = \frac{1,25 \cdot 17,9}{2,2 \cdot 0,925^2} = 11,88 \text{ Нм} \quad M_H = \frac{4000}{301,54} = 13,27 \text{ Нм}$$

$$13,27 \geq 11,88$$

2. Перевіримо перевантажувальні властивості електродвигуна.

- визначаємо потрібний номінальний момент двигуна за перевантажувальною здатністю.

$$M_{H(ПЕР)} = \frac{M_{MAX}}{0,75 \cdot \mu_{MAX}}$$

де μ_{max} - кратність мінімального моменту електродвигуна за каталогом;

$$M_n(пер) = \frac{90}{0,75 \cdot 2,3} = 52,2 \text{ Нм}$$

- перевіряємо умову $M_H \geq M_{H(ПЕР)}$ **13,27 ≤ 52,2**

Якщо умова виконується, то двигун не буде перевантажуватись при повному навантаженні. Якщо не виконується, слід взяти інший електродвигун (наступний в каталозі) та перерахувати перевірку на перевантажувальну здатність.

11. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ АИР (согласно ГОСТ 183-74)

Таблица 11.1. Технические характеристики с числом пар полюсов 2p=2 50 Гц

Тип электродвигателя	Номинальный ток при 380В	Мощность	Частота вращения	КПД	cos φ	M _{пуск} Мн	M _{max} Мн	I _{пуск} А	Максимально допустимый уровень звуковой мощности L _w	Масса	Динам-кий момент инерции ротора
—	А	кВт	об/мин	%	—	—	—	—	дБ(А)	—	кг*м ²
АИР 71А2	1.77	0.75	2840	75.0	0.83	2.2	2.3	6.1	67	8.7	0.0006
АИР 71В2	2.6	1.1	2840	76.2	0.84	2.2	2.3	6.9	67	10.5	0.0008
АИР 80 А2	3.46	1.5	2850	78.5	0.84	2.2	2.3	7.0	72	13	0.0011
АИР 80В2	4.85	2.2	2855	81.0	0.85	2.2	2.3	7.0	72	15	0.0018
АИР 90L2	6.34	3.0	2860	82.6	0.87	2.2	2.3	7.5	76	17	0.0024
АИР 100S2	8.2	4.0	2880	84.2	0.88	2.2	2.3	7.5	77	20.5	0.0070
АИР 100L2	11.1	5.5	2900	85.7	0.88	2.2	2.3	7.5	80	28	0.0080
АИР 112М2	14.9	7.5	2895	87.0	0.88	2.2	2.3	7.5	80	49	0.0185
АИР 132М2	21.2	11.0	2900	88.4	0.89	2.2	2.3	7.5	86	54	0.0227
АИР 160S2	28.6	15.0	2930	89.4	0.89	2.2	2.3	7.5	86	116	0.0500
АИР 160М2	34.7	18.5	2930	90.0	0.90	2.0	2.3	7.5	86	130	0.0550
АИР 180S2	41.0	22.0	2930	90.0	0.90	2.0	2.3	7.5	89	150	0.0620
АИР 180М2	55.4	30.0	2950	91.4	0.90	2.0	2.3	7.5	92	170	0.0700

$$\omega_n = 0,1047 \cdot n_n = 0,1047 \cdot 2830 = 296,3 \text{ с}^{-1}$$

$$M_n = \frac{18500}{296,3} = 62.44 \text{ Нм} \quad M_n(пер) = \frac{90}{0,75 \cdot 2,3} = 52,2 \text{ Нм}$$

$$62,44 \geq 52,2$$

3. Вибирають остаточно електродвигун враховуючи кліматичне виконання і категорію розміщення, ступінь захисту від дії навколишнього середовища, спосіб монтажу та ін.

АИР160М2У2

18, 6 кВт, 2930, об/хвΔ/Y 220/380 В, 50Гц, F, S1. IM1081, IP55