

Дата проведения занятия 9 ноября 2020 г.

Номер пары: 28 (29).

Группа: 51А

Тема занятия: ПЗ № 4 Оценка целесообразности мероприятия по энергосбережению.

Цель: получить представление об оценке целесообразности:

- установки ограничителей холостого хода;
- замены незагруженных электродвигателей электродвигателями меньшей мощности.

Срок выполнения задания 11.11.2020

Фотографии выполнения заданий практической работы скинуть в «В контакте» личным сообщением Орлову А.А. (<https://vk.com/id421045327>).

Все вопросы, которые возникнут в процессе работы, можете задавать в социальной сети «В контакте» Орлову А.А. (<https://vk.com/id421045327>) личным сообщением.

Задание.

1. Ознакомьтесь с общими сведениями по практической работе и примерами решения задач по оценке целесообразности установки ограничителей холостого хода и замены незагруженных электродвигателей электродвигателями меньшей мощности.
2. Проанализировав общие сведения и примеры решения задач, уясните методику решения задач по оценке целесообразности установки ограничителей холостого хода и замены незагруженных электродвигателей электродвигателями меньшей мощности.
3. Определив по таблицам 2 и 3 условия соответствующих вашему варианту задач 1 и 2, выпишите их условия и решите их, аналогично приведенным примерам

Общие сведения

Применение ограничителей холостого хода.

Ликвидация или снижение до минимума холостого хода асинхронных двигателей за счет совершенствования технологии производства, использования ограничителей холостого хода и приближения кнопочных станций магнитных пускателей к рабочим местам. В качестве ограничителей холостого хода могут служить конечные включатели рычажного или шпиндельного типов, бесконтактные электронные приборы, например БК-А, КВД-3, БК и др.

Применение в рабочих машинах устройств, имеющих время холостого хода 10 с и более, всегда приводит к повышению $\cos\phi$ и экономии электроэнергии. Когда время холостого хода менее 10 с, вопрос об эффективности работы ограничителей необходимо решать путем контрольного расчета. Используя диаграмму на рис. 1, можно определить размер экономии электроэнергии и установить экономическую целесообразность применения ограничителей холостого хода.

Для этого находят расчетные параметры:

$$a = \frac{P_0}{P_H} \quad b = \frac{1}{4T_{XX}}$$

где P_0 - средняя мощность холостого хода (сумма механической мощности холостого хода системы электропривода и потерь мощности в стали электродвигателя, определяется путем замера нагрузки привода во время холостого хода, кВт·ч;

P_H - номинальная мощность электродвигателя, кВт·ч;

T_{XX} - время холостого хода между циклами, с.

По параметрам a и b на диаграмме определяется показатель эффективности ε .

Затем — часовая экономия электроэнергии:

$$\Delta W = \varepsilon \frac{Z \cdot P_H \cdot T_{XX}}{3600}$$

где Z - число циклов работы механизма в час.

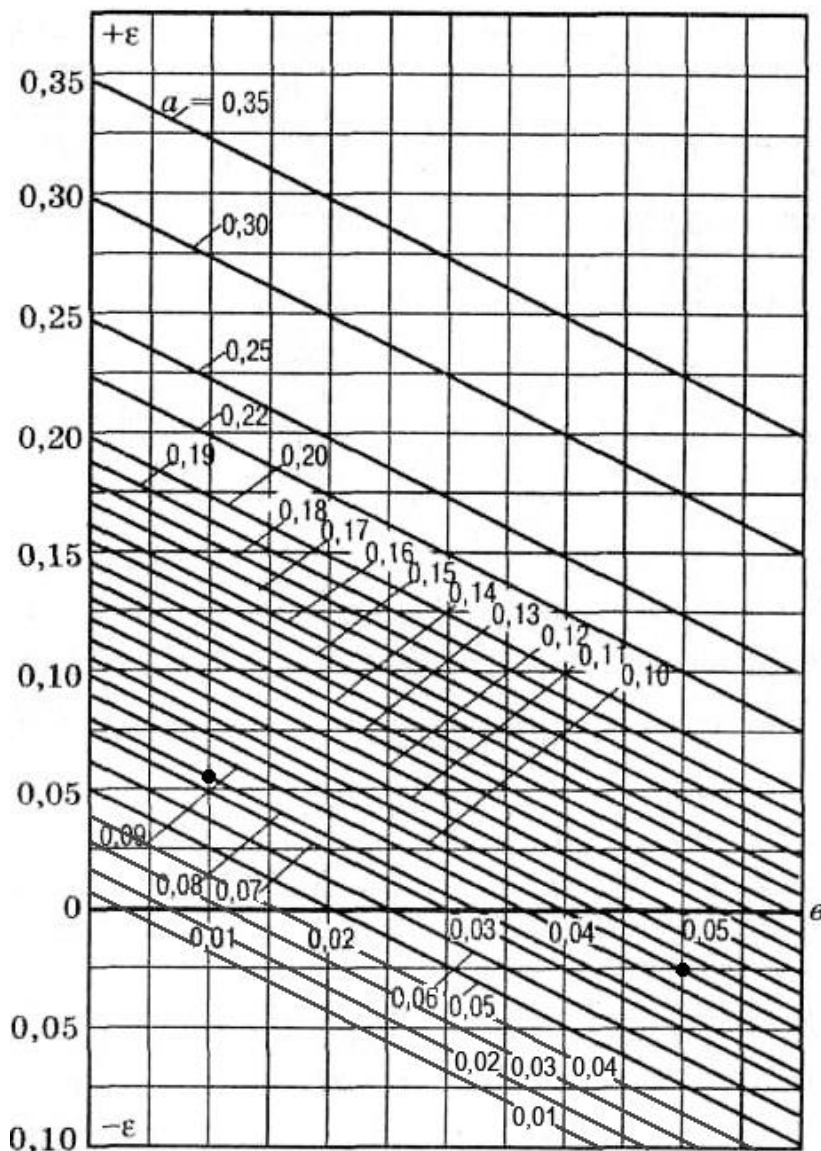


Рис. 1. Диаграмма для определения эффективности ограничителей холостого хода

Таблица 1. Средние значения токов холостого хода трехфазных асинхронных двигателей

Номинальная мощность P_H , кВт	Токи холостого хода (в % от I_H) при частоте вращения ротора, об/мин				
	3000	1500	1000	750	600
0,5-1,0	40	55	60	-	-
1,1-5,0	35	50	55	60	-
5,1-10,0	25	45	50	55	60
10,1-25,0	20	40	45	50	55
25,1-30,0	18	35	40	40	50

Пример 1. Пила электрическая ручная ИЭ-5102Б, использующаяся для распиливания деревянных досок и брусков при поделочных работах, оснащена трехфазным асинхронным двигателем марки 6АЕ80В4УЗ.

Параметры двигателя: $P_{2H} = 0,75$ кВт; $\cos\varphi = 0,8$; соединение «Y», 220/380 В; $n_2 = 1375$ об/мин; $\cos\varphi_{xx} = 0,12$; $T_{xx} = 25$ с; $Z = 60$ цикл/ч.

Требуется определить целесообразность установки ограничителя холостого хода.

Решение.

1. Из выражения
$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi_H}$$

найдем

$$I_H = \frac{0,75 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,8} = 1,42 \text{ А}$$

2. По данным таблицы 1 Средние значения токов холостого хода трехфазных асинхронных двигателей, определим

$$I_{xx} = 55\% I_H \text{ (при } n_1 = 1500 \text{ об/мин)}.$$

$$I_{xx} = 0,55 \cdot 1,42 = 0,78 \text{ А}$$

3. Вычислим значение P_0

$$P_0 = \sqrt{3} \cdot U_H \cdot I_{xx} \cdot \cos\varphi_{xx} = 1,73 \cdot 380 \cdot 0,78 \cdot 0,12 = 61,5 \text{ Вт}$$

4. Находим величины

$$a = \frac{P_0}{P_H} = \frac{61,5}{750} = 0,08$$

$$b = \frac{1}{4T_{xx}} = \frac{1}{4 \cdot 25} = 0,01$$

По параметрам «а» и «b» на диаграмме для определения эффективности ограничителей холостого хода (рис. 1) находим показатель эффективности $\varepsilon = 0,051$, а затем определяем, имеется ли часовая экономия электроэнергии

$$\Delta W = \varepsilon \cdot \frac{Z \cdot P_H \cdot T_{xx}}{3600} = 0,051 \cdot \frac{60 \cdot 0,75 \cdot 30}{3600} = 0,02 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 20 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

что подтверждает целесообразность установки ограничителей холостого хода.

Пример 2. Электродвигатель серии 4А металлообрабатывающего станка, используемого в заготовительном цехе стройплощадки, имеет мощность $P_H = 4$ кВт; $P_0 = 0,4$ кВт; $T_{xx} = 5$ с; $Z = 42$ цикл/ч. Требуется определить целесообразность установки ограничителя холостого хода.

Решение.

Определив значения

$$a = \frac{P_0}{P_H} = \frac{0,4}{4} = 0,1$$

$$b = \frac{1}{4T_{xx}} = \frac{1}{4 \cdot 5} = 0,05$$

из диаграммы на рисунке 1 находим,

что показатель эффективности $\varepsilon = -0,024$

Ожидаемая часовая экономия электроэнергии

$$\Delta W = \varepsilon \cdot \frac{Z \cdot P_H \cdot T_{xx}}{3600} = -0,024 \cdot \frac{42 \cdot 4 \cdot 5}{3600} = -0,0056 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = -5,6 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

что означает перерасход электрической энергии. Установка ограничителей холостого хода в этом случае не является целесообразной.

Замена незагруженных электродвигателей электродвигателями меньшей мощности

Замена незагруженных электродвигателей электродвигателями меньшей мощности, целесообразна, если средняя нагрузка электродвигателя составляет менее 45%. При его нагрузке более 70% от номинальной мощности следует считать замену двигателя нецелесообразной, а при нагрузке от 45 до 70% возможность замены должна быть подтверждена уменьшением суммарных потерь активной мощности в электрической сети и двигателе. Эти потери можно найти из соотношения:

$$\Delta P = [Q_X (1 - K_H^2) + K_H^2 \cdot Q_H] K_{\Sigma} + \Delta P_X + K_H^2 \cdot \Delta P$$

где Q_X — реактивная мощность, потребляемая двигателем при х.х.,
квар,

$$Q_X = \sqrt{3} U_H \cdot I_X \cdot \sin \varphi_X$$

K_H — коэффициент нагрузки двигателя,

$$K_H = \frac{P}{P_H}$$

Q_H - реактивная мощность двигателя при номинальной нагрузке, квар,

$$Q_H = \frac{P_H}{\eta_H} \cdot \tan \varphi_H$$

K_{Σ} - коэффициент потерь, кВт/квар ($K_{\Sigma} = 0,1$ и $K_{\Sigma} = 0,15$);

ΔP_X — потери активной мощности при холостом ходе двигателя, кВт,

$$\Delta P_X = \sqrt{3} U_H \cdot I_X \cdot \cos \varphi_X$$

ΔP - прирост потерь активной мощности в электродвигателе при возрастании нагрузки до номинальной, кВт,

$$\Delta P = P_H \cdot \left(\frac{1 - \eta_H}{\eta_H} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 + \gamma} \right);$$

γ - расчетный коэффициент, зависящий от конструкции двигателя,

$$\gamma = \frac{\Delta P_X, \%}{(100 - \eta_H, \%) - \Delta P_X, \%},$$

где $\Delta P_X, \%$ - потери холостого хода в процентах от активной мощности, потребляемой двигателем при номинальной нагрузке,

$$\Delta P_X, \% = \frac{\Delta P_{XX}}{P_H} \cdot 100\%$$

Значение $\sin \varphi$ может быть определено по коэффициенту мощности электродвигателя на холостом ходу, который находится в пределах $\cos \varphi = 0,1 \text{ — } 0,2$.

Средние величины токов холостого хода I_X двигателей в зависимости от P_H и I_H приведены в таблице 1 приложения. Точные значения $\cos \varphi$ и I_X определяются из опыта холостого хода конкретного двигателя.

Задача 3. Для электропривода бетоносмесительного устройства используется асинхронный электродвигатель серии А02 ($P_H = 30$ кВт; $I_H = 55$ А; $\eta_H = 91\%$; $\cos \varphi_H = 0,91$; $I_X = 23,1$ А; $\cos \varphi_K = 0,17$), который работает с нагрузкой $P = 14,7$ кВт. Необходимо проверить целесообразность его замены двигателем серии 4А ($P_H = 15$ кВт; $I_H = 29,9$ А; $\eta_H = 87,5\%$; $\cos \varphi_H = 0,87$; $I_X = 12,8$ А; $\cos \varphi_X = 0,1$).

Решение.

Для двигателя серии А02:

$$Q_X = \sqrt{3} U_H \cdot I_X \cdot \sin \varphi_X = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 23,1 \cdot 0,985 = 14,97 \text{ квар},$$

$$K_H = \frac{P}{P_H} = \frac{14,7}{30} = 0,49;$$

$$Q_H = \frac{P_H}{\eta_H} \cdot \tan \varphi_H = 30 \cdot \frac{0,456}{0,91} = 15,03 \text{ квар};$$

$$\Delta P_X = \sqrt{3} U_H \cdot I_X \cdot \cos \varphi_X = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 23,1 \cdot 0,17 = 2,58 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_X, \% = \frac{\Delta P_{XX}}{P_H} \cdot 100\% = 2,58 \cdot \frac{100}{30} = 8,6\%;$$

$$\gamma = \frac{\Delta P_X, \%}{(100 - \eta_H, \%) - \Delta P_X, \%} = \frac{8,6}{[(100 - 91) - 8,6]} = 21,5$$

$$\Delta P = P_H \cdot \left(\frac{1 - \eta_H}{\eta_H} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 + \gamma} \right) = 30 \cdot \left(\frac{1 - 0,91}{0,91} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 + 21,5} \right) = 0,132 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{\Sigma}' = [Q_X (1 - K_H^2) + K_H^2 \cdot Q_H] K_{\Sigma} + \Delta P_X + K_H^2 \cdot \Delta P = \\ = [14,97 \cdot (1 - 0,49^2) + 0,49^2 \cdot 15,03] \cdot 0,1 + 2,58 + 0,49^2 \cdot 0,132 = 4,11 \text{ кВт}$$

Для двигателя 4А

$$Q_X = \sqrt{3} U_H \cdot I_X \cdot \sin \varphi_X = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 12,8 \cdot 0,995 = 8,38 \text{ квар},$$

$$K_H = \frac{P}{P_H} = \frac{14,7}{15} = 0,98;$$

$$Q_H = \frac{P_H}{\eta_H} \cdot \tan \varphi_H = 15 \cdot \frac{0,567}{0,875} = 9,72 \text{ квар};$$

$$\Delta P_X = \sqrt{3} U_H \cdot I_X \cdot \cos \varphi_X = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 12,8 \cdot 0,1 = 0,84 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_X, \% = \frac{\Delta P_{XX}}{P_H} \cdot 100\% = 0,84 \cdot \frac{100}{15} = 5,6\%;$$

$$\gamma = \frac{\Delta P_X, \%}{(100 - \eta_H, \%) - \Delta P_X, \%} = \frac{5,6}{[(100 - 87,5) - 5,6]} = 0,81$$

$$\Delta P = P_H \cdot \left(\frac{1 - \eta_H}{\eta_H} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 + \gamma} \right) = 15 \cdot \left(\frac{1 - 0,875}{0,875} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 + 0,81} \right) = 1,18 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{\Sigma}'' = [Q_X (1 - K_H^2) + K_H^2 \cdot Q_H] K_{\Sigma} + \Delta P_X + K_H^2 \cdot \Delta P = \\ = [0,83 \cdot (1 - 0,98^2) + 0,98^2 \cdot 9,72] \cdot 0,1 + 0,81 + 0,98^2 \cdot 1,18 = 2,9 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{\Sigma} = \Delta P_{\Sigma}' - \Delta P_{\Sigma}'' = 4,11 - 2,9 = 1,21 \text{ кВт}$$

Таким образом, при замене незагруженного двигателя получено снижение потерь активной мощности в двигателе и электрической сети.

Следует подчеркнуть, что замена незагруженных электродвигателей, даже если она оправдана расчетом, может производиться только после тщательной проверки возможности их полной загрузки за счет правильного использования рабочих машин. Это мероприятие целесообразно, когда двигатель выбран неверно (завышен по мощности по сравнению с рабочей машиной).

Задача 1.

Требуется определить целесообразность установки ограничителей холостого хода оборудования, имеющего характеристики, приведенные в таблице 2.

Таблица 2. Исходные данные к задаче

Вар-т	Параметры двигателя					Время между циклами T_{XX} , с	Число циклов в час, Z
	$P_{ном2}$, кВт	$U_{ном}$, В	n_2 , об/мин	$\cos \varphi_{ном}$	$\cos \varphi_{XX}$		
1	4	380	2880	0,89	0,11	15	10
2	5,5	220	2880	0,91	0,12	4	40
3	7,5	380	2900	0,88	0,14	20	30
4	11	220	2900	0,9	0,15	16	15

5	2,2	220	1400	0,83	0,13	13	8
6	3	380	1425	0,83	0,17	30	6
7	4,0	380	1425	0,84	0,12	6	11
8	5,5	380	1450	0,85	0,2	15	16
9	11	220	1450	0,87	0,13	25	14
10	15	380	1465	0,87	0,12	10	9
11	18,5	220	1465	0,87	0,15	21	7
12	22	220	1460	0,87	0,13	25	6
13	30	380	1460	0,87	0,2	35	10
14	2,2	220	950	0,73	0,16	12	7
15	11	220	975	0,83	0,15	17	13
16	15	380	975	0,83	0,13	18	9
17	18,5	380	970	0,8	0,12	34	10
18	15	380	985	0,89	0,15	24	14
19	5,5	380	985	0,89	0,2	15	20
20	15	380	985	0,87	0,16	26	25
21	1,5	220	725	0,65	0,17	11	27
22	7,5	380	730	0,75	0,13	22	24
23	3	380	740	0,83	0,12	14	18
24	4,5	220	740	0,84	0,14	6	13
25	5,5	380	740	0,82	0,15	13	22
26	11	220	2950	0,88	0,15	20	23
27	15	380	1470	0,89	0,14	24	18
28	18,5	220	1465	0,9	0,16	16	23
29	5,5	380	2880	0,79	0,13	18	24
30	7,5	220	2900	0,85	0,15	17	16

Задача 2.

Определить целесообразность замены асинхронного двигателя завышенной мощности двигателем меньшей мощности, для электропривода строительного механизма, который работает с нагрузкой Р. Характеристики двигателей представлены в таблице 3.

Таблица 3. Исходные данные к задаче

Вариант	Р, кВт	Характеристики асинхронного двигателя до замены						Характеристики асинхронного двигателя предназначенного для замены					
		Р _н , кВт	I _н , А	η _н	cosφ _н	cosφ _х	n ₁ , об/мин	Р _н , кВт	I _н , А	η _н	cosφ _н	cosφ _х	n ₁ , об/мин
1	14	22	41	0,88	0,91	0,2	3000	15	28	0,88	0,91	0,12	3000
2	10	18,5	35	0,89	0,88	0,18	1500	11	22	0,87	0,88	0,11	1500
3	13	30	62	0,9	0,81	0,14	750	15	31	0,87	0,82	0,1	750
4	7	22	41	0,9	0,9	0,19	1000	7,5	16	0,86	0,81	0,13	1000
5	5,2	18,5	35	0,89	0,88	0,17	1500	5,5	11	0,86	0,85	0,14	1500
6	5	15	28	0,88	0,91	0,2	3000	5,5	10	0,88	0,91	0,12	3000
7	3,6	11	25	0,87	0,75	0,14	750	4,0	8	0,83	0,7	0,1	750
8	2,0	7,5	16	0,85	0,81	0,1	1000	2,2	5	0,81	0,73	0,11	1000
9	1,4	5,5	11	0,85	0,85	0,2	1500	1,5	3	0,77	0,83	0,1	1500
10	0,7	4,0	8	0,86	0,89	0,19	3000	0,75	2	0,77	0,87	0,13	3000

11	11	18,5	36	0,89	0,92	0,14	3000	15	28	0,88	0,91	0,12	3000
12	10	15	30	0,88	0,91	0,19	3000	11	21	0,88	0,9	0,11	3000
13	7	11	21	0,88	0,9	0,11	3000	7,5	15	0,88	0,88	0,12	3000
14	5	7,5	15	0,88	0,88	0,12	3000	5,5	11	0,88	0,91	0,12	3000
15	2,5	5,5	11	0,88	0,91	0,12	3000	3	6	0,85	0,88	0,13	3000
16	2,3	4	8	0,87	0,89	0,16	3000	3	6	0,85	0,88	0,13	3000
17	1,2	3	6	0,85	0,88	0,13	3000	1,5	3	0,81	0,85	0,14	3000
18	10	15	30	0,89	0,88	0,14	1500	11	22	0,87	0,88	0,11	1500
19	5	11	22	0,87	0,88	0,11	1500	5,5	11	0,86	0,85	0,15	1500
20	2,9	5,5	11	0,86	0,85	0,15	1500	4	8	0,84	0,84	0,17	1500
21	2	4	8	0,84	0,84	0,17	1500	2,2	4,5	0,8	0,83	0,2	1500
22	1,3	2,2	4,5	0,8	0,83	0,2	1500	1,5	3	0,77	0,83	0,18	1500
23	14	18,5	38	0,88	0,87	0,13	1000	15	30	0,88	0,87	0,14	1000
24	4,0	7,5	16	0,85	0,81	0,1	1000	5,5	11	0,85	0,8	0,11	1000
25	1,6	4	8	0,82	0,81	0,12	1000	3	6	0,81	0,76	0,13	1000
26	2,0	5,5	11	0,85	0,85	0,2	1000	2,2	5	0,81	0,73	0,11	1000
27	1,4	2,2	4,5	0,8	0,83	0,2	1500	1,5	3	0,77	0,83	0,1	1500
28	11	18,5	36	0,88	0,95	0,15	3000	15	28	0,88	0,91	0,13	3000
29	10	15	30	0,87	0,96	0,18	3000	11	21	0,87	0,91	0,14	3000
30	10	15	30	0,89	0,92	0,19	3000	11	21	0,89	0,92	0,11	3000