

ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П.
Горячкина»

А.А. Медведев

Эксплуатация Электрооборудования

**Задание и методические рекомендации
по выполнению курсовой работы.**

Москва 2001

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Курсовая работа является одним из важных этапов изучения студентами курса «Эксплуатация электрооборудования». Целью этой работы является закрепление и углубление знаний в области эксплуатации электрооборудования сельскохозяйственных предприятий.

Курсовая работа выполняется в течение семестра и должна состоять из расчетно-пояснительной записки с приложением необходимых таблиц, рисунков, схем и графического материала.

Курсовая работа выполняется в соответствии с заданием, в объеме и по вариантам, указанным в табл. 1-3. Номер варианта и задание для выполнения пункта 6 выдается на кафедре. Получив номер варианта, например 1 «а», студент должен в письменной форме ответить на 10 вопросов, сформулированных в табл. 1 (конкретные данные брать варианту 1, а потребители принять по табл.3 варианта «а»).

При выполнении курсовой работы, кроме настоящих рекомендаций, необходимо пользоваться рекомендованной литературой.

I. ЗАДАНИЯ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1. Для заданных электропотребителей (рис.1) определить: электрические параметры, исполнение по условиям окружающей среды, степень защиты в соответствии с характером (индексом) помещения, указанного. Выбрать аппаратуру защиты и управления, тип светильников, марки и сечения проводов (кабелей) при заданном коэффициенте загрузки K_z .

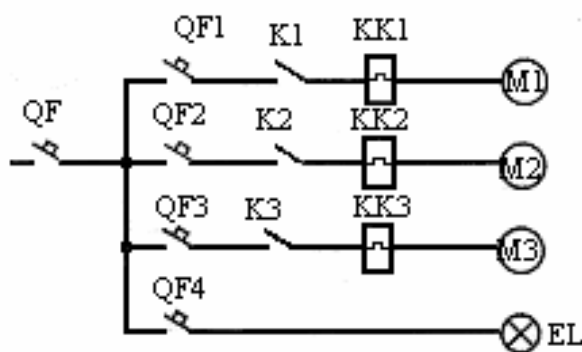


Рис.1. Схема включения электроприемника

2. Заполнить журнал учета электрооборудования, установленного в помещении, характер которого указан.

3. Описать типовые операции (типовой объем работ) при выполнении текущего ремонта для указанного аппарата (табл. 2), применяемые приборы, испытательные установки и приспособления.

4. Определить оптимальную периодичность η_{omt} выполнения текущего ремонта электродвигателя № 1 при его эксплуатации по системе ППРЭсх для закона распределе-

ния наработки до отказа Вейбулла-Гнеденко с параметрами a и b , и соотношении затрат на устранение отказа электродвигателя (с учетом технологического ущерба) и на выполнение планово-предупредительного текущего ремонта $C_{ар} / C_{пр}$.

5. Определить необходимое число резервных электродвигателей m при числе однотипных (взаимозаменяемых) электродвигателей n , среднем сроке службы электродвигателя до отказа $T_{сл}$, среднем времени нахождения двигателя в ремонте $t_{рем}$, допустимом времени простоя технологического процесса $t_{пр.доп.}$ и коэффициенте временного использования двигателя в течение года $K_{исп}$.

6. Проверить гипотезу о принадлежности полученной в результате испытаний ламп накаливания выборки экспоненциальному закону. Определить время замены ламп при условии, когда останется заданное количество исправных ламп, указанное.

7. Определить годовые трудозатраты $T_{год}$ в человекочасах на проведение технического обслуживания и ремонта электрооборудования, указанного, при использовании электродвигателей в течение суток $\tau_{раб.}$ и числе щитов $n_{щ.}$. Построить график ППРЭсх. Определить требуемое число электромонтеров в хозяйстве с учетом дополнительной годовой трудоемкости $T''_{год}$ (чел.-ч), указанной.

8. Составить схему пуска первого двигателя в однофазном режиме, выбрать параметры схемы включения при заданном напряжении в сети и уровне нагрузки.

9. Определить величину токоограничивающей емкости для предохранительного подогрева второго двигателя и составить электрическую схему.

10. Выбрать форму обслуживания, структуру управления, руководителя электротехнической службой, разработать базу (пункт) технического обслуживания хозяйства при объеме работ Q (УЕЭ), указанном в задании.

Таблица 1

Исходные данные по вариантам

№ зад а-ния	Заданный параметр	Варианты															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	K_3	0,65	0,7	0,75	0,8	0,62	0,85	0,9	0,72	0,95	0,68	0,98	1	0,92	0,68	0,78	0,88
2	Характер помеще-ния	Принимается в соответствии с табл. 2															
3	Электро-приборы	Принимается в соответствии с табл.2															
4	а лет (год)	5,5	5,25	5	4,75	4,5	4,25	4	3,75	3,5	3,25	3	5,75	4,8	3,8	4,8	4,35
	б	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,25	2,5	2,5	2,75	2,75	3	3	3,25	3,25	3,5	3,5
	$C_{ap}/C_{пр}$	10	9,5	9	8,75	8,5	8,25	8	7,75	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4
5	п, шт	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9
	$T_{сл}$, лет	6,2	6	6,1	5,75	5,5	5,25	5,0	4,7	4,3	4,5	4,0	3,75	3,5	3,25	3,0	3,8
	$t_{рем}$, сут	45	45	40	40	35	35	30	30	25	20	15	15	12	12	10	10
	$t_{пр.доп}$, ч	3	3	3	3	5	5	5	5	5	4	4	4	4,5	4,5	4,5	4,5
	$K_{исп.}$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,11	0,11	0,1	0,1	0,1	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13
6	Выборка	Задается преподавателем дополнительно															
	$n_{исп.}\%$	30		40		45		50		55		35		40		45	
7	$\tau_{раб}$	8	9	10	11	12	7	6	13	14	15	16	17	18	19	16	14
	$n_{ц}$	3	4	2	5	4	3	4	5	6	3	2	3	4	5	3	4
	$T''_{год}$ чел.-ч	7200	8100	2160	2340	2050	9500	7200	8100	2160	2340	2050	9500	7200	8100	2160	2340
8	U_c	220	220	380	380	220	220	380	380	220	220	380	380	220	220	380	380

	Нагрузка	xx	ном	xx	ном	xx	ном	xx	ном	xx	ном	xx	ном	xx	ном	xx	ном
9		Принимается в соответствии с заданием															
10	$Q_{УЕЭ}$	1200		1400		1600		1800		2000		2200		2400		2500	

Таблица 2

Варианты задания по характеру помещений
и типу электрооборудования (к пп.2 и 3 задания)

№ вариан- та	Помещение	Аппарат
1	Гараж	Асинхронный электродвигатель
2	Мастерские	Двигатель с контактными кольцами
3	Котельные	Автоматический выключатель
4	Овощехранилище	Синхронный генератор
5	Мельницы	Погружной электродвигатель
6	Зерносклад	Магнитный пускатель
7	Сарай	Тепловое реле
8	Неотапливаемый склад	Контактор
9	Доильный зал	Асинхронный электродвигатель
10	Молочное отделение	Двигатель с контактными кольцами
11	Парник	Автоматический выключатель
12	Теплица	Синхронный генератор
13	Коровник	Погружной электродвигатель
14	Птичник	Магнитный пускатель
15	Свинарник	Двигатель с контактными кольцами
16	Склад удобрений	Погружной электродвигатель

Таблица 3

Варианты задания по потребителям

№ варианта	№ потре- бителя	Потребитель	Кол-во потре- бителей	Длина	Способ про- кладки
1	2	3	4	5	6
«а»	1	5А80В4	1	35	на скобах
	2	5А112М4	1	45	в трубе
	3	4АК160М4	1	35	в трубе
	4	НБ-220-240-100	5	40	на тросу
«б»	1	4А100S4	1	30	в лотке
	2	5А112М6	1	40	в трубе
	3	4АК180М6	1	50	в трубе
	4	НБ-220-240-150	4	40	на тросу
«в»	1	5А80А4	1	45	в трубе
	2	5А180М2	1	30	в трубе
	3	4АК160S4	1	50	на скобах
	4	НБ-220-240-200	3	20	на тросу
«г»	1	5А100S4	1	45	в трубе
	2	5А112М2	1	35	в лотке
	3	4АК160S4	1	25	в лотке

	4	НБ-220-240-100	5	30	на тросу
«Д»	1	5А80А2	1	40	на скобах
	2	5А100S2	1	30	в трубе
	3	4АК160М6	1	30	в трубе
	4	НБ-220-240-150	4	20	на тросу
«Е»	1	4А80В6	1	40	в лотке
	2	5А100S2	1	40	в трубе
	3	4АК200М4	1	35	в трубе
	4	НБ-220-240-60	6	30	на тросу
«Ж»	1	5А90L4	1	35	на скобах
	2	5А112М2	1	40	в трубе
	3	4АК160	1	50	в трубе
	4	НБ-220-240-150	5	40	на тросу
«З»	1	5А71В4	1	30	в лотке
	2	5А112М4	1	35	в трубе
	3	4АК200М4	1	50	в трубе
	4	НБ-220-240-100	6	40	на тросу
«И»	1	5А71В4	1	30	на скобах
	2	5А112М4	1	25	в трубе
	3	4АК160S6	1	40	в трубе
	4	НБ-220-240-200	4	60	на тросу
«К»	1	5А71В4	1	40	в лотке
	2	5А100S4	1	30	в трубе
	3	4АК180М6	1	45	в трубе
	4	НБ-220-240-60	4	45	на тросу
«Л»	1	5А90L6	1	40	в трубе
	2	5А112МА6	1	50	в лотке
	3	4АК200М4	1	40	в трубе
	4	НБ-220-240-100	6	30	на тросу
«М»	1	5А90L6	1	35	в трубе
	2	5А132М6	1	45	в коробе
	3	4АК200М6	1	45	в коробе
	4	НБ-220-240-150	4	40	на тросу
«Н»	1	5А80А2	1	50	в коробе
	2	5А100L4	1	35	в трубе
	3	4АК160S4	1	50	в трубе
	4	НБ-220-240-200	5	40	скрыто
«О»	1	5А90L2	1	45	в трубе
	2	5А112М4	1	40	в коробе
	3	4АК200М4	1	30	в коробе
	4	НБ-220-240-200	4	40	на тросу
«П»	1	5А80В2	1	40	в лотке
	2	5А160М6	1	35	в трубе
	3	4АК160S6	1	25	в трубе
	4	НБ-220-240-150	4	35	скрыто
«Р»	1	5А90L6	1	45	в коробе

	2	5A132M4	1	40	в трубе
	3	4AK180M6	1	35	в трубе
	4	НБ-220-240-60	5	35	на тросу

II. Методические указания и порядок выполнения работы

Выполнение курсовой работы начинается с подробного изучения задания и составления расчетной схемы (рис.1) применительно к варианту задания. Затем составляется расчетно-пояснительная записка, в которой последовательно даются письменные ответы на все поставленные вопросы.

1. По каталожным данным (4,5,6 и др.) необходимо определить электрические параметры электропотребителей: номинальные данные, рабочие (с учётом коэффициента загрузки K_3) и пусковые (с учётом кратности пускового тока K_i) токи.

Электрические аппараты для управления и защиты всех токоприёмников выбираются в соответствии со схемой рис.2 и «Методикой выбора элементов пускорегулирующей и защитной аппаратуры электроприводов сельскохозяйственных машин» (РТМ 105/23/46/70/16-0-164-81). Составляется расчетно-монтажная таблица по следующей форме.

Расчетно-монтажная таблица

Шкаф управления				Распределительная сеть		Электропотребители	
Тип шкафа, вводной аппаратуры	Пускозащитная аппаратура			Марка, сечение, способ прокладки	Длина, м	Тип	Характеристики
	Автоматический выключатель	Магнитный пускатель	Тепловое реле				

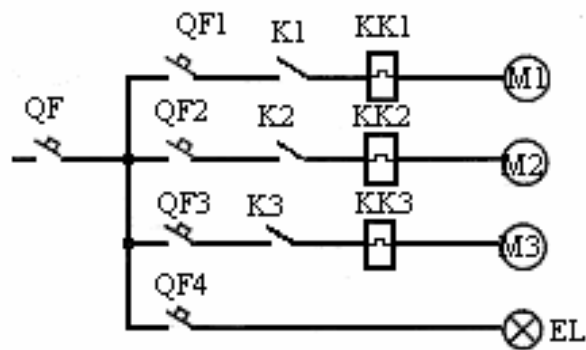


Рис.1. Схема включения электроприемника

3N 50Гц, 380/220В

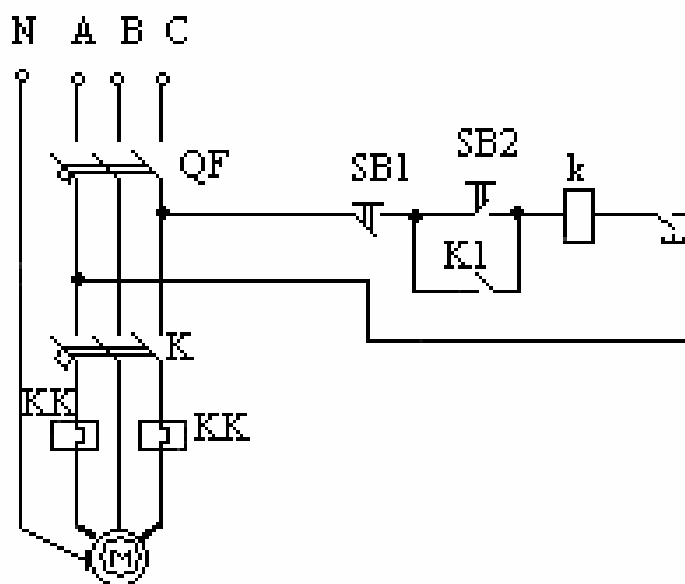


Рис.2. Электрическая схема включения асинхронного двигателя

На рис.2 показано использование 2-полюсных тепловых реле. Однако могут использоваться 3-полюсные и однополюсные (два или три) реле.

В общем виде условия выбора электрических аппаратов следующие:

$$U_{на} \geq U_p; \quad (1)$$

$$I_{н.а} \geq I_{раб.макс.}; \quad (2)$$

$$I_{н.расц} \geq I_{раб.мах}; \quad (3)$$

$$I_{устр.тр.} = I_{раб.мах}; \quad (4)$$

$$I_{уст.эм.} \geq 1,5 I_{пуск} \quad (5)$$

$$U_k = U_{упр}, \quad (6)$$

где $U_{на}$, U_k – номинальное напряжение аппарата (автоматического выключателя, теплового реле – (1), (2), (3), (4); магнитного пускателя – (1), (2),

Максимальный рабочий ток, используемый в условиях выбора (2), (3) и (4), для одиночных электродвигателей:

$$I_{раб.макс} = 1,1 K_3 I_n \text{ при } K_3 < 0,7 \text{ и} \quad (7)$$

$$I_{раб.макс} = I_n \text{ при } K_3 \geq 0,7 \quad (8)$$

		рудо- вания						рудо- вания в году	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

При заполнении журнала инвентарные номера принимаются самостоятельно (гр.1). Объект и электрооборудование (гр.2) принимаются из задания и по результатам расчета по п.1 задания. В характеристику электрооборудования включаются температуры, которые влияют на годовые затраты труда на эксплуатацию соответствующего вида электрооборудования: для электродвигателей указывается тип, 0 мощность, частота вращения; для пускозащитной аппаратуры – тип, ток; для электропроводок – тип, сечение, способ прокладки и т.п. Дата установки (гр.6) указывается на момент выполнения технического обслуживания принимается самостоятельно в пределах до 15 км.

3. Текущий ремонт электрооборудования является основным профилактическим мероприятием, предусмотренным системой ППРЭсх, выполнение которого направлено на поддержание или восстановления работоспособности изделия путем замены и (или) восстановления отдельных частей, кроме базовых. При выполнении данного раздела необходимо описать все основные операции текущего ремонта с перечислением контролируемых параметров, их номинальных и предельно-допустимых значений, привести схемы, приборы и приспособления, применяемые при выполнении текущего ремонта. Перечисленный объем работ выполнить в виде таблицы на миллиметровой бумаге 12 формата. При выполнении этого раздела необходимо ознакомиться с технической документацией на текущий ремонт, например. [13]. Для повышения качества текущего ремонта и наиболее полного восстановления его ресурса он осуществляется на центральном пункте технического обслуживания и ремонта хозяйства или в специализированной мастерской.

4. При эксплуатации электродвигателя по схеме ППРЭсх основным параметром, влияющим на его надежность и эксплуатационные затраты, является периодичность проведения текущего ремонта (интервал времени или наоборот между текущими ремонтами). В настоящее время периодичность проведения текущих ремонтов регламентирована системой ППРЭсх. Однако регламентированные периодичности носят усредненный характер и не учитывают многих конкретных факторов при эксплуатации электродвигателей. Поскольку изменение периодичности проведения текущих ремонтов влияет на эксплуатационную надежность электродвигателей и затраты на их проведение, причем это влияние является взаимно противоположным, можно ставить вопрос об определении оптимальной периодичности проведения этого профилактического мероприятия.

Определение оптимальной периодичности проведения текущего ремонта $\eta_{\text{опт}}$ осуществляется из условия минимизации средних удельных эксплуатационных затрат $Z(\eta)$ на цикле регенерации (восстановления) и выражается формулой:

$$Z(\eta) = \frac{C_{ap} \cdot Q(\eta) \cdot C_{np} \cdot P(\eta)}{\int_0^{\eta} P(t) dt},$$

где C_{ap} и C_{np} – затраты, связанные с указанием отказа электродвигателя на технологическом процессе и с проведением планового текущего ремонта соответственно; $P(t)$ – функция надежности электродвигателя (функция распределения времени безотказной работы электродвигателя).

При законе надежности Вейбула-Гнеденко

$$P(t) = e^{-(t/a)^b},$$

где a – параметр масштаба (имеет размерность времени); b – параметр формы кривой (безразмерная величина).

Другими важными характеристиками надежности электродвигателей являются:

функция распределения времени работы электродвигателей до отказа (функция надежности)

$$Q(t) = 1 - P(t); \quad (15)$$

интенсивность отказа электродвигателя в любой момент времени (локальная характеристика)

$$\lambda(t) = (b/a) \cdot (t/a)^{b-1} \quad (16)$$

среднее время работы электродвигателя до отказа

$$\bar{T} = \int_0^{\infty} P(t) dt = a \cdot \Gamma(1 + 1/b), \quad (17)$$

где $\Gamma(1 + 1/b)$ – гамма-функции, значения которой приведены в таблице П-5.

Другие составляющие, входящие в выражение (9), означают $\int_0^{\eta} P(t) dt$ – среднее время между двумя восстановлениями произвольного типа (аварийными или профилактическими) при периодичности проведения текущего ремонта η ; $Q(\eta)$ – вероятность отказа электродвигателя до момента $t = \eta$; $P(\eta)$ – вероятность безотказной работы электродвигателя при $t = \eta$.

Заметим, что $Q(\eta) + P(\eta) = 1$

Если взять первую производную от выражения (13) и приравнять ее нулю, то после преобразования получим уравнения для определения $\eta_{\text{опт}}$;

$$dZ(\eta)/d\eta = 0$$

$$C_{np}/(C_{ap} - C_{np}) = -Q(\eta) + \lambda(\eta) \int_0^{\eta} P(t) dt \quad (18)$$

где $\lambda(\eta)$ – интенсивность отказа электродвигателей в момент времени $t = \eta$.

Нахождение $\eta_{\text{опт}}$ из уравнения (14) осуществляется графическим способом. Принимая различные значения η , необходимо построить функцию

$$\varphi(\eta) = -Q(\eta) + \lambda(\eta) \int_0^{\eta} P(t) dt \quad (19)$$

Откладывая по оси ординат значение этой функции, соответствующее $\varphi(\eta) = C_{np}/(C_{ap} - C_{np})$, по оси абсцисс находим $\eta_{\text{опт}}$.

При построении функции $\varphi(\eta)$ наибольшую трудность представляет вычисление интеграла $\int P(t)dt$, поскольку он не выражается через элементарные функции (не берется). Для преодоления этой трудности в таблице 4 приведены значения этого интеграла в зависимости от верхнего предела η^* и параметра b нормированного распределения Вейбула-Гнеденко.

Таблица 4

Значение $\int P(t)dt$ нормированного распределения Вейбула-Гнеденко

η^*	b									
	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50
0,1	0,098	0,099	0,099	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
0,2	0,190	0,194	0,197	0,198	0,199	0,199	0,200	0,200	0,200	0,200
0,3	0,275	0,284	0,289	0,293	0,295	0,297	0,298	0,299	0,299	0,299
0,4	0,353	0,366	0,377	0,384	0,388	0,392	0,394	0,396	0,397	0,398
0,5	0,424	0,445	0,459	0,469	0,477	0,482	0,489	0,489	0,492	0,493
0,6	0,489	0,515	0,534	0,548	0,559	0,567	0,573	0,578	0,582	0,585
0,7	0,548	0,579	0,602	0,620	0,633	0,644	0,653	0,660	0,666	0,671
0,8	0,600	0,636	0,633	0,648	0,701	0,714	0,725	0,734	0,741	0,749
0,9	0,648	0,687	0,717	0,741	0,760	0,775	0,788	0,799	0,808	0,816

Нормирование заключается в том, что средняя наработка электродвигателя до отказа принимается равной единице:

$$T^* = a \Gamma(1+1/b) = 1.$$

Поскольку в этом случае параметр $a = 1/(\Gamma(1+1/b))$, то представляется возможным вычислить значения интеграла в зависимости от одного параметра b , при этом значение η^* принимается в относительных единицах (в долях единицы). Расчеты при построении зависимости $\varphi(\eta^*)$ целесообразно вести в табличной форме.

η^*	$Q(\eta^*)$	$\lambda(\eta^*)$	$\int_0^{\eta^*} P(t)dt$	$\lambda(\eta^*) \int_0^{\eta^*} P(t)dt$	$\varphi(\eta^*)$
0,1					
0,3					
0,5					
0,7					
0,9					

Графически зависимость $\varphi(\eta^*) = -Q(\eta^*) + \lambda(\eta^*) \int_0^{\eta^*} P(t) dt$ изображается на милли-

метровой бумаге в масштабе достаточно крупном и удобном для считывания, поскольку от этого зависит точность расчетов. найденная оптимальная периодичность проведения текущего ремонта $\eta_{\text{опт}}^*$ в относительных единицах пересчитывается во временные значения по формуле:

$$\eta_{\text{опт}} = \eta_{\text{опт}}^* \bar{T} \quad (20)$$

5. При выполнении этого пункта задания следует предварительно ознакомиться с [11,12]. выполнение задания начинается с составления графа возможных состояний парка однотипных электродвигателей, которые включает в себя n электродвигателей, установленных на рабочих машинах (число их задается вариантом задания) и m резервных электродвигателей (число их подлежит определению), причем $m > n$. Состояние парка $(m+n)$ электродвигателей S_k определяется числом отказавших электродвигателей:

$k=0$, S_0 -отказавших электродвигателей в парке нет:

$k=1$, S_1 -в парке имеется один отказавший электродвигатель и т.д. до $k = n+m$, S_{n+m} -все имеющиеся в парке электродвигатели оказались и направлены в ремонт.

При $1 < k < m+1$ простои технологических процессов при отказах рабочих электродвигателей отсутствуют, так как имеется резерв и он еще не исчерпан.

При $m+2 < k < m+n$ имеют место простои технологических процессов:

При $k = m+2$ простаивает один технологический процесс, при $k = m+3$ простаивают два технологических процесса и т.д.

Поскольку надежность электродвигателей и продолжительность нахождения электродвигателей в ремонте описывается экспоненциальным законом с параметрами λ и μ , то их значения определяются через заданные параметры электродвигателя в ремонте $\bar{t}_{\text{рем}}$;

$$\lambda = 1/\bar{T}_{\text{сл}}; \mu = 1/\bar{t}_{\text{рем}}$$

Вычисление вероятностей нахождения парка электродвигателей в любом k состоянии P_k в общем случае осуществляется по формулам:

$$\begin{aligned} \text{при } 1 < k < m+1 \quad P_k &= n^k \alpha^k P_0 \\ \text{при } m+2 < k < m+n \quad P_k &= n^{m+1} \alpha^k P_0 \prod_{N=m+2}^{N=k} (n+m+1-N); \end{aligned} \quad (21)$$

$$\text{при } k=0 \quad P_0 = 1 / \left[1 + \sum_{k=1}^{k=m+1} n^k \cdot \alpha^k + \sum_{k=m+2}^{k=m+n} n^{m+1} \prod_{N=m+2}^{N=k} (n+m+1-N) \alpha^k \right], \quad (22)$$

где $\alpha = \lambda/\mu$.

Зная вероятность P_k определяют среднее число простаивающих технологических процессов $n_{\text{пр}}$ при фиксированной величине m :

$$n_{\text{пр}} = \sum_{k=m+1}^{k=m+n} (k-m) P_k. \quad (23)$$

По известному среднему числу простаивающих технологических процессов n_{np} при фиксированной величине m :

$$\bar{t}_{np} = \frac{\kappa_{исп} \cdot n_{np}}{\lambda(n - n_{np})}, \quad (24)$$

где $\kappa_{исп}$ – усредненный коэффициент использования по времени электродвигателя на технологическом процессе (задается вариантом задания). Сравнивая $t_{пр}$ (при $m=0$) с допустимым временем простоя $t_{пр. доп.}$, которое задается вариантом задания, делается вывод о достаточности или недостаточности резерва. Если $\bar{t}_{np} \leq t_{пр. доп.}$, то расчет заканчивается. Резерв не нужен. Если $\bar{t}_{np} \geq t_{пр. доп.}$, то задаются $m=1$ и указанная процедура расчета повторяется. Если и в этом случае $\bar{t}_{np} > t_{пр. доп.}$, то задаются $m=2$ и т.д. до тех пор, пока \bar{t}_{np} будет меньше или равна $t_{пр. доп.}$.

Определение числа резервных электродвигателей целесообразно осуществить в табличной форме (табл. 5), первоначально определив отношение P_k/P_o при значении K от 0 до $n+m$.

Значение P_k/P_o определяют из соотношений:

$$P_k/P_o = n^k \alpha^k \text{ при } 1 < k < m+1;$$

$$P_k/P_o = n^{m+1} \alpha^k \prod_{N=m+2}^{N=k} (n+m+1-N); \text{ при } m+2 < k < m+1.$$

Таблица 5

	m=0			m=1			m=2		
	P_k/P_o	P_k	$(k-m)P_k$	P_k/P_o	P_k	$(k-m)P_k$	P_k/P_o	P_k	$(k-m)P_k$
1	2	3	4	2	3	4	2	3	4
0									
1									
2									
.									
.									
.									
n+m									

Процедура вычислений отношений P_k/P_o при заполнении столбца 2 таблицы сильно упрощается, если использовать соотношения:

$$P_{k+1}/P_o = [P_k/P_o]n\alpha \text{ при } 1 \leq k \leq m+1;$$

$$P_{k+1}/P_o = [P_k/P_o](m+n+1-k)\alpha \text{ при } m+2 < k < m+n.$$

Значение P_o определяются путем деления 1 на сумму значений столбца 2. По найденному значению P_o определяется P_k . Зная вероятности P_k и используя выражения (23) и (24), определяют величины \bar{n}_{np} и \bar{t}_{np} .

Примечания: сумма значений P_k по столбцу 3 должно равняться единице; при большом парке электродвигателей ($m+n$) вероятности P_k (кроме P_1 и P_2) могут иметь весьма маленькие величины, что требует вычисления их с большой точностью (не менее пяти знаков после запятой).

б. проверка гипотезы о принадлежности выборки предполагаемому закону распределения осуществляется в следующей последовательности:

а) по данным наработок, составляющих выборку, образуется вариационный ряд – упорядоченный в порядке возрастания ряд случайных величин (наработок), составляющих выборку;

б) определяются крайние порядковые статистики вариационного ряда - первый наименьший и последний наибольший члены вариационного ряда;

в) определяется размах вариационного ряда (разность между крайними порядковыми статистиками), число интервалов K , ширина интервала и границы каждого интервала. Число интервалов, на которые следует делить размах вариационного ряда, не должно быть слишком большим и слишком малым. К сожалению, конкретные рекомендации по этому вопросу отсутствуют. Поэтому выбор числа интервалов является предметом интуиции и искусства исследователя и зависит от характера статистического материала и объема выборки, который в данном случае должен составлять не менее 100 значений.

Обычным является 6-10 интервалов, причем меньшее число интервалов относится к меньшему объему выборки;

г) определяется число попаданий отказавших изделий в принятый интервал m_i и середину интервала;

д) определяются точечные значения параметров предполагаемого типа функции распределения методом моментов. Хотя для экспоненциального закона распределения достаточно использовать один момент – математическое ожидание \bar{t} (в данном случае средний срок службы ламп). Обычно вычисляется и второй начальный момент – дисперсия σ_t^2

$$\bar{t} = \left(\sum_{i=1}^r t_{icp} \cdot m_i \right) / n; \quad (25)$$

$$\sigma_t^2 = \left(\sum_{i=1}^r (t_{icp} - \bar{t})^2 \cdot m_i \right) / n; \quad (26)$$

где t_{icp} - середина значений наработок i -го интервала.

Проверка правдоподобия гипотезы о принадлежности рассматриваемых наработок предполагаемому закону распределения осуществляется по критерию согласия Пирсона – Романовского:

$$|X^2 - S| / \sqrt{2 \cdot S} \quad (27)$$

где X^2 – распределение хи – квадрат; S – число степеней свободы;

$$X^2 = \sum_{i=1}^r (m_i - m_{iT})^2 / m_{iT}, \quad (28)$$

где m_{iT} – теоретическая частота попадания в i -й интервал. Вычисляется по формуле:

$$m_{iT} = n \Delta t f_i(t) \quad (29)$$

где $f_i(t)$ – плотность распределения наработок до отказа.

При экспоненциальном законе со сдвигом

$$f_i(t) = \lambda^* e^{-\lambda^* \cdot (t_{icp} - t_{имм})}$$

$$\lambda^* = 1/(t - t_{имм})$$

где $t_{имм}$ - минимальное значение наработок первого интервала группировки;

$$S = K - d - 1,$$

где K - число интервалов группировок; d – число параметров выбранного распределения: для экспоненциального распределения, имеющего один параметр λ , $d=1$.

Если значение вычисленного по формуле (27) критерия Пирсона-Романовского меньше 3, то гипотеза подтверждается, если больше – отвергается.

Проверку степени согласования теоретического и статистического распределения целесообразно осуществлять в табличной форме (табл.6).

Для определения времени замены ламп необходимо в формулу $P(t) = e^{-\lambda t}$ подставить заданное значение вероятности безотказной работы, а вместо t подставить $T_{зам}$ и решить уравнение.

Процедуру вычислений можно упростить, если ввести сдвиг, равный первому, наименьшему члену ряда, и новые границы интервалов (путем вычитания из старых границ величины сдвига). При этом фактический средний срок службы будет равен сумме сдвига и среднего срока службы при новом интервале, а плотность распределения наработок до отказа и интенсивность отказов могут быть определены по выражениям (32) и (33):

$$f_i(t) = \lambda^* e^{-\lambda^* t_{icp}}; \quad (32)$$

$$\lambda^* = 1/\bar{t} \quad (33)$$

Таблица 6

№ интервала	Фактические наработки			$m_i \cdot t_{icp}$	Теоретическая частота попаданий в интервал, m_{iT}	$\frac{(m_i - m_{iT})^2}{m_{iT}}$
	Значения наработок на границах интервалов	Середина интервала группировки наработок, t_{icp}	Частота попаданий наработок в интервале, m			
1						
2						
3						
·						
·						
K						

7. Годовые плановые трудозатраты на выполнение технического обслуживания (ТО) текущего (ТР) и капитального (КР) ремонта определяются по формуле:

$$T'_{год} = \sum_{i=1}^K (n_i m_{TOi} t_{TOi} + n_i m_{TPi} t_{TPi}) + T_{KP} \quad (34)$$

где m_{TOi} и m_{TPi} - число технических обслуживаний и текущих ремонтов в году i -го вида электрооборудования ($i=1,2,3,\dots,k$); t_{TPi} и t_{TPi} - соответственно трудоемкость технического обслуживания и текущего ремонта i -го вида электрооборудования в час; $T_{кр}$ - трудоемкость капитального ремонта силовых и осветительных электропроводок; n_i - число однотипного оборудования i -го вида.

Число текущих ремонтов и технических обслуживаний в году i -го вида электрооборудования определяется из выражений:

$$m_{TPi}=12/n_{TPi}; \quad m_{TOi}=12/n_{TOi}-m_{TPi},$$

где n_{TPi} и n_{TOi} - периодичность (в месяцах) выполнения текущих ремонтов и технических обслуживаний i -го вида электрооборудования.

Трудоемкость капитального ремонта силовых и осветительных электропроводок:

$$T_{кр} = \sum_{i=1}^k m_{крi} t_{крi}$$

где $m_{крi}$ - число капитальных ремонтов i -го вида электропроводки; $t_{крi}$ - трудоемкость капитального ремонта i -го вида электропроводки;

$$m_{крi}=12/n_{крi},$$

где $n_{крi}$ - периодичность выполнения капитального ремонта i -го вида электропроводки.

Трудоемкость и периодичность проведения ТО, ТР и КР даются в системе ППРЭсх[13]. Некоторые извлечения из нее приведены в таблицах П-6...П-11. Результаты расчетов годовых плановых трудозатрат на выполнение ТО, ТР и КР необходимо свести в таблицу. По результатам расчетов необходимо составить график ППРЭсх. Форма графика и пример его заполнения приведены в [13].

При определении численности электромонтеров в целом по хозяйству необходимо иметь в виду, что кроме выполняемых электромонтерами плановых профилактических работ, они затрачивают определенное время на оперативные (внеплановые) работы и на разъезды, связанные с разбросанностью электрооборудования по производственным объектам. Поэтому численность электромонтеров в целом по хозяйству определяется по выражению:

$$N_э=T_э/\Phi,$$

где $T_э=1,15 T_э'$; $T_э'=T'_{эод}+T''_{эод}$; 1,15 - коэффициент, учитывающий затраты времени электромонтеров на оперативное обслуживание; k - коэффициент, учитывающий затраты времени на разъезды, значения которого принимаются в зависимости от среднего расстояния обслуживаемых объектов до пункта технического обслуживания или электроцеха (при $L=5$ км, $k=1,14$; $L=10$ км, $k=1,23$; $L=15$ км, $k=1,32$); $T''_{эод}$ принимается по варианту задания (табл.1).

8. Работающий асинхронный электродвигатель нормального исполнения может создавать вращающий момент без принятия специальных мер при его питании от сети однофазного тока, например вследствие перегорания плавкой вставки, обрыв питающей линии или отсутствия контактов в одном из аппаратов. Электродвигатель

оказывается в однофазном режиме либо с последовательным, либо с последовательно-параллельным соединением обмоток статора. В первом случае одна обмотка полностью теряет питание, во втором происходит уменьшение напряжения на двух обмотках, включенных на необорванные фазы. Если снизить нагрузку электродвигателя до 60-70% от номинальной, то он может оставаться в работе до завершения технологического процесса без значительного сокращения его срока службы. Но запустить электродвигатель непосредственным включением в сеть невозможно из-за отсутствия вращающего момента. Для создания вращающего магнитного поля (кругового или эллиптического) необходимо использовать фазосдвигающую цепочку. В настоящее время известно большое количество схем включения 3-фазных электродвигателей в однофазную сеть, но двигатели с конденсаторным пуском имеют наиболее благоприятные характеристики. Принципиальные электрические схемы конденсаторного двигателя с тремя статорными обмотками показаны на рис.3.

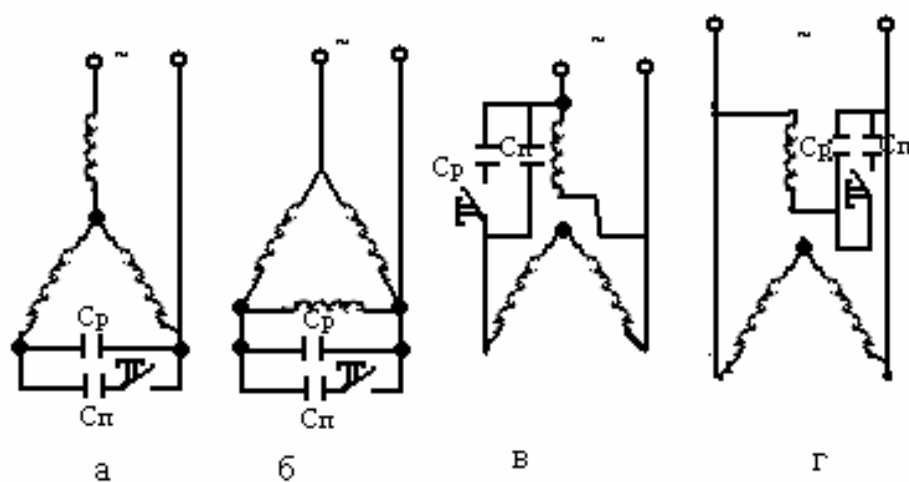


Рис.3. Принципиальные электрические схемы включения 3-фазного электродвигателя в однофазную сеть (C_p – рабочая емкость, C_{π} – пусковая емкость)

Как и в случае трехфазного включения, обмотки статора могут быть соединены в звезду (рис. 3а) или в треугольник (рис. 3б). Напряжение сети подводится к двум выводам электродвигателя, соответствующим началу обмоток. Между одним из них и выводом, соответствующим началу третьей обмотки, включается рабочая и пусковая емкости.

В других вариантах схем включения (рис. 3в, 3г) из трех обмоток исходного трехфазного электродвигателя образуются две обмотки. Обмотку, в цепи которой находится конденсатор, называют конденсаторной; другую обмотку, включенную на напряжение в сети, -главной.

В практике эксплуатации трехфазных электродвигателей в однофазном режиме правильный выбор рабочей и пусковой емкости имеет большое значение. если рабочая емкость выбрана правильно, то фазные токи и напряжения при нагрузке практически равны номинальным и развиваемая полезная мощность при этом является номинальной.

Следует отметить, что полная симметрия напряжений и токов конденсаторного двигателя не достигается, особенно для схем (рис. 3а, 3б). тем не менее любой

схеме включения соответствует одна вполне определенная емкость при которой токи в обмотках незначительно отличаются от номинальных:

$$\text{для схемы рис. 3а} \quad C_p = 2800 \frac{I_{н.ф.}}{U_c}; \quad \text{для схемы рис. 3б} \quad C_p = 4800 \frac{I_{н.ф.}}{U_c};$$

$$\text{для схемы рис. 3в} \quad C_p = 1600 \frac{I_{н.ф.}}{U_c}; \quad \text{для схемы рис. 3г} \quad C_p = 2740 \frac{I_{н.ф.}}{U_c};$$

где $I_{н.ф.}$ – номинальный фазный ток электродвигателя, А; U_c – напряжение сети, В.

Если электродвигатель запускается под нагрузкой, то необходимо включить кроме рабочей емкости и пусковую, которая может быть определена так:

$$C_{п} = (2,5 \dots 3) C_p.$$

Не менее важным является выбор конденсаторов по напряжению. С одной стороны, с повышением напряжения стоимость конденсаторов повышается, с другой стороны, эксплуатация конденсаторов под повышенным напряжением приводит к преждевременному выходу их из строя.

Для практических целей можно пользоваться следующими выражениями: для схемы рис. 3а, 3б $U_k = 1,15U_c$; для схемы рис. 3в $U_k = 1,2U_c$; и для схемы рис. 3г $U_k = 1,3U_c$.

Выбор схем включения электродвигателя в однофазную сеть производится с учетом напряжения сети и данных двигателя по напряжению. схема выбрана правильно, если на любой обмотке напряжение равно номинальному или близко к нему. В качестве рабочей емкости могут быть использованы конденсаторы типа КБГ-МП, БГТ, МБГЧ, в качестве пусковой – ЭП (электролитические пусковые). Следует отметить, что напряжение на указывается для постоянного тока.

9. Основными причинами выхода электродвигателей из строя являются: длительные перегрузки и заклинивание рабочих органов (20...25%) и т.д.

К числу эффективных профилактических мероприятий, предотвращающих возможное увлажнение изоляции, относится токовый подогрев обмоток электродвигателей в период их нерабочего состояния (предохранительный подогрев).

Ток подогрева в обмотках устанавливается таким образом, чтобы температура их превышала температуру окружающей среды на $3 \dots 10^\circ$ (при этом ток подогрева $I_{под}$ составляет 15...20% от номинального тока двигателя).

В настоящее время известно несколько методов токов подогрева обмоток электрических двигателей в период пауз (рис. 4).

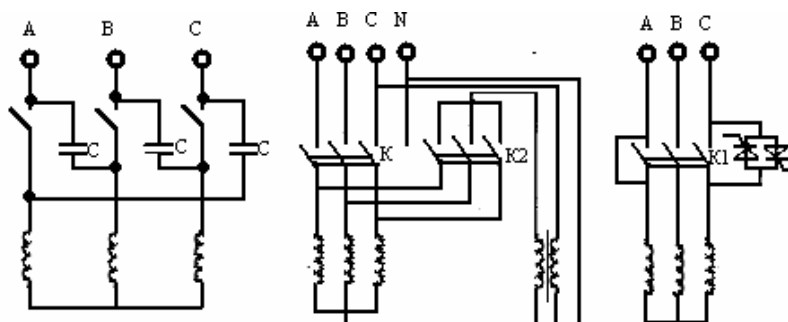


Рис. 4. Принципиальные электрические схемы подогрева обмоток электродвигателей.

Наилучший эффект дают схемы с конденсаторами, благодаря которым в режиме работы электродвигателя повышается коэффициент мощности, а в паузу происходит подогрев. Емкость конденсаторов рассчитывают из условий подогрева с последующей проверкой фактического коэффициента мощности:

С учетом того, что $X_c = 10^6 / \omega C$, $U_\phi = 200V$, $I_{\text{под}} = (0,15 \dots 0,2) I_n$, получим $C = (2,2 \dots 2,9) I_n$ [мкФ].

Произведя расчеты, необходимо принять к использованию стандартные конденсаторы или несколько конденсаторов и определить величину фактического коэффициента мощности при номинальной нагрузке из соотношения:

$$3C = P_n (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) 10^3 / \eta_n \omega U^2,$$

где η_n – номинальный коэффициент полезного действия двигателя; φ_1, φ_2 – угол сдвига фаз до и после компенсации соответственно, град; U – напряжение на конденсаторах, кВ; P_n – номинальная мощность двигателя, кВт.

Если в результате расчетов будет иметь место перекомпенсация, то необходимо уменьшить токоограничивающую емкость и повторить расчеты или для компенсации использовать необходимую часть емкости, изменив схему включения конденсаторов.

10. Численность инженерно-технических работников (ИТР) и должностная структура определяется отдельно по электротехнической и теплотехнической службам в соответствии с табл. П-12.

После определения численности ИТР по службам определяется общая численность ИТР энергетической службы. при суммарной трудоемкости обслуживания энергетического оборудования 2500 УЕЭ и выше энергетическую службу возглавляет главный энергетик, должность которого вводится за счет общей численности ИТР, т.е. в пределах общей численности ИТР энергетической службы за счет одной из штатных единиц (при суммарной трудоемкости обслуживания энергетического оборудования меньше 2500 УЕЭ, энергетическую службу возглавляет ответственный за энергохозяйство – главный инженер, инженер и др.).

При проведении в хозяйствах работ по техническому обслуживанию и ремонту энергетического оборудования организации таких работ может принимать различные формы в зависимости от вида и объема работ, от того, кем они производятся. При наличии в хозяйстве инженера-электрика, возглавляющего электротехническую службу (объем работ более 800 УЕЭ), необходимого штата электромонтеров и производственно-технической базы все работы по техническому обслуживанию и текущему ремонту целесообразно выполнять силами внутрихозяйственной энергетической службы. Такую форму организации обычно называют хозяйственной. При небольшом объеме электрохозяйства и слабой инженерно-технической службе к выполнению работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту привлекаются специализированные (сторонние) организации. степень их участия в работах зависит от объема электрохозяйства и состояния инженерно-технической службы хозяйства. при объеме эксплуатационных работ в хозяйстве до 300 условных единиц полноценную инженерную службу в хозяйстве создать невозможно, по-

этому все виды эксплуатационных работ целесообразно передать сторонней (специализированной) организации (комплексное обслуживание). При объеме эксплуатационных работ в хозяйстве в пределах 300-800 условных единиц также затруднено создание полноценной самостоятельной инженерной службы, поэтому для выполнения отдельных, наиболее сложных работ привлекаются сторонние организации (типа «Агропромэнерго»). Другие, менее сложные работы, не требующие высококвалифицированных кадров и применения сложного испытательного или наладочного оборудования, могут выполняться имеющимися в хозяйстве электротехническим персоналом. Такая форма организации работ получила название «специализированная».

При выполнении этого раздела курсовой работы студент должен описать типовые ситуации, влияющие на выбор организационной формы выполнения эксплуатационных работ и с учетом полученных при прохождении эксплуатационной практики данных обосновать применение той или иной формы обслуживания.

Среди многих факторов, определяющих успешную деятельность электротехнической службы хозяйства, важную роль имеет производственно-техническая база, которая формируется из 4-х групп технических средств, отличающихся назначением и производительностью.

Технические средства первого уровня предназначены для проведения технического обслуживания, мелкого ремонта и несложных слесарных работ энергооборудования на участках хозяйства (отделение, ферма, зерноток и т.д.). Они включают в себя посты электрика в 3-х вариантах и электроучастки пунктов технического обслуживания оборудования ферм.

Технические средства второго уровня предназначены производить текущий ремонт, наладку и несложные контрольные измерения, мелкомонтажные работы. Они включают в себя базы ремонта электрооборудования I, II и III категорий, стационарные пункты технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования (ПТОРЭ) на 2100 и 4200 условных ремонтов в год, электроучастки в центральных мастерских хозяйств и пунктах технического обслуживания оборудования животноводческих комплексов, а также мобильные технические средства. Детальная разработка перечисленных стационарных технических средств имеется в типовых проектах. В таблицах П-13 и П-16 приведены некоторые сведения по техническим средствам, предназначенным специально для технического обслуживания энергетического оборудования в хозяйствах.

Технические средства третьего уровня предназначены для оснащения подразделений районных сервисных служб («Агропромэнерго»). Они включают в себя специализированные мастерские по ремонту энергооборудования на 12.5, 25.5 и 50 тыс. условных ремонтов в год на станции технического обслуживания животноводческого оборудования.

Технические средства четвертого уровня предназначены для оснащения областных подразделений «Агропромэнерго».

Для выполнения задания по п.10 необходимо: выбрать технологическую карту ремонта, оборудование и начертить план базы (или пункта) с нанесением силового оборудования.

Расчет общей площади приближенно может быть произведен в зависимости от объема выполняемых работ в УЕЭ:

$$F=f \cdot Q,$$

где f – удельная норма на 1 УЕЭ ($f=0,1\text{м}^2/\text{УЕЭ}$ при $Q<1000$ УЕЭ и $f=(0,1 \dots 0,075)\text{м}^2/\text{УЕЭ}$ при $Q>1000$ УЕЭ).

Распределение площади между отдельными участками может быть принято следующим:

- участок очистки и разборки электрооборудования – 10%;
- участок ремонта электродвигателей – 30%;
- участок ремонта пускозащитной аппаратуры – 15%;
- участок пропитки и сушки – 10%;
- складское помещение – 15%;
- помещение для персонала – 20%.

Детальная разработка базы технического обслуживания имеется в типовых проектах № 816-122 и № 816-123.

Необходимо помнить, что принятая структура электротехнической службы является определяющим фактором при выборе пункта, поста принимается в соответствии с объемом работ и числом эксплуатационных участков.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица П-1

Допустимая токовая нагрузка проводов с алюминиевыми жилами с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией

Сечение токопроводящей жилы, мм	Ток для проводов, проложенных в одной трубе, А					
	открыто	двух одножильных	трех одножильных	четырёх одножильных	одного двухжильного	одного трехжильного
2,5	24	20	19	19	19	16
4	32	28	28	23	25	21
6	39	36	32	30	31	26
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	7	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105

Таблица П-2

Допустимая токовая нагрузка кабелей с алюминиевыми жилами с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией

Сечение токопроводящей жилы, мм	Ток для кабелей, А				
	одножильных	двухжильных		трехжильных	
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	33	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	13	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175

Примечания:

1. Допустимые длительные токи для кабелей, проложенных в коробах и лотках (пучками), принимаются как для кабелей проложенных в воздухе.
2. Допустимые длительные токи для проводов, расположенных в коробах и лотках (пучками), принимаются как для проводов, расположенных в трубах.

3. Допустимые длительные токи для проводов, проложенных в лотках, при одно-рядной прокладке (не в пучках) принимаются, как для проводов, проложенных в воздухе.
4. При определении количества проводов, прокладываемых в одной трубе (или жил многожильного проводника), нулевой рабочий проводник четырехпроводной системы, а также заземляющие и нулевые защитные проводники в расчете не принимаются.

Таблица П-3

Минимальные кратности допустимых токовых нагрузок на провода и кабели по отношению к номинальным токам или токам срабатывания защитных аппаратов

Значение тока I защитного аппара- та	Кратность допустимых длительных токов, K _з			
	Сети, для которых защита от перегрузки обязательна			Сети, нетре- бующие защиты от пере- грузки
	Проводники с резиновой или полихлор- виниловой изоляцией		Кабели с бумажной изоляцияй	
	Взрыво- и пожароопас- ные помещения, жилые, торговые и т.п.	Невзрыво- и непожаро- опасные ро- мещения промыш- ленных предприятий		
Номинальный ток плавкой вставки предохранителей	1,25	1	1	0,33
Ток срабатывания электромагнитного расцепителя авто- мата	1,25	1	1	0,22
Номинальный ток теплового или комбинированного расцепителя авто- мата без регулято- ра	1	1	1	1
Ток срабатывания теплового расце- пителя с регулято- ром	1	1	0,8	0,66

Таблица П-4

Светильники с лампами накаливания, рекомендуемые для применения в сельском хозяйстве

Тип светильников	Мощность лампы, Вт	Область применения
НСПО-1х100/Д23-01У3 «Астра-1» НСПО-1х200/Д23-07У3 «Астра-3» НПО-18-1х150/Н-06-У4 НПО-18-2х60/Н-08-У4	до 100 150...200 150 2х60	Для помещений с нормальными условиями среды (в сухих и влажных). степень защиты IP23, климатическое исполнение У3
НСПО-1х200/Д53-08У3 «Астра-» ПСХ-60М-У3 ППР-100У3, ППР-200У3	до 200 60 100 и 200	Для помещений с тяжелыми условиями среды (сырых, особо сырых, пыльных)
ППД-100У3, ППД-200У3	100 и 200	Степень защиты IP53, IP60
НСПО-1х200/Д53-03У3 «Астра-12», «Астра-32» НСПО-1х100/Д53-02У3 «Астра-11» ПНП-2х100-У3	150-200 100 2х100	В сырых, пыльных и с химической активной средой в помещениях
СПО-200-1-У1 НСУ-04-200-001-У1 ИСУ-01х2000-К63-01-У1	200 200 2000	Для наружного освещения

Таблица П-5

Значения гамма функции $\Gamma(x)$

Х	$\Gamma(x)$	х	$\Gamma(x)$	Х	$\Gamma(x)$	х	$\Gamma(x)$	Х	$\Gamma(x)$
1.00	1.0000	1.20	0.9182	1.40	0.8873	1.60	0.8935	1.80	0.9374
1.01	0.9943	1.21	0.9156	1.41	0.8868	1.61	0.8947	1.81	0.9341
1.02	0.9888	1.22	0.9131	1.42	0.8864	1.62	0.8959	1.82	0.9369
1.03	0.9836	1.23	0.9108	1.43	0.8860	1.63	0.8972	1.83	0.9397
1.04	0.9784	1.14	0.9085	1.44	0.8853	1.64	0.8986	1.84	0.9426
1.05	0.9735	1.15	0.9064	1.45	0.8857	1.65	0.9001	1.85	0.9456
1.06	0.9687	1.26	0.9044	1.46	0.8856	1.66	0.9017	1.86	0.9487
1.07	0.9462	1.27	0.9025	1.47	0.8856	1.67	0.9033	1.87	0.9518
1.08	0.9597	1.28	0.9007	1.48	0.8858	1.68	0.905	1.88	0.9551
1.09	0.9555	1.29	0.8990	1.49	0.8860	1.69	0.9068	1.89	0.9584
1.10	0.9514	1.30	0.8975	1.50	0.8862	1.70	0.9086	1.90	0.9618
1.11	0.9474	1.31	0.8960	1.51	0.8866	1.71	0.9106	1.91	0.9652
1.12	0.9436	1.32	0.8946	1.52	0.8870	1.72	0.9126	1.92	0.9688
1.13	0.9399	1.33	0.8934	1.53	0.8876	1.73	0.9147	1.93	0.9724
1.14	0.9364	1.34	0.8922	1.54	0.8882	1.74	0.9168	1.94	0.9761
1.15	0.9330	1.35	0.8912	1.55	0.8889	1.75	0.9191	1.95	0.9799
1.16	0.9298	1.36	0.8902	1.56	0.8896	1.76	0.9214	1.96	0.9837
1.17	0.9267	1.37	0.8893	1.57	0.8905	1.77	0.9238	1.97	0.9877
1.18	0.9237	1.38	0.8885	1.58	0.8914	1.78	0.9262	1.98	0.9917
1.19	0.9209	1.39	0.8879	1.59	0.8924	1.79	0.9288	1.99	0.9958

Примечание. При $x=2\Gamma(2)=1$; при $x>2\Gamma(x)=(x-1)\Gamma(x-1)$;
при $x<1\Gamma(x)=(x+1)/x$.

Таблица П-6

Трудоемкость ТО и ТР электродвигателей

Тип электродвигателя	Частота вращения об/мин	Вид работ	Трудоемкость (чел. -ч) при мощности электродвигателя, кВт					
			до 1,1	до 3	до 5,5	до 11	до 22,5	до 40
С короткозамкнутым ротором	Все частоты	ТО	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7
С фазным ротором	Все частоты	ТО	-	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8
С короткозамкнутым ротором	750	ТР	4,1	4,6	5,1	5,8	6,6	8,1
	1000	ТР	4,0	4,4	5,0	5,6	6,3	7,7
	1500	ТР	3,9	4,3	4,8	5,4	6,0	7,4
	3000	ТР	3,7	4,1	4,5	5,1	5,6	7,0
С фазным ротором	750	ТР	-	5,5	6,1	7,1	8,0	10,0
	1000	ТР	-	5,2	5,8	6,7	7,6	9,4
	1500	ТР	-	5,0	5,5	6,4	7,1	8,9
	3000	ТР	-	4,7	5,2	5,9	6,6	8,2

Примечание. Трудоемкость То и ТР электродвигателей, установленных в труднодоступных местах, увеличивать в 2 раза.

таблица П-7

Трудоемкость ТР и То светотехнического оборудования

Наименование светотехнического оборудования	Характер помещения	Трудоемкость чел, -ч	
		ТО	ТР
Светильники с лампами	Сухие и влажные	0,10	0,25
	Сырые, особо сырые, с химически активной средой	0,15	0,40
Светильники с газоразрядными лампами	Сухие и влажные	0,13	0,30
	Сырые, особо сырые, с химически активной средой	0,20	0,50

Таблица П-8

Трудоемкости технического обслуживания (ТО), текущего (ТР) и капитального (КР) ремонта электропроводок в расчете на 1000м протяженности

Электропроводки	Сечение мм ²	Вид про- кладки	Трудоемкость, чел.-ч		
			ТО	ТР	КР
Кабели АВРГ, АНРГ, АВВГ, АПВГ и др.	2,5	на скобах	13	195	812
	6	на скобах	14	210	875
	10	на скобах	14,4	216	900
Кабели АВРГ, АНРГ, АВВГ, АПВГ и др.	2,5	на тросу	4,2	66	262
	6	на тросу	4,6	69	287
	10	на тросу	5	75	312
Провода тросо- вые АВТВ, АРТ	16	на тросу	4,5	45	187
Провода одно- жильные или многожильные в общей оплетке	2,5	в стальных трубах	1,2	18	75
	6		1,4	21	87
	10...16		1,8	27	112
	35		2,6	39	162
Провода одно- жильные	2,5	в стальных трубах в 2 линии	1,7	25,6	106
	6		2	30	125
	10...16		3,2	48	200
	35		3,8	57	237
	2,5	в стальных трубах в 3 линии	2,2	33	137
	6		2,6	39	162
	10...16		3,8	57	237
	35		4,8	72	300
Провода для ос- ветительной сети АППВ, АПВ, АПн	2,5	открытая	4,8	72	300
	6	открытая	5,2	78	325
	2,5	скрытая	3,6	54	225
	6	скрытая	4	60	250

Периодичность То и ТР электрооборудования

Электрооборудование	Место размещения электрооборудования	Периодичность в месяцах	
		ТО	ТР
Электродвигатели серии 4А	Во всех помещениях, кроме доильных залов и молочных отделений	3	24
	Доильные залы и молочные отделения ферм	2	18
	На открытом воздухе или под навесом	1,5	24
Пускозащитная аппаратура	В сухих и влажных помещениях	3	24
	В сырых и пыльных помещениях	2	18
	В особо сырых с химически активной средой, на открытом воздухе или под навесом	1	12
Светильники	В сухих и влажных помещениях	6	24
	В сырых, особо сырых с химически активной средой помещений	3	12
Силовые сборки и щитки освещения	В сухих, влажных, пыльных и сырых помещениях	3	24
	В особо сырых с химически активной средой помещений	1,5	12

Примечания:

1. Для электродвигателей с фазным ротором приведены периодичности следует уменьшить на 1/3
2. В таблице даны периодичности текущих ремонтов (ТР) при использовании электродвигателей от 8 до 16 ч в сутки. При использовании электродвигателей до 8 ч в сутки приведенную периодичность для различных видов оборудования следует умножить на 1,7; а при использовании более 16 ч в сутки – на 0,75.

Таблица П-10

Периодичность ТО, ТР и КР электропроводок

Характеристика электропроводки	Характер помещений	Периодичность, месяцы		
		ТО	ТР	КР
Электропроводка, выполненная кабелем в трубах, коробах, лотках по стенам, фермам и т.п.	Сухие и влажные	6	24	180
	Сырые и пыльные	6	24	120
	Особо сырые и с химически активной средой	4	18	96
Электропроводка, выполненная изолированными проводами в трубах, коробах, лотках по стенам, фермам и т.п.	Сухие и влажные	4	18	96
	Сырые и пыльные	4	18	60
	Особо сырые и с химически активной средой	3	12	42
Скрытая проводка сети освещения	Все виды помещений	6	24	120

Таблица П-11

Трудоемкость ТО и ТР ИЗА, силовых сборок и осветительных щитков

Электрооборудование		Трудоемкость, чел.-ч	
1		2	3
Силовые сборки с вводным рубильником и числом групп	4...8	ТО 0,36...0,6	ТР 5,4...9,0
	10	0,70	10,50
	12	0,80	12,00
Щитки осветительные с числом групп	2...10	0,2...0,52	3...7,8
	12...16	0,6...0,76	9...11,4
Автоматические выключатели трехполюсные с номинальным током, А	до 50	0,25	1,75
	100	0,30	2,00
	200	0,35	2,50
	600	0,35	2,50
Контакторы		0,40	2,50
Магнитные пускатели с номинальным током, А:	до 3	0,21	1,36
	до 10	0,26	1,51
	25	0,28	1,58
	50	0,30	1,81
	100	0,30	2,10
	150	1,35	2,10
Тепловые реле без проверки настройки:			
	однополюсные	0,18	0,50
	двухполюсные	0,20	0,65

трехполюсные	0,25	0,85
Тепловые реле с проверкой настройки:		
однополюсные	0,85	1,20
двухполюсные	1,10	1,65
трехполюсные	1,40	1,90

Примечание. если нет специальных оговорок, то проверка настройки тепловых реле при То не осуществляется, а осуществляется эта специальная операция только при ТР.

Таблица П-12

Рекомендуемая численность ИТР электротехнической (теплотехнической) службы

Трудоемкость обслуживания, усл.ед.	Инженерно-технические работники			
	Всего	Ведущие инженеры	Инженеры	Техники
до 750	1	-	-	1
751-1250	1	-	1	-
1251-1750	2	-	1	1
1751-2500	2	1	1	-
2501-3250	3	1	1	1
3251-3500	3	1	2	-
3501-4500	4	1	2	1
4501-5000	4	2	2	-
5001-6000	5	2	2	1

Таблица П-13

Специализированные стационарные технические средства для обслуживания энергетического оборудования в хозяйствах

Основные характеристики	ПТОРЭ		Пост электрика		
	1	2	1	2	3
Типовой проект	816-1-19 816-1-20	816-1-17 816-1-18			
Годовая трудоемкость выполненных работ, тыс. чел.-ч	20,2	10,1	до 2	до 4	до 6
Объем выполняемых работ в условиях ремонта за год	4200	2100			
Размеры здания, м	12x24	12x18	-	-	4,4x6
Площадь помещений (участков), м ² :					
общая	317	237	15	18,5	26,5
окраски, пропитки и сушки					

оборудования;	29	26,5			
ремонтно-монтажного;	67,5	53,5			
бокса для стоянки спецавто-					
мобиля;	54	49,5			
проверки приборов и средств					
автоматизации;	35,5	17,5			
склада;	35	16,5			
бытовых помещений	52,5	46,5			
Численность работающих, чел. в	14	7			
том числе рабочих	12	5			
Применяется в хозяйстве с парком	от 1500	от 800	до 200	до 400	до 600
электрооборудования, усл. ед.	до 3000	до 1500			

Таблица П-14

Технические данные конденсаторов КМ, КС, КСО

Тип конденсатора	U _{ном} , кВ	Q _{ном} , кВар	C _{ном} , мкФ	I _{ном} , А
КМ1-0,22-4,5-3У3(1У3)	0,22	4,5	296	20,5
КМ2-0,22-9-3У3(1У3)	0,22	9	592	40,4
КС2-0,22-12-3У3(1У3)	0,22	12	790	54,6
КС1-0,22-16-3У3(1У3)	0,22	16	1052	72,7
КСО-0,38-12,5-3У3(1У3)	0,38	12,5	276	32,9
КМ1-0,38-13-3У3(1У3)	0,38	13	286	34,1
КС1-0,38-14-3У3(1У3)	0,38	14	309	36,9
КС1-0,38-16-3У3(1У3)	0,38	16	353	42,1
КС1-0,38-20-3У3(1У3)	0,38	20	441	52,6
КС2-0,38-28-3У3(1У3)	0,38	28	618	73,7
КС2-0,38-40-3У3(1У3)	0,38	40	882	105,7

Таблица П-15

Технические данные конденсаторов МБГО, МБГЧ, МБГП

Тип конденсатора	U _{ном} , В	C _{ном} , мкФ
МБГО	400	1;2;4;10;20
	500	0,5; 1; 2; 4; 10; 20
	630	0,25; 0,5; 1; 2; 4; 10; 20
МБГЧ	500	0,25; 0,5; 1; 2; 4; 10
	750	0,25; 0,5; 1; 2; 4
МБГП	200	0,5; 1; 2; 4; 10; 20
	400	0,25; 0,5; 1; 2; 4; 10
	630	0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 10

Примечание. Рабочее напряжение для конденсаторов указано для постоянного тока.

Перечень оборудования, приборов и инструмента поста электрика

Оборудование и приборы	Тип, марка	Количество		
		Варианты		
		1	2	3
	Оборудование			
Настольно-сверлильный станок	НС-12А	1	1	1
Точильно-шлифовальный	ЗБ631А	1	1	1
Верстак слесарный металлический				
Шкаф для приборов, инструмента и документации	ОРГ-1468	1	1	2
Шкаф для хранения материалов		1	1	2
Ванночка для промывки деталей		1	1	1
Компрессор диафрагменный (или пылесос)	400x300x200	1	1	1
Стеллаж	СО-45А	1	1	5
Стенд 1ЗУН-1		1	2	2
		-	-	1
	Приборы			
Прибор комбинированный		1	2	3
Мегомметр		1	1	1
Тахометр		1	1	2
Люксметр		1	1	1
Измеритель сопротивления заземления		-	-	1
Фазоуказатель		1	2	3
Индикатор напряжения		1	2	3
Клещи электроизмерительные		1	1	2
	Инструменты			
Комплект монтерского инструмента	ПИМ-4905 или ПИМ-1424	1	2	3
Электрическая дрель	ИЭ-1013	1	1	1
Электропаяльник	ПСН-65	1	1	2
Тиски поворотные		1	1	2
Напильник (комплект)		1	1	2
Набор инструмента для нарезания метрической резьбы (комплект)		1	1	2
Щетка металлическая	О 3.3, 3.5, 4.2,	1	1	2
Краскораспылитель	5, 5.6, 7.8, 8.5	-	-	1
Набор сверл (комплект)	9,10			
	ШЦ-1-125-0,1	1	1	2
Штангенциркуль		1	1	2

Монтерские когти (пар)		1	1	1
Предохранительный пояс		1	1	1
Перчатки резиновые диэлектрические (пар)		1	2	3
Коврики резиновые (штук)		2	4	6
Комплект защитных средств и набор плакатов по ТБ		1	1	1

Список литературы

1. Ерошенко Г.П., Медведко Ю.А., Таранов М.А. Эксплуатация энергооборудования с.-х. предприятий. Ростов-на-Дону: «Терра». 2001.
2. Ерошенко Г.П., Пястолов А.А. Курсовое и дипломное проектирование по эксплуатации электрооборудования. М.: ВО «Агропромиздат». 1988.
3. Карпов Ф.Ф. Как выбрать сечение проводов и кабелей. М.: Энергия. 1973.
4. Кравчик Л.Э. Асинхронные электродвигатели серии 4А: Справочник. М.: Энергоиздат, 1982.
5. Медведев А.А., Суворов С.А., Кабдин Н.Е. Методические разработки для выполнения курсовых и дипломных проектов. М.: МИИСП, 1992
6. Медведев А.А. Выбор и эксплуатация аппаратов защиты и управления электроприводами: учебное пособие. М: МГАУ, 1996.
7. Организация эксплуатации энергетического оборудования в сельском хозяйстве. М.: Колос, 1981.
8. Пястолов А.А., Ерошенко Г.П.. Эксплуатация электрооборудования. М.: Агропромиздат, 1990.
9. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) М.: Агропромиздат. 1986.
10. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Энергоатомиздат, 1986
11. Сырых Н.Н. Эксплуатация сельских электроустановок. М.: Агропромиздат.1986.
12. Сырых Н.Н., Некрасов А.И., Медведев А.А. Методические рекомендации по определению потребности в электродвигателях для скользящего резервирования электроприводов. М.: ВИЭСХ, 1992.
13. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования с.-х. предприятий. М.: Агропромиздат. 1987.
14. Таран В.П. Диагностирование электрооборудования. Киев: Техника. 1983
15. Таран В.П. Техническое обслуживание электрооборудования в сельском хозяйстве. М.: Колос, 1975.
16. Торопцев Н.Д. Трехфазный асинхронный двигатель в схеме однофазного включения с конденсатором. М.: Энергия, 1979.