

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

КАФЕДРА ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ

К 50-летию агроэнергетического факультета

ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

*Методические указания по выполнению курсовой
работы для студентов специальности 1-74 06 05 «Энергетическое
обеспечение сельскохозяйственного производства»*

Минск – 2007

УДК 631.371:621.31(07)
ББК 40.7я7
Д 44

Методические указания по выполнению курсовой работы «Диагностика электрооборудования» для студентов специальности 1-74 06 05 «Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства» рассмотрены на заседании методической комиссии агроэнергетического факультета и рекомендованы к изданию на ротапринте БГАТУ.

Протокол № от 2007 г.

Составитель: д. т. н. Русан В.И.

Рецензенты: к. т. н. Пашинский В

СОДЕРЖАНИЕ

1	Цель и задачи курсовой работы	4
2	Состав и содержание курсовой работы	5
3	Указания по выполнению курсовой работы	8
3.1	Определение текущих эксплуатационных (диагностических) параметров	9
3.2	Определение ресурса элементов электрооборудования	9
3.3	Расчет оптимальной периодичности профилактических мероприятий	13
3.4	Расчет годовых затрат на эксплуатацию	14
3.5	Профилактические испытания электрооборудования	17
3.6	Определение ущерба от перерывов в электроснабжении и отказов электрооборудования	24
3.7	Разработка диагностического устройства	25
3.8	Расчет ориентировочной стоимости диагностического устройства	30
3.9	Выбор инструментов и приспособлений для диагностического устройства	30
3.10	Выводы	30
	Литература	31
	Приложение 1	32
	Приложение 2	34
	Приложение 3	35
	Приложение 4	36
	Приложение 5	37
	Приложение 6	38

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Целью курсовой работы является закрепление теоретических знаний по методам и средствам диагностирования отдельных видов электрооборудования, изучение методики проектирования диагностических устройств, принципов, способов и систем организации диагностирования.

Задачи курсовой работы:

1. Определение текущих эксплуатационных параметров.
2. Определение ресурса элементов электрооборудования.
3. Расчет оптимальной периодичности профилактических мероприятий.
4. Расчет годовых затрат на эксплуатацию.
5. Расчет снижения ущерба от отказов электрооборудования за счет диагностирования.
6. Разработка диагностического устройства.
7. Расчет ориентировочной стоимости диагностического устройства.
8. Выбор инструментов и приспособлений для диагностирования.
9. Профилактические испытания электрооборудования.

Изучение диагностики электрооборудования является важным элементом профессиональной подготовки инженера-электрика. Знание методов и средств, систем, способов и методик диагностирования позволяет с высокой точностью определять техническое состояние оборудования. Благодаря этому снижаются затраты на эксплуатацию электрооборудования, повышается его надёжность, сокращаются простои оборудования и ущерб от отказов, полнее используется ресурс электрооборудования.

Выполнение курсовой работы по данной дисциплине позволяет на практике ознакомиться с методами и системами диагностирования конкретных видов электрооборудования, принципами их выбора и применения. Кроме того, в процессе выполнения работы осваивается методика проектирования диагностических устройств и основные принципы организации диагностирования электрооборудования.

2 СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Пояснительная записка в объеме 15–20 страниц должна быть изложена литературным языком, грамотно, с использованием общепринятых технических терминов и сокращений.

Записка оформляется на листах стандартного размера А4 с одной стороны листа. Величина поля с левой стороны листа должна быть не менее 20 мм, поля с остальных сторон листа – не менее 10 мм. Оформление пояснительной записки (формул, таблиц, рисунков) должно соответствовать стандарту предприятия СТП БГАТУ 01.12.06.

Содержание расчетно-пояснительной записки.

1. Титульный лист.
 2. Задание на курсовую работу.
 3. Аннотация.
 4. Содержание.
 5. Введение.
 6. Определение текущих эксплуатационных параметров.
 7. Определение ресурса элементов электрооборудования.
 8. Расчет оптимальной периодичности профилактических мероприятий.
 9. Расчет годовых затрат на эксплуатацию.
 10. Разработка диагностического устройства.
 11. Расчет ориентировочной стоимости диагностического устройства.
 12. Выбор инструментов и приспособлений для диагностирования.
 13. Расчет снижения ущерба от отказов электрооборудования за счет диагностирования.
 14. Выводы.
- Литература.

Графическая часть проекта выполняется на листе формата А2 и включает конструкцию диагностического устройства, его принципиальную электрическую схему и перечень элементов схемы. Исходные данные для выполнения курсовой работы приведены в таблицах 1–3.

Таблица 1 – Исходные данные

Начальная буква фамилии студента	Вид оборудования
А, Б	Асинхронные двигатели единых серий
В, Г, Д	Погружные электродвигатели
Е, Ж, З	Светильники с лампами накаливания
И, К	Автоматические выключатели
Л, М	Элементные водонагреватели
Н, О	Электропроводки
П, Р	Электрокалориферы
С, Т, У, Ф	Асинхронные двигатели единых серий
Х, Ц, Ч, Ш, Щ	Магнитные пускатели
Э, Ю, Я	Светильники с люминесцентными лампами

Последняя цифра номера зачетной книжки	Объект*	Наработка, ч
0	коровник	1000
1	мастерская	1500
2	сенохранилище	2000
3	зернохранилище	2500
4	картофелехранилище	3000
5	комплектная зерносушилка	3500
6	агрегат для приготовления витаминной муки	1800
7	лесообработка	2300
8	подсобное производство	2800
9	культурно-бытовые учреждения	3100

Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Относительный ущерб y^*	0,1	0	0,2	0,5	1	1,5	1,7	0,6	1,1	0,3
Отношение затрат Z_n/Z_p	1/1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/1	1/8	1/10	1/6	1/2
Показатель эффективности профилактики, a	0,5	1	1,5	1,5	1	0,5	0,5	1	1,5	0,5

Примечание – * Для погружных электродвигателей не выбирается.

Таблица 2 – Коэффициенты, характеризующие условия среды при расчёте старения изоляции

Характер среды	m	c	n	η
Сухие и влажные помещения	1	0	1,5	0,7
Сырые и особо сырые помещения	1	0	1,5	1
Особо сырые помещения с химически активной средой	1,98	0,2	1,5	1
Наружные установки	1	0	2	1

Таблица 3 – Закономерности изменения параметров диагностирования

Вид оборудования	Диагностические параметры	Аналитическая зависимость	Примечание
Асинхронные двигатели единых серий	Сопротивление изоляции, $R_{и}$	$R_{и} = R_{0} \cdot e^{\left(\frac{1-x}{\Theta_{н}} - \frac{1-xk^2}{\Theta} \right) \cdot t \cdot m^c n^n}$	$R_0 = R_{ин}$ (табл. 5); $\Theta = 390$ К (для пыльных помещений – 413 К); $B = 10200$; $x = 0,034$; $k = 1,05$; $\Theta_H = 403$ К. Остальные данные – табл. 2.
	Радиальный зазор подшипников, a	$a = a_0 + kt$	$a_0 = a_n$ (табл. 5) $k = 2 \times 10^{-6}$ (для помещений) $k = 4 \times 10^{-6}$ (для лесопереработки)
	Сопротивление контактов, R_k	$R_k = R_0(a_2 + ct^\gamma)$	$R_0 = R_{кн}$ (табл. 5) $a_2 = 1$; $c = 0,018$; $\gamma = 0,5$
Погружные электродвигатели	Радиальный зазор, a	Аналогично АД единых серий	$a_0 = a_n$ (табл. 5) $k = 10^{-5}$
	Сопротивление контактов, R_k	Аналогично АД единых серий	$a_2 = 1$; $c = 0,018$; $\gamma = 0,5$
	Ток утечки изоляции, I_y	$I_y = I_{y0} + \alpha_1 t$	$\alpha_1 = 0,0126$ $I_{y0} = I_{yn}$ (табл. 5)
	Тангенс угла диэлектрических потерь, $tg\delta$	$tg\delta = tg\delta_0 + \alpha_2 t$	$tg\delta_0 = tg\delta_n$ (табл. 5) $\alpha_2 = 0,001$
Светильники	Сопротивление изоляции, $R_{и}$	Аналогично АД единых серий	$R_0 = R_{ин}$ (табл. 5); $B = 10200$; $x = 0$; $\Theta_H = \Theta$. Остальные данные – по табл. 2.
	Световой поток, Φ	$\Phi = \Phi_0(\gamma + \beta e^{-t/t_c})$	$t_c = 15000$ ч; $\Phi_0 = \Phi_n$ (табл. 5) $\gamma = 0,725$; $\beta = 0,275$ (для слабозапыленных помещений); $\gamma = \beta = 0,5$ (для среднезапыленных помещений); $\gamma = 0,167$; $\beta = 0,833$ (для сильнозапыленных помещений)
	Сопротивление контактов, R_k	Аналогично АД единых серий	$a_2 = 1$ $c = 0,013$; $\gamma = 0,5$
Автоматические выключатели и магнитные пускатели	Сопротивление изоляции, $R_{и}$	Аналогично АД единых серий	$R_0 = R_{ин}$ (табл. 5); $B = 10200$; $x = 0$; Остальные данные – по табл. 2.
	Сопротивление контактов, R_k	Аналогично АД единых серий	$a_2 = 1$ $c = 0,02$; $\gamma = 0,5$
	Провал контактов, v	$v = v_0 + \alpha_3 t$	$v_0 = v_n$ (табл. 5) $\alpha_3 = -0,00015$

Продолжение таблицы 3

Электроводо-нагреватели (электрокалориферы)	Сопротивление изоляции, $R_{и}$	Аналогично АД еди-ных серий	$R_o = R_{ин}$ (табл. 5); $B= 10200$; $x=0$; Остальные данные – по табл. 2.
	Сопротивление кон-тактов, R_k	Аналогично АД еди-ных серий	$a_2=1$ $c= 0,02$; $\gamma=0,5$
	Сопротивление спи-рали, $R_{п}$	$R_{п}=R_{и}(1+\alpha_4 t)$	$\alpha_4 = 0,00001$ $R_{и}$ – см. табл. 5
Электропро-водка	Сопротивление изоляции, $R_{и}$	Аналогично АД еди-ных серий	$R_o = R_{ин}$ (табл. 5); $B= 10200$; $x=0$; Остальные данные – по табл. 2.
	Сопротивление кон-тактов, R_k	Аналогично АД еди-ных серий	$a_2=1$ $c= 0,02$; $\gamma=0,5$

3 УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Выбор исходных данных для выполнения работы производится по начальной букве фамилии и двум последним цифрам номера зачетной книжки студента с использованием таблицы 1 настоящих методических указаний. Например, студент Иванов И.И., у которого две последние цифры номера зачётной книжки 01, выполняет расчёты для автоматических выключателей, установленных в мастерской. Величина наработки – 1500 ч, относительный ущерб $y^x = 0,1$; отношение затрат $Z_{п} / Z_{р} = 1/1$.

Оформление *титального листа* и задания на курсовую работу должно соответствовать форме, приведенной в приложении 2.

Аннотация проекта (объемом 1 стр.) должна содержать сведения о количестве листов пояснительной записки; рисунков, таблиц, графиков в составе записки, а также сведения о графической части проекта (объем и содержание).

Введение (объемом 1–2 стр.) содержит общие сведения о состоянии электрификации сельского хозяйства, о целях и задачах диагностирования, особенностях и значении диагностирования сельскохозяйственного оборудова- ния. Кроме того, в этом разделе необходимо отметить условия эксплуата- ции заданного электрооборудования (особенности окружающей среды, ре- жим работы, особенности управлением оборудования и т.д.)

3.1 Определение текущих эксплуатационных (диагностических) параметров

При выполнении данного раздела необходимо использовать результаты диагностирования заданного электрооборудования (таблица 1) и закономерности процессов физического износа (таблицы 2, 3). В соответствии с заданием на проектирование необходимо определить значения эксплуатационных параметров при заданной наработке электрооборудования. Полученные результаты необходимо представить по форме таблицы 4.

Таблица 4 – Результаты расчета диагностических параметров

Наименование параметра	Сопротивление изоляции, $R_{и}$	Сопротивление контактов, $R_{к}$
Единицы измерения	Ом	Ом
Численное значение параметра
Наработка по данному параметру

В данной таблице приводятся только диагностические параметры для заданного электрооборудования (электродвигатели, светильники, пускозащитная аппаратура и т. д.).

3.2 Определение ресурса элементов электрооборудования

Определение ресурса элементов электрооборудования производится различными методами прогнозирования. В курсовой работе следует использовать методы линейного прогнозирования (если зависимость диагностического параметра от времени – линейная) и многоступенчатого линейного прогнозирования (если зависимость параметра от времени нелинейная).

Для применения *метода линейного прогнозирования* необходимо иметь данные о наработке объекта с начала эксплуатации до момента диагностирования, а также о предельном и начальном значениях диагностического параметра.

Остаточный ресурс объекта диагностирования вычисляем по формуле:

$$t_{\text{ост}} = t \frac{K_{\text{ост}}}{1 - K_{\text{ост}}}, \quad (1)$$

где t – наработка от начала эксплуатации, ч;

$K_{\text{ост}}$ – коэффициент остаточного ресурса.

Если диагностический параметр увеличивается в процессе эксплуатации, то

$$K_{\text{ост}} = \frac{\Pi_{\text{п}} - \Pi_{\text{и}}}{\Pi_{\text{п}} - \Pi_{\text{н}}}. \quad (2)$$

Если параметр уменьшается

$$K_{\text{ост}} = \frac{\Pi_{\text{и}} - \Pi_{\text{п}}}{\Pi_{\text{н}} - \Pi_{\text{п}}}, \quad (3)$$

где $\Pi_{\text{п}}$, $\Pi_{\text{и}}$, $\Pi_{\text{н}}$ – соответственно предельное, измеренное и начальное значения параметра.

Метод многоступенчатого линейного прогнозирования базируется на данных измерений, проводимых при систематических диагностированиях через определенные промежутки времени. Метод позволяет определить гарантированный ресурс безотказной работы элементов электрооборудования:

$$t_{\text{гар}} = \frac{\Pi_{\text{п}} - \Pi_{\text{н}}}{\Pi_{\text{и}} - \Pi_{\text{и-1}}} t_o \kappa_o, \quad (4)$$

где $\Pi_{\text{и-1}}$ – измеренная величина параметра при предыдущем диагностировании;

t_o – период между данным и предыдущим диагностированием (принимается 20 % от наработки объекта);

κ_o – корректирующий коэффициент.

Величина корректирующего коэффициента принимается в зависимости от характера изменения диагностического параметра во времени (рисунок 1). Если параметр изменяется по увеличивающейся криволинейной зависимости с убывающей интенсивностью (рисунок 1, а), то величина $\kappa_o = 1$. Если параметр изменяется по увеличивающейся криволинейной зависимости с возраст-

тающей интенсивностью $\kappa_0 = \Pi_{и-1}/\Pi_{и}$ (рисунок 1, б). В случае уменьшения диагностического параметра с возрастающей интенсивностью (рисунок 1, в).

$$K_o = \frac{\Pi_{н} + \Pi_{п} - \Pi_{и-1}}{\Pi_{н}} \quad (5)$$

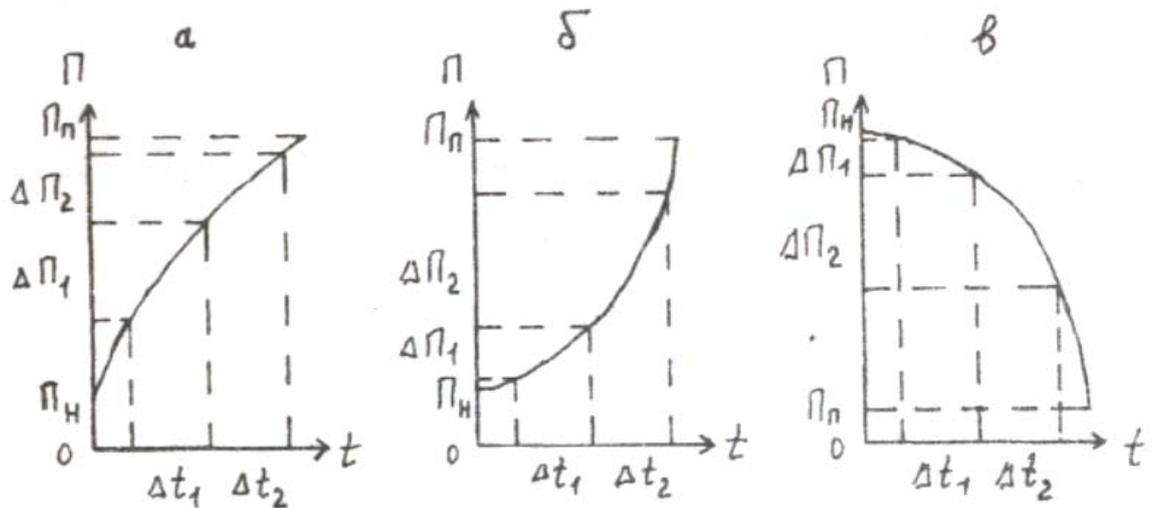


Рисунок 1 – Возможный характер изменения диагностического параметра во времени (Π – любой диагностический параметр, например, сопротивление изоляции, световой поток и т. д.)

Каждый элемент электрооборудования (изоляция, контакты, источник света, подшипники и т.п.) можно характеризовать одним диагностическим параметром, который определенным образом изменяется во времени. Следовательно, ресурс необходимо вычислять для каждого элемента в отдельности, используя изложенные методы прогнозирования. Применение того или иного метода должно быть обосновано в работе. Величина предельных и начальных значений диагностических параметров принимается по таблице 5. Измеренные значения параметров при данном диагностировании принимаются по таблице 4; значение при предыдущем диагностировании определяются по формулам таблицы 3 при наработке, меньшей заданной на величину t_0 .

В работе должны быть приведены приближенные зависимости диагностических параметров от времени и обоснование принятого корректирующего коэффициента.

Для изоляции погружных электродвигателей время безотказной работы определяется по графикам приложения 2 на основании ее тока утечки I_y или тангенса угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ (таблица 4).

Таблица 5 – Предельные и начальные значения диагностических параметров

Элемент оборудования Оборудование	Изоляция	Контакты	Подшипники	Источник света	Нагревательный элемент
1. Электродвигатели асинхронные единых серий	$R_{инн} = 10 \text{ МОм}$ $R_{ипп} = 0,5 \text{ МОм}$	$R_{кнн} = 100 \text{ мкОм}$ $R_{кпп} = 1,8 R_{кнн}$	$a_n = 0,01 \text{ мм}$ $a_{пн} = 0,04 \text{ мм}$	-	-
2. Погружные электродвигатели	$\text{tg}\delta_n = 5 \%$; $\text{tg}\delta_{пн} = 9 \%$ $I_{yn} = 6 \text{ мкА}$; $I_{yпн} = 40 \text{ мкА}$	$R_{кнн} = 150 \text{ мкОм}$ $R_{кпп} = 1,8 R_{кнн}$	$a_n = 0,02 \text{ мм}$ $a_{пн} = 0,07 \text{ мм}$	-	-
3. Светильники	$R_{инн} = 10 \text{ МОм}$ $R_{ипп} = 0,5 \text{ МОм}$	$R_{кнн} = 200 \text{ мкОм}$ $R_{кпп} = 1,8 R_{кнн}$	-	$\Phi_n = 1450 \text{ л м}$ (лампы накаливания); $\Phi_{пн} = 3000 \text{ л м}$ (люминесцентные лампы); $\Phi_{пн} = 0,8 \Phi_n$	-
4. Пускозащитная аппаратура	$R_{инн} = 10 \text{ МОм}$ $R_{ипп} = 0,5 \text{ МОм}$	$R_{кнн} = 200 \text{ мкОм}$, $B_n = 2 \text{ мм}$ (автом. выкл.) $R_{кнн} = 250 \text{ мкОм}$, $B_n = 2,5 \text{ мм}$ (магн. пуск.) $R_{кпп} = 1,8 R_{кпп}$, $B_{пн} = 0,5 \text{ мм}$.	-	-	-
5. Элементные водонагреватели	$R_{инн} = 10 \text{ МОм}$ $R_{ипп} = 0,5 \text{ МОм}$	$R_{кнн} = 350 \text{ мкОм}$ $R_{кпп} = 1,8 R_{кнн}$	-	-	$R_n = 100 \text{ Ом}$ $R_{пн} = 1,2 R_n$
6. Электропроводки	$R_{инн} = 10 \text{ МОм}$ $R_{ипп} = 0,5 \text{ МОм}$	$R_{кнн} = 200 \text{ мкОм}$ $R_{кпп} = 1,8 R_{кнн}$	-	-	-
7. Электрокалориферы	$R_{инн} = 10 \text{ МОм}$ $R_{ипп} = 0,5 \text{ МОм}$	$R_{кнн} = 350 \text{ мкОм}$ $R_{кпп} = 1,8 R_{кнн}$	-	-	$R_n = 120 \text{ Ом}$ $R_{пн} = 1,2 R_n$

3.3 Расчет оптимальной периодичности профилактических мероприятий

Оптимальная периодичность профилактических мероприятий определяется по минимуму удельных затрат, ч.

$$T_0 = 1+a \sqrt{\frac{Z_{\text{п}}}{a\lambda Z_{\text{р}}(1+y^x)}} \quad (6)$$

где $Z_{\text{п}}$, $Z_{\text{р}}$ – затраты на профилактику и капитальный ремонт (таблица 1);

y^x – технологический ущерб из-за отказа в долях от $Z_{\text{р}}$ (таблица 1);

a – показатель эффективности профилактик (таблица 1);

λ – интенсивность отказов оборудования.

В курсовой работе интенсивность отказов оборудования определяется суммированием интенсивностей отказов отдельных его элементов λ_i :

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (7)$$

где n – число элементов электрооборудования.

Интенсивность отказов i -го элемента

$$\lambda_i = \frac{1}{t_{ci}}, \quad (8)$$

где t_{ci} – срок службы i -го элемента оборудования, ч.

Срок службы определяется суммированием наработки элемента (таблица 4) и остаточного ресурса (гарантированного ресурса) – см. раздел 3.2.

$$t_{ci} = t_i + t_{\text{ост.}i}$$

или

$$t_{ci} = t_i + t_{\text{гар.}i} \quad (9)$$

3.4 Расчет годовых затрат на эксплуатацию

При планировании работ по техническому обслуживанию, диагностированию, текущему и капитальному ремонту электрооборудования колхозов, совхозов или других сельскохозяйственных предприятий определяют объемы видов ремонтных работ, годовую трудоемкость, численность обслуживающего персонала (электромонтеров и инженерно-технических работников), количество необходимых материалов и запасных частей, а также стоимость работ.

Основным документом, по которому организуется эксплуатация электротехнического оборудования, является годовой план технического обслуживания, диагностирования и ремонта электрооборудования, который составляется в соответствии с действующей Системой планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования, используемого в сельском хозяйстве.

Годовой объем видов ремонтных работ по эксплуатации электрооборудования хозяйства определяется исходя из периодичности их выполнения.

Для составления годового графика технического обслуживания и диагностирования электрооборудования по форме 1 все электрическое оборудование сельскохозяйственного предприятия, колхоза, совхоза делится на три группы. Это связано с тем, что методика диагностирования (как указывалось раньше) разработана не для всех видов оборудования:

1-я группа – электродвигатели, магнитные пускатели, автоматы, установленные в животноводческих помещениях, ремонтных мастерских, кузницах, помещениях пилорам и др.;

2-я группа – электродвигатели, магнитные пускатели, автоматы, установленные в помещениях, которые не охватывает 1-я группа, а также погружные электродвигатели, генераторы передвижных электростанций, сварочная аппаратура, электрокалориферы, электронагреватели, котлы электродные;

3-я группа – электрооборудование, которого нет в рекомендациях по организации ремонта и технического обслуживания на основе диагностирования.

Годовые затраты труда на обслуживание, диагностирование и ремонт электрического оборудования подсчитываются по группам этого оборудования.

Для 1-й группы расчет выполняется, исходя из годовой программы работ ТО и диагностирования (конкретного хозяйства), суммарная плановая годовая трудоемкость подсчитывается по формуле:

$$\begin{aligned} T_{1гр} = & n_1 (K_{ТО1} t_{1ТО} + K_{Д1} t_{Д1} + t_{ТР1}) + \\ & + n_2 (K_{ТО2} t_{2ТО} + \dots + K_{Д2} t_{Д2} + t_{ТР2}) + \\ & + \dots + n_n (K_{ТОn} t_{nТО} + K_{Дn} t_{Дn} + t_{ТРn}), \end{aligned} \quad (10)$$

где n_1, n_2, \dots, n_n – количество единиц электрооборудования в подгруппе;

$K_{ТО1}, K_{ТО2}, \dots, K_{ТОn}$ – количество ТО единицы подгруппы электрооборудования за год (по графику);

$K_{Д1}, K_{Д2}, \dots, K_{Дn}$ – количество Д единицы подгруппы электрооборудования за год (по графику);

$t_{1ТО}, t_{2ТО}, \dots, t_{nТО}$ – трудоемкость одного ТО единицы подгруппы оборудования, чел.-ч;

$t_{Д1}, t_{Д2}, \dots, t_{Дn}$ – трудоемкость одного Д единицы подгруппы электрооборудования, чел.-ч;

$t_{ТР1}, t_{ТР2}, \dots, t_{ТРn}$ – годовая трудоемкость ТР единиц подгруппы электрооборудования, чел.-ч.

Для 2-й группы электрооборудования расчет выполняется исходя из средней трудоемкости ТО, Д, ТР на год эксплуатации одного электродвигателя, электронагревателя и пр., которые приведены в таблицах 12 и 13.

Суммарная плановая трудоемкость определяется из выражения:

$$\begin{aligned} T_{2гр} = & n_1 (t_{ТО1} + t_{Д1} + t_{ТР1}) + \dots + n_2 (t_{ТО2} + t_{Д2} + t_{ТР2}) + \dots \\ & + n_n (t_{ТОn} + t_{Дn} + t_{ТРn}) \end{aligned} \quad (11)$$

где $t_{ТО1}, t_{ТО2}, t_{ТОn}$ – годовая трудоемкость ТО единиц подгруппы электрооборудования, чел.-ч;

$t_{Д1}, t_{Д2}, t_{Дn}$ – годовая трудоемкость Д единицы подгруппы электрооборудования, чел.-ч.

Для 3-й группы электрооборудования трудоемкости работ приведены в таблицах 16–23.

Суммарная плановая, годовая трудоемкость 3-й группы электрооборудования рассчитывается по формуле

$$T_{3гр} = n_1(K_{ТО1} t_{ТО1} + K_{ТР1} t_{ТР1}) + n_2 (K_{Т2} t_{Т2} + K_{ТР2} t_{ТР2}) + n_n (K_{Тn} t_{Тn} + K_{ТРn} t_{ТРn}), \quad (12)$$

где $K_{ТР1}, K_{ТР2} \dots, K_{ТРn}$ – количество ТР единицы подгруппы электрооборудования за год;

$t_{ТР1}, t_{ТР2}, t_{ТРn}$ – трудоемкость одного ТР единицы подгруппы электрооборудования, чел.-ч.

Суммарная годовая плановая трудоемкость ТО, Д и ТР всех трех групп электрооборудования вычисляется по формуле:

$$T = T_{1гр} + T_{2гр} + T_{3гр}. \quad (13)$$

В условиях конкретного хозяйства расчетные трудоемкости корректируют на основании сравнения расчетных и фактических данных, полученных за годы, предшествующие планируемому. Корректировка заключается в увеличении (уменьшении) объемов работ на процент расхождения расчетных и фактических данных.

В соответствии с рекомендациями [5, 6, 8] необходимо определить годовое количество ТО, ТР и Д для электрооборудования, указанного в здании. В соответствии с методикой, изложенной в [5, 6] следует рассчитать годовые трудозатраты на эксплуатацию единицы электрооборудования (в чел.-ч). Далее определяются годовые затраты на оплату труда электромонтеров, обслуживающих данное оборудование, по формуле:

$$ЗП = C_T T, \quad (14)$$

где C_T – часовая тарифная ставка оплаты труда руб./ч (принимается $C_T = 385$ руб./ч);

T – годовые трудозатраты на эксплуатацию, чел.-ч.

Следует обратить внимание на то, что определение числа профилактических мероприятий необходимо производить с обязательным обоснованием, т.е. указать группу электрооборудования по организации диагностирования, основные особенности организации эксплуатации данной группы (какие работы планируются и т.п.). Также обязательно указание литературных источников, из которых взяты данные для расчета в соответствии с СТП БГАТУ 01.12.06.

3.5 Профилактические испытания электрооборудования

Испытания действующих электроустановок всех потребителей независимо от их ведомственной принадлежности номинальным напряжением до 220 кВ должны производиться в объеме и с периодичностью, указанными в приложении Э1 ПТЭ. При испытании электроустановок номинальным напряжением свыше 220 кВ следует руководствоваться действующими Нормами испытания электрооборудования Минэнерго и инструкциями заводов-изготовителей.

Конкретные сроки испытаний электроустановок определяются ответственным за электрохозяйство лицом на основе норм и ведомственной или местной системы планово-предупредительного ремонта (ППР) в соответствии с типовыми и заводскими инструкциями в зависимости от местных условий и состояния установок.

Для отдельных видов электроустановок, не включенных в нормы, конкретные сроки и нормы испытаний должны устанавливаться лицом, ответственным за электрохозяйство, на основе инструкций заводов-изготовителей и ведомственной или местной системы ППР.

Электрооборудование производства иностранных фирм подлежит испытанию по нормам ПТЭ после истечения гарантийного срока эксплуатации.

Изоляция электрооборудования производства иностранных фирм, которая согласно технической документации испытана напряжением ниже предусмотренного нормами, должна испытываться напряжением, устанавливаемым в каждом отдельном случае с учетом опыта эксплуатации, но не ниже 90 % испытательного напряжения, принятого фирмой, если другие указания поставщика отсутствуют.

Заключение о пригодности электрооборудования к эксплуатации дается не только на основании сравнения результатов испытания с Нормами, но и по совокупности результатов всех проведенных испытаний и осмотров.

Значения параметров, полученные при испытаниях, должны быть сопоставлены с исходными, с результатами измерений параметров однотипного электрооборудования или электрооборудования других фаз, а также с результатами предыдущих испытаний.

Под исходными значениями измеряемых параметров следует понимать значения, указанные в паспортах и протоколах заводских испытаний. При отсутствии таких значений в качестве исходных могут быть приняты значения параметров, полученные при приемосдаточных испытаниях или испытаниях по окончании восстановительного ремонта. Если отсутствуют и эти значения, разрешается за исходные принимать значения, полученные при более раннем испытании.

Электрооборудование и изоляторы на номинальное напряжение, превышающее номинальное напряжение электроустановки, в которой они эксплуатируются, могут испытываться повышенным напряжением по нормам, установленным для класса изоляции данной установки.

При отсутствии необходимой испытательной аппаратуры переменного тока электрооборудование распределительных устройств напряжением до 20 кВ допускается испытывать повышенным выпрямленным напряжением, которое должно быть равно полуторакратному значению испытательного напряжения промышленной частоты.

В нормах (приложение Э1 ПТЭ) приняты следующие условные обозначения видов испытаний:

К – испытания при капитальном ремонте электрооборудования;

Т – испытания при текущем ремонте электрооборудования;

М – межремонтные испытания, т. е. профилактические испытания, не связанные с выводом электрооборудования в ремонт.

Оценка состояния изоляции резервного электрооборудования, а также частей и деталей электрооборудования, находящихся в аварийном резерве, производится по нормам, принятым заводом-изготовителем для выпускаемых изделий.

Испытания электрооборудования должны проводиться по программам (методикам), изложенным в стандартах и технических условиях на испытания и электрические измерения, с соблюдением требований правил техники безопасности.

Результаты испытаний должны фиксироваться в протоколах, которые хранятся вместе с паспортами электрооборудования.

Электрические испытания изоляции электрооборудования и отбор пробы трансформаторного масла из баков аппаратов на химический анализ необходимо, как правило, проводить при температуре изоляции не ниже 5 °С, кроме специально оговоренных в нормах случаев, когда требуется более высокая температура.

Перед проведением испытаний электрооборудования (за исключением вращающихся машин и специально оговоренных в нормах случаев) наружная поверхность его изоляции должна быть очищена от пыли и грязи, кроме тех случаев, когда испытания проводятся методом, не требующим отключения электрооборудования.

При испытании изоляции обмоток вращающихся машин, трансформаторов и реакторов с повышенным напряжением промышленной частоты должна быть испытана поочередно каждая электрически независимая цепь или параллельная ветвь (в последнем случае при наличии полной изоляции

между ветвями); при этом один полюс испытательного устройства соединяется с выводом испытуемой обмотки, а другой – с заземленным корпусом испытываемого электрооборудования, с которым на все время испытаний данной обмотки электрически соединяются все другие обмотки.

Обмотки, соединенные между собой наглухо и не имеющие вывода концов каждой фазы или ветви, должны испытываться относительно корпуса без их разъединения.

При испытаниях электрооборудования повышенным напряжением промышленной частоты к испытательной установке рекомендуется подводить линейное напряжение сети.

Скорость подъема напряжения до $1/3$ испытательного значения может быть произвольной. Далее испытательное напряжение должно подниматься плавно, с такой скоростью, чтобы был возможен визуальный отсчет по измерительным приборам, и по достижении установленного значения поддерживается неизменным в течение всего времени испытания. После требуемой выдержки напряжение плавно снижается до $1/3$ испытательного и отключается.

Под *продолжительностью испытания* подразумевается время приложения полного испытательного напряжения, установленного Нормами.

До и после испытания изоляции повышенным напряжением промышленной частоты или выпрямленным напряжением рекомендуется измерять сопротивление изоляции с помощью *мегаомметра*. За сопротивление изоляции принимается одномоментное значение измеренного сопротивления R_{60} .

Результаты испытания повышенным напряжением считаются удовлетворительными, если при приложении полного испытательного напряжения не наблюдалось скользящих разрядов, толчков тока утечки или нарастания установившегося значения, перебоев или перекрытий и если сопротивление изоляции, измеренное мегаомметром, после испытания осталось прежним.

При измерении параметров изоляции электрооборудования должны учитываться случайные и систематические погрешности, обусловленные погреш-

ностями измерительных приборов и аппаратов, дополнительными емкостями и индуктивными связями между элементами измерительной схемы, воздействием температуры, влиянием внешних электромагнитных и электростатических полей на измерительное устройство, погрешностями метода и т. п.

При измерении тока утечки (тока проводимости) в случае необходимости учитывается пульсация выпрямленного напряжения.

Нормы по тангенсу угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ изоляции электрооборудования и по току проводимости разрядников приведены для измерений, выполненных при температуре оборудования $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тангенс угла диэлектрических потерь основной изоляции измеряется при напряжении 10 кВ у электрооборудования и вводов на номинальное напряжение 10 кВ и выше и при напряжении, равном номинальному, у остального электрооборудования.

Тангенс угла диэлектрических потерь изоляции при сушке трансформатора без масла следует измерять при напряжении не выше 220 кВ . При измерении тангенса угла диэлектрических потерь изоляции электрооборудования следует одновременно определять и ее емкость.

Испытание напряжением 1 кВ промышленной частоты может быть заменено измерением одномоментного значения сопротивления изоляции мегаомметром на напряжение 2500 В . Эта замена не допускается при испытаниях ответственных вращающихся машин и цепей релейной защиты, и электроавтоматики, а также в случаях, оговоренных в соответствующих разделах норм.

При сопоставлении результатов измерения следует учитывать температуру, при которой производились измерения, и вносить поправки в соответствии со специальными указаниями.

При испытании внешней изоляции электрооборудования повышенным напряжением промышленной частоты, проводимом при факторах внешней среды, отличающихся от нормальных (температура воздуха $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, абсолютная влажность 11 г/м^3 , атмосферное давление $101,3\text{ кПа}$, если в стандартах на электрооборудование не приняты другие пределы), значение испытательного

напряжения должно определяться с учетом поправочного коэффициента на условия испытания, регламентируемого соответствующими стандартами.

При проведении нескольких видов испытаний изоляции электрооборудования испытанию повышенным напряжением должны предшествовать тщательный осмотр и оценка ее состояния другими методами. Электрооборудование, забракованное при внешнем осмотре независимо от результатов испытания должно быть заменено или отремонтировано.

Опыт холостого хода силовых трансформаторов производится в начале всех испытаний и измерений до подачи на обмотки трансформатора постоянного тока, т. е. до измерения сопротивления изоляции и сопротивления обмоток постоянному току, прогрева трансформатора постоянным током и т. п.

Температура изоляции электрооборудования определяется следующим образом:

- за температуру изоляции силового трансформатора, не подвергавшегося нагреву, принимается температура верхних слоев масла, измеренная термометром;
- за температуру изоляции силового трансформатора, подвергавшегося нагреву или воздействию солнечной радиации, принимается средняя температура фазы *B* обмотки высшего напряжения, определяемая по ее сопротивлению постоянному току;
- за температуру изоляции электрических машин, находящихся в практически холодном состоянии, принимается температура окружающей среды.
- за температуру изоляции электрических машин, подвергавшихся нагреву, принимается средняя температура обмотки, определяемая по ее сопротивлению постоянному току;
- за температуру изоляции ввода, установленного на масляном выключателе или силовом трансформаторе, не подвергавшихся нагреву, принимается температура окружающей среды или температура масла в баке выключателя или силового трансформатора.

Сроки и нормы профилактических измерений и испытаний приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Сроки и нормы профилактических испытаний

Тип электропроводки и электрооборудования	Указания по измерениям (напряжение мегаомметра, периодичность и другие указания)	Норма сопротивления МОм
Силовые и осветительные проводки; распределительные устройства, щиты; электрические аппараты 0,38–0,66 кВ	1000 В. в сухих помещениях не реже 1 раза в 6 лет. В особо сырых и жарких помещениях, в наружных установках, а также в помещениях с химически активной средой не реже 1 раза в год. Измеряют между любым проводом и землей, а также между двумя любыми проводами при снятых плавких вставках и отключенных электроприемниках.	0,5
Силовые кабельные линии до 1 кВ	2500 В. В стационарных установках не реже 1 раза в 5 лет, а сезонных – перед наступлением сезона.	0,5
Трансформаторы до 35 кВ	2500 В. Периодичность – по местным инструкциям.	не нормируется, но не ниже 70% от предыдущего измерения
Электродвигатели до 0,66 кВ (обмотка статора)	1000 В. Периодичность – по системе ППРЭСх, но для двигателей ответственных механизмов и работающих в тяжелых условиях не реже 1 раза в 2 года.	1,0 – в холодном состоянии; 0,5 при 60 °С
Ручной электроинструмент и переносные светильники	500 В. Периодичность – по системе ППРЭСх, но не реже 1 раза в 6 лет.	0,5

Для асинхронных двигателей проверяют срабатывание максимальной защиты путем измерения полного сопротивления петли «фаза – нуль» с последующим определением тока однофазного короткого замыкания.

В электродных водонагревателях (котлах) измеряют удельное сопротивление воды и добиваются, чтобы оно было в пределах 10–50 Ом·м при 20 °С. Проверяют действие защитной аппаратуры котла.

Для воздушных линий проверяют габаритные размеры, изоляторы, места соединения проводов, степень загнивания деталей деревянных опор и срабатывание защиты линий. Объем и сроки испытаний регламентируют местные инструкции.

Профилактические измерения сопротивления заземляющих устройств проводят в сроки, установленные ППРЭсх, но не реже 1 раза в три года. Для получения надежных результатов измерения рекомендуют проводить в периоды наибольшего удельного сопротивления грунта. Сопротивление повторных заземлителей должно быть не более 30 Ом·м при удельном сопротивлении грунта $\rho \leq 100$ Ом·м (не более $0,3\rho$ при $\rho > 100$ Ом·м), а нейтралей трансформаторов и генераторов – не более 4 Ом при $\rho \leq 100$ Ом·м (не более $0,04\rho$ при $\rho > 100$ Ом·м). Заземлители электрических котельных должны иметь сопротивление не более 4 Ом.

Устройства выравнивания электрических потенциалов ежегодно проверяют на напряжение прикосновения и шага или на целостность проводников, доступных для осмотра.

3.6 Определение ущерба от перерывов в электроснабжении и отказов электрооборудования

Размеры ущерба, причиняемого сельскохозяйственному производству перерывами в подаче электроэнергии или при отказе электрооборудования, определяют с учетом длительности перерыва и простоя, совпадающих по времени с технологическим процессом. Суммарный ущерб складывается из следующих показателей: технологического ущерба (недовыработки продукции), затрат на ремонт оборудования, порчи сырья, гибели животных [13].

Ориентировочная оценка ущерба может быть определена как сумма технологического ущерба и затрат на восстановление преждевременно вышедшего из строя электрооборудования.

Технологический ущерб от недовыпуска продукции по предприятиям и видам технологического процесса (Y_T руб.) определяют по следующей формуле:

$$Y_T = N u_T m \text{ Ц } R, \quad (15)$$

где N – количество голов;

u_T – удельный недовыпуск продукции в 1 час на одну голову.

R – продолжительность простоя сверх допустимой нормы, ч;

m – продуктивность, кг/гол., кг (m^2);

Ц – закупочная цена, руб./кг (л);

Среднее значение ущерба (y_0 руб.) на одно необслуженное животное при отказе электроустановки может быть вычислено по формуле

$$Y_0 = y_0 N, \quad (16)$$

где y_0 – удельный ущерб на одну голову от отказа одной электроустановки, руб.

N – количество голов, гол.

Затраты на ремонт преждевременно отказавшего электрооборудования при ориентировочных расчетах определяют по формуле:

$$Y_3 = 0,6 K_0, \quad (17)$$

где K_0 – первоначальная балансовая стоимость отказавшего электрооборудования, равная сумме его цены по прейскуранту и затрат на монтаж, руб.

Ущерб можно также определить по недоотпущенной электрической энергии, который определяется как произведение средней удельной величины ущерба на количество недоотпущенной энергии.

3.7 Разработка диагностического устройства

В работе необходимо разработать оригинальное или адаптировать существующее устройство для диагностирования электрооборудования, указанного в задании. Устройство должно обеспечивать диагностирование не менее чем по двум параметрам. Предлагаемое устройство должно иметь

обоснование его применения. Для этого в работе должны быть приведены возможные варианты устройств или способы измерения диагностических параметров (например, сопротивления изоляции). Поиск аналогов предлагаемого устройства должен производиться студентом с использованием научно-технической литературы (например [1, 7, 9]), каталогов либо патентной документации. Далее должны быть указаны достоинства и недостатки существующих устройств и способов диагностирования и преимущества предлагаемого устройства. Для разрабатываемого диагностического устройства должна быть разработана принципиальная электрическая схема, выбраны элементы схемы и разработана конструкция устройства. Все перечисленное приводится в графической части проекта.

Принципиальная электрическая схема выполняется с использованием стандартных условных обозначений, применяемые в ней аппараты должны соответствовать назначению устройства диагностирования. Выбор элементов схемы (пускатели, переключатели, измерительные приборы) производится с использованием справочной литературы, каталогов и др. [10]. При использовании приборов и аппаратов, не выпускаемых серийно, необходимо привести их технические данные с обязательным указанием источника информации. При использовании в схеме электронных приборов рекомендуется также приводить их структурные схемы (в виде блоков). Технические характеристики некоторых измерительных приборов приведены в приложении 3. Результаты выбора элементов приводятся в перечне элементов схемы, приводимом в графической части:

Перечень элементов схемы

Поз. обозначение	Наименование	Кол	Примечание

Конструкция устройства представляет собой упрощенное изображение его внешнего вида в стандартном масштабе. Масштаб должен быть указан на чертеже, при его отсутствии необходимо указать расстояния между приборами и аппаратами, установленными на фасадной панели устройства. Не следует перенасыщать изображения мелкими деталями, однако оно должно быть достаточным для пояснения возможностей и работы устройства. Пример выполнения принципиальной схемы и конструкции диагностического устройства приведен в приложении 4.

Разрабатываемое диагностическое устройство может обеспечивать контроль параметров, не рассчитываемых для данного вида электрооборудования в настоящем проекте, однако позволяющих сделать вывод о состоянии электрооборудования (например, потребляемый ток, мощность холостого хода, температура и т.п.). Если диагностическое устройство предусматривает подключение дополнительных серийных измерительных приборов с электропитанием, то для этого должны быть предусмотрены соответствующие розетки или разъемы.

При размещении приборов и аппаратов в корпусе диагностического устройства следует соблюдать расстояния между ними, указанные в таблице 7 или в соответствующей литературе.

В пояснительной записке необходимо изложить:

- Возможности предлагаемого устройства (диагностируемые параметры, типы диагностируемого оборудования и др.);
- Описание конструкции устройства (описание внешнего вида, указать, какие блоки, оборудование и т.п. используются в предлагаемой конструкции);
- Описание работы устройства (последовательность проведения диагностирования, порядок работы с устройством).

Диагностическое устройство должно быть оснащено соответствующими элементами управления, защиты, сигнализации, контроля (например, све-

товой сигнализацией включения, вольтметром для контроля напряжения питания и т.п.).

Диагностическое устройство для силовой электропроводки должно обеспечивать непрерывный контроль состояния изоляции (тока утечки) и возможность периодического контроля сопротивления контактов.

Диагностическое устройство для погружных электродвигателей должно обеспечивать непрерывный контроль диагностических параметров и отключение двигателя в случае возникновения угрозы выхода из строя.

Диагностическое устройство для светильников должно предусматривать возможность измерения освещённости, а при использовании люминесцентных ламп – возможность диагностирования ПРА.

Предлагаемые диагностические устройства могут иметь несколько режимов работы, выбор которых осуществляется при помощи соответствующих переключателей.

Диагностические устройства для всех видов электрооборудования должны обеспечивать электробезопасность при проведении диагностирования, т. е. предусматривать подключение нулевого защитного проводника, использование УЗО и др.

Таблица 7 – Рекомендуемые расстояния между приборами

	По горизонтали						Ампер-метр, вольтметр	«Тумблер»
	Ампер-метр, вольтметр	«Тумблер»	Переключатели пакетные	Кнопки	Кнопочные посты	Арматура сигнальная		
Амперметр, вольтметр	30	30	40	30	40	30	30	30
Переключатель «Тумблер»	30	30	40	30	40	30	30	30
Переключатели пакетные	40	40	40	40	40	40	300	300
Кнопки	30	30	40	40	40	30	30	30
Кнопочные посты	40	40	40	40	40	40	40	40
Арматура сигнальная	30	30	40	30	40	30	30	30

Примечание. Расстояние от края фасадной поверхности диагностического устройства до: - амперметров, вольтметров, тумблеров, арматуры сигнальной – 60 мм; кнопок – 80 мм; переключателей пакетных, кнопочных постов – 100 мм.

3.8 Расчет ориентировочной стоимости диагностического устройства

Используя данные приложения 5, необходимо определить ориентировочную стоимость спроектированного устройства диагностирования. При отсутствии в приложении данных о стоимости выбранных аппаратов необходимо использовать стоимость аналогичных аппаратов. Затраты на провод, кабель, монтаж и др. принять в размере 20 % от стоимости устройства. Расчет оформляется в виде таблицы 8.

Таблица 8 – Ориентировочная стоимость диагностического устройства

Название элемента	Кол-во	Стоимость единицы, тыс. руб.	Общая стоимость, тыс. руб.
1. Конструкция шкафа (корпус)		
2. Пускатель ПМЛ-.....		
3.

Итого

Итого с затратами на монтаж

3.9 Выбор инструментов и приспособлений для диагностирования

Используя типовой состав работ по диагностированию заданного электрооборудования [5, 6], необходимо выбрать инструменты и приспособления для диагностирования и привести их перечень в пояснительной записке.

3.10 Выводы

Выводы по работе должны содержать основные результаты проведенных расчетов (значения параметров диагностирования при заданной нагрузке; оптимальную периодичность профилактических мероприятий), а также рекомендации по повышению качества диагностирования заданного вида электрооборудования и повышению надежности его работы в условиях эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таран, В.П. Диагностирование электрооборудования / В.П. Таран. – К.: Техника, 1983. – 200 с.
2. Овчаров, В.В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / В.В. Овчаров. – К.: УСХА, 1990. – 168 с.
3. Поспелов, Г.Е. Надежность электроустановок сельскохозяйственного назначения / Г.Е. Поспелов, В.И. Русан. – Мн.: Ураджай, 1982. – 165 с.
4. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. – М.: Издательство стандартов, 1990.
5. Сердешнов, А.П. Планирование эксплуатации сельскохозяйственного электрооборудования / А.П. Сердешнов, Г.И. Янукович. – Мн.: Ураджай, 1992. – 87 с.
6. Рекомендации по организации ремонта и технического обслуживания электрооборудования на основе диагностирования. – М.: ГОСНИТИ, 1985. – 88 с.
7. Гольдберг, О.Д. Автоматизация контроля параметров и диагностика асинхронных двигателей / О.Д. Гольдберг [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 160 с.
8. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий (ППРЭСх). – М.: Агропромиздат, 1987. – 191 с.
9. Пястолов, А.А. Эксплуатация электрооборудования / А.А. Пястолов, Г.П. Ерошенко. – М.: Агропромиздат, 1990. – 287 с.
10. Соркин, Ю.И. Электрооборудование животноводческих ферм и комплексов : справочник / Ю.И. Соркин. – Мн.: Ураджай, 1986. – 247 с.
11. Гост 27.002–89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1990 – 37 с.
12. Баран, А.Н. Диагностика электрооборудования : метод. указ. / А.Н. Баран, Ю.Н. Селюк. – Мн.: БГАТУ, 2004. – 28 с.
13. Рекомендации по экономической оценке ущербов, наносимых сельскохозяйственному производству отказами электрооборудования. – М.: ВИЭСХ, 1987 – 33 с.

Приложение 1

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**
*БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ*

**Кафедра практической
подготовки студентов**

Курсовая работа
на тему «Диагностирование»

Выполнил: студент ... курса
... группы

Руководитель:

Минск – 2007

Продолжение приложения 1

Задание на курсовую работу

Тема: «Диагностирование ...».

Исходные данные:

Место установки электрооборудования - ...

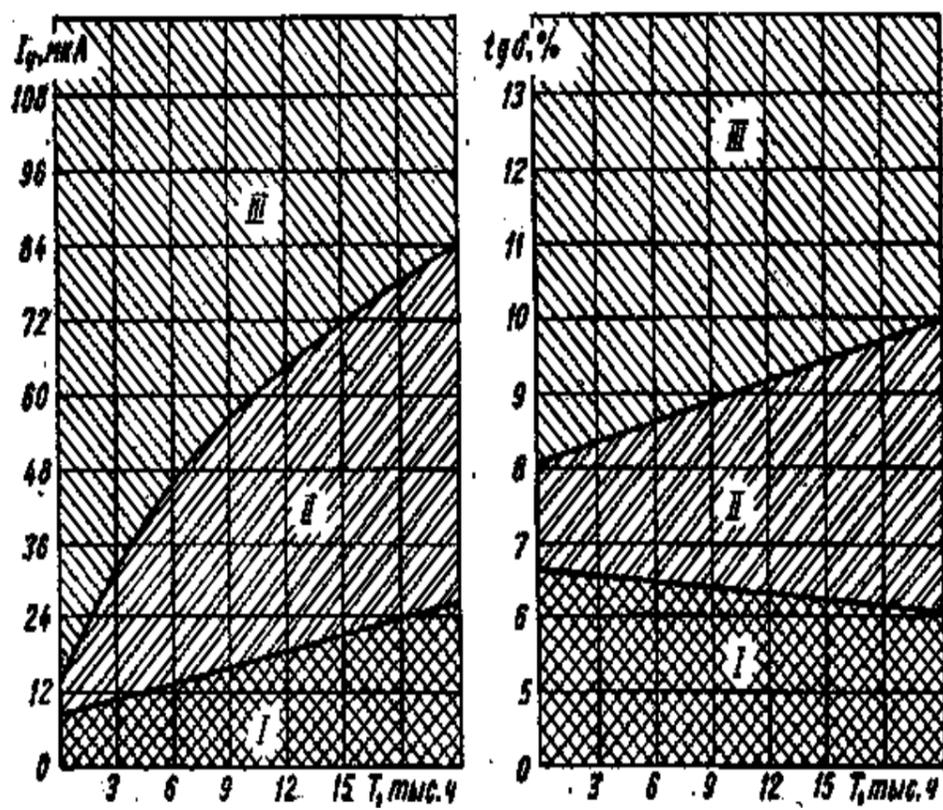
Наработка - ч.

Относительный ущерб в результате отказа $y^x = \dots$

Отношение затрат на профилактику и капитальный ремонт $Z_n/Z_p = \dots$

Показатель эффективности профилактик $a = \dots$

Приложение 2



a

б

Рисунок 2 – Области значений величин токов утечки (*a*) и тангенса угла диэлектрических потерь (*б*) для трёх групп технического состояния погружных электродвигателей: *I* – гарантированный срок безотказной работы не менее 3500 ч; *II* – не менее 1500 ч; *III* – до 500 ч

Приложение 3

Технические данные некоторых измерительных приборов

Наименование	Пределы измерения	Размеры, мм	Примечание
Мегаомметр ЭС 0210/3	0–50 МОм 0–600 В	120x141x201	Питание – сеть 220 В напряжение на выходе 500 ± 50 В
Мегаомметр ЭС 0210/3-Г	50–10000 МОм 50–100000 МОм 0–600 В	155x141x201	Питание – от встроенного генератора; измерительное напряжение 1000 ± 100 В и 2500 ± 250 В
Вольтамперфазометр ВАФ-85-М1	2–250 мА (переменный ток) 0,2–500 В 0–180°	260x160x185	
Комбинированный прибор Ц 4342-М1	Постоянный ток 0–2,5 А, 0–1200 В переменный ток 0–2,5 А 0–1000 В 0–10 МОм	215x115x90	
Микроомметр Ф 4104-М1	0–100 мкОм 0–100 мОм 0–10 МОм	305x125x155	Питание – сеть 220 В или источники тока 12 В
Люксметр Ю-116	5–100 лк 50–100000 лк		
Амперметр, Вольтметр щитовой Э8032-М1	0–500 мА 0–50 А 0–250 В	80x80x70	
Микроамперметр щитовой М42007	0–10 мкА	80x80x46	
Щитовые вольтметр, миллиамперметр, микроамперметр Ц 4209	0–600 В 0–1500 мА 0–100 мкА	40x40x34	
Щитовые вольтметр, амперметр, Ц 1420	0–500 мА 0–100 А 0–250 В	80x80x166	
Амперметр щитовой М 419	0–5 МОм	80x80x100	Питание – 220 В, 50 Гц
Прибор контроля изоляции Ф 4106	0,02–5 МОм	Показывающее устройство 80x80x100 релейный блок 175x98x143	Обеспечивает сигнализацию при снижении сопротивления до заданного значения (30–500 кОм)
Ваттметр щитовой Д 350	0,15–3 кВт	96x96x90	

Приложение 4

М 1: ...

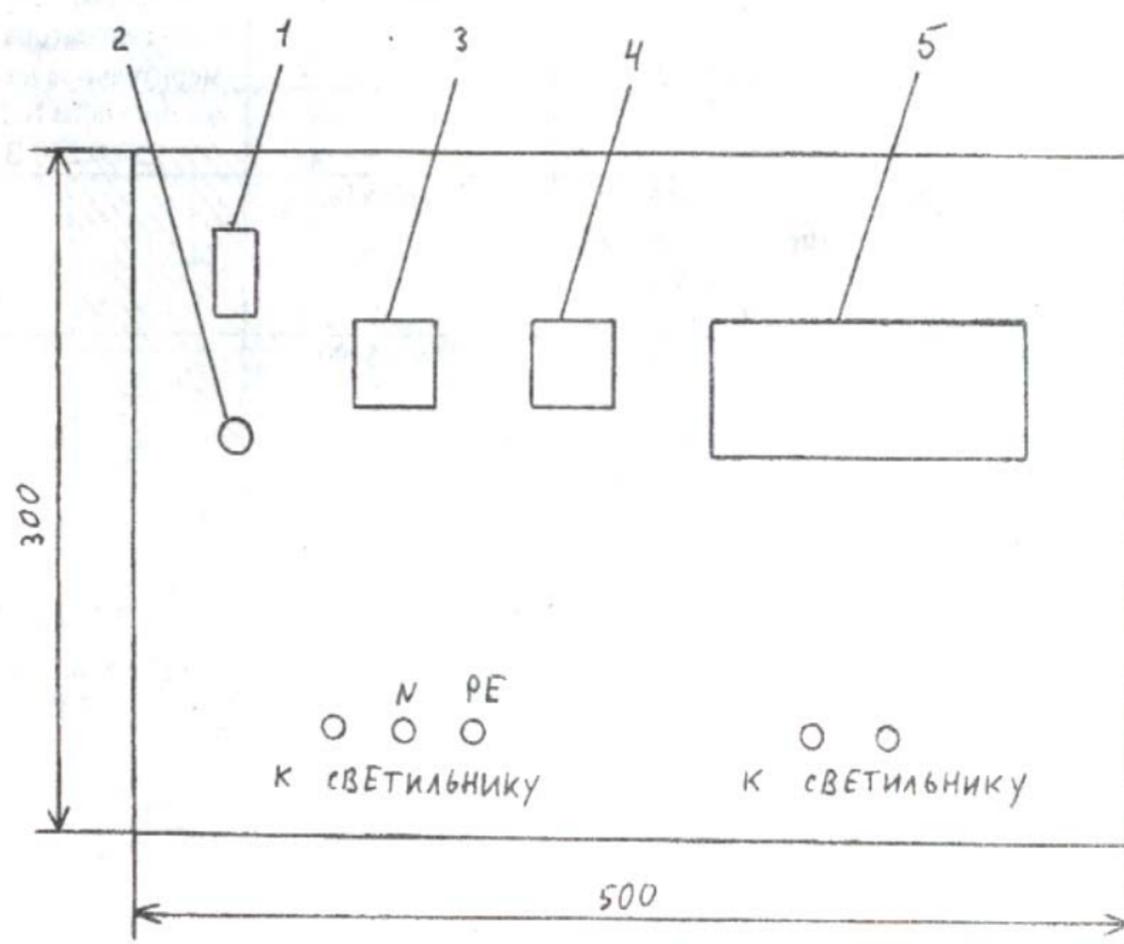


Рисунок 3 – Конструкция диагностического стенда:

1 – автоматический выключатель; 2 – сигнальная лампа; 3 – амперметр;
4 – вольтметр; 5 – мегаомметр

Приложение 5

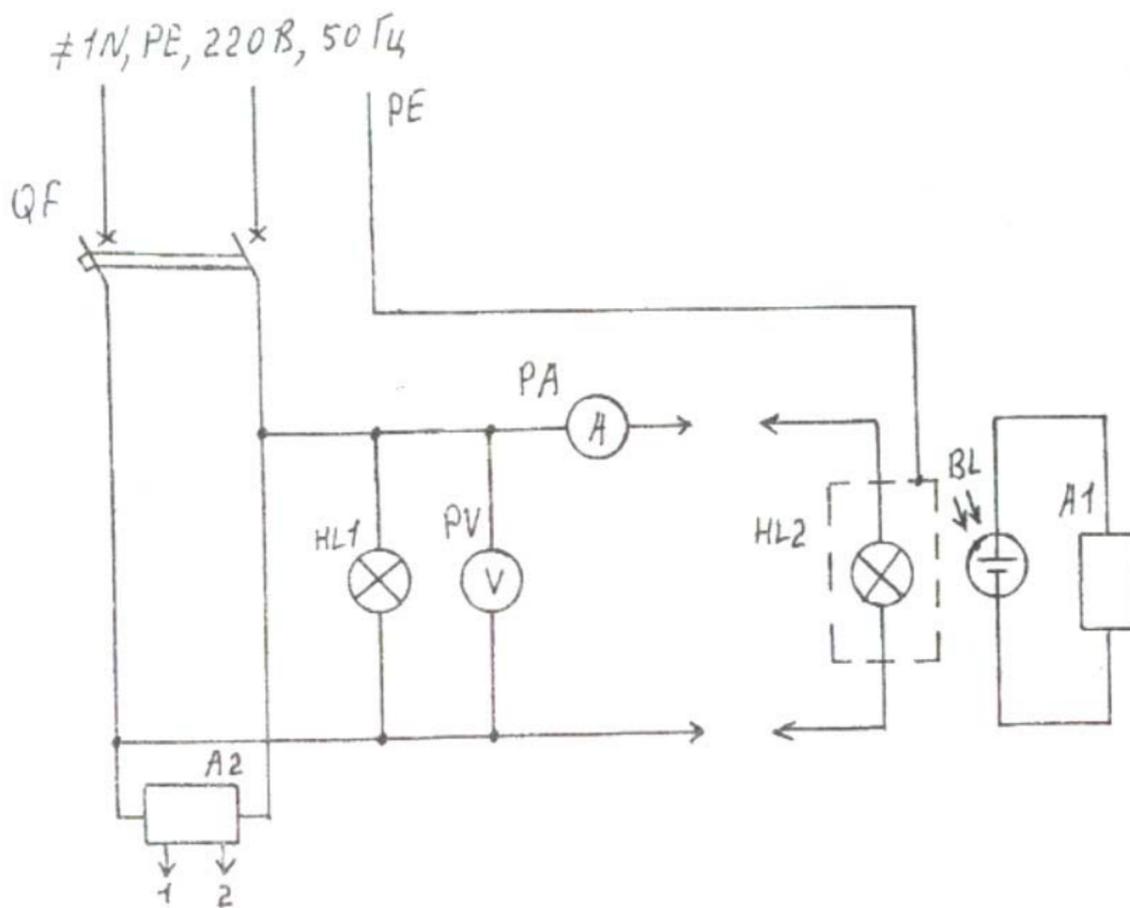


Рисунок 4 – Пример выполнения принципиальной схемы

Перечень элементов принципиальной схемы

Поз. обозначение	Наименование	Количество	Примечание
QF	Выключатель автоматический ВА47-29	1	$I_n=3A$
HL1	Арматура светосигнальная АС-220	1	
HL2	Лампа накаливания	1	0–500Вт
PV	Вольтметр Э8032-М1	1	0–250В
PA	Амперметр Э8032-М1	1	0–50А
BL	Фотодатчик	1	
A1	Люксметр Ю-116	1	
A2	Мегаомметр ЭС0210/3	1	

Приложение 6

Ориентировочная стоимость оборудования

Наименование	Цена, бел. руб.
Магнитные пускатели	
<i>1-й величины 10 А</i>	
ПМЛ 1100	8460
ПМЛ 1501 Б 220 В; 380 В	20 300
ПМЛ 1621	61 800
<i>2-й величины 25 А</i>	
ПМЛ 2101 Б	15 070
<i>3-й величины 40 А</i>	
ПМЛ 3110 Б	40 260
<i>4-й величины 63 А</i>	
ПМЛ 4110 Б	56 395
Автоматические выключатели	
<i>3-х фазные</i>	
ВА 51 Г 25-34 25А	28 865
АЕ 2043 М-100 25А	21 590
АЕ 2046 М-10Р 6,3 А-25А	32 725
<i>1-но фазные</i>	
АЕ 1031 6 А-25 А	3500
УЗО-01-4-полюс 25А	32 570
УЗО-01Е-2-полюс 25 А	23 525
Пакетные выключатели	
ПКП-25-2-57	9175
Тумблера	
ТВ 1-2 0,001...5 А	6490
ТВ 2-1 0,001...1 А	1915
Кнопочные выключатели	
КЕ 011 исп. 2	4535
ПКЕ 112-1; ПКЕ 122-1	6710
ПКЕ 222-2	6710
Арматура сигнальная	
АВР 51021, 51022	1133
АВР 51023 (АСЛ, АМЕ 220 В ЕНР)	2410
Электроустановочные изделия	
Разъемы РШ-ВШ-30 25 А	4790
Розетка СУ одномес. РС 10-204 с заземл.	1785
Розетка ОУ 1х мес РА 10-212 с заземл.	1940
Щитки	
ОЗР 12 Р40	14 100
ОЩВ 12	230 420
ОЩВ 6	80 105
Измерительные приборы	
Тестер Ц 43101	130 080
Мегаомметр ЭСО 500 В	364 500
Клещи токоизмерительные М266	45 865
Частотомер Э8004	
Ящики	
Ящик ЩП-10з	19 380

