Частное образовательное учреждение высшего образования
«Академия управления и производства»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по прохождению практики

Код и направление подготовки	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Уровень квалификации	Бакалавриат
Вид практики	Производственная
Тип практики	Проектная
Способ проведения практики	Стационарный/Выездной
Форма проведения практики	Непрерывно

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551-60-95

Москва, 2022

1. Общие положения

Производственная (проектная) практика является одним из важнейших звеньев системы подготовки высококвалифицированных специалистов в составе учебного процесса. Наряду с прочими видами практики, проектная практика необходима для улучшения восприятия обучающимися знаний о той области, в которой они в будущем будут работать.

Целью производственной (проектной) практики является приобретение и развитие необходимых практических умений и навыков в области профессиональной деятельности.

В результате прохождения практики обучающийся должен:

- Сформировать профессиональные умения и навыки в проектно-конструкторской деятельностях бакалавра;
- Приобрести опыт практической работы по направлению обучения;
- Ознакомится с принципами организации рабочих мест, их техническим оснащением, принципами и особенностями размещения технологического оборудования; организацией метрологического обеспечения технологического процесса;
- Привить навык системного подхода при выборе и эксплуатации электротехнических устройств;
- Изучить правила техники безопасности при эксплуатации электрооборудования;
- Получить навыки составления технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам;
- Получить навыки проектирования электроэнергетических систем и установок.
- Научиться предлагать и реализовывать в виде технической документации нововведения, оптимизирующие деятельность предприятия.

Прохождение производственной (проектной) практики проводится непрерывно, в стационарной форме в структурных подразделениях Академии (на базе кафедры Естественно-научных и технических дисциплин) и в профильных организациях (в том числе на базе предприятий электроэнергетической промышленности (электростанции, станции ремонта и монтажа, управления энергохозяйством и пр.) и/или в профильных структурных подразделениях предприятий различных форм собственности).

Перед практикой студент получает Индивидуальное задание (Приложение 1, 2) в зависимости от выбранного места практики.

Студент, направленный на практику в структурное подразделение Академии, заполняет дневник практики или функциональную карту (приложение 3), составляет отчет.

Студент, направленный на практику в профильную организацию, должен предварительно заключить договор о практической подготовке с организацией, в организации пройти инструктаж и заполнить карточку (приложение 4), дневник практики или функциональную карту (приложение 3) и составить отчет.

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551-60-95

По окончании практики руководитель от профильной организации дает Характеристику работы обучающегося по месту прохождения практики (приложение 5), заверенную печатью.

2. Задания на практику

Задания по практике разделены на два раздела и раскрываются в основной части отчета:

1. Общее знакомство с программой практики:

а) Изучение основ техники безопасности для допуска к проведению работ на электрооборудовании, при пуске и эксплуатации электрооборудования; производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда;

б) Краткий обзор литературы по индивидуальному заданию. (В отчет приводится литература по теме индивидуального задания, с приведением ФИО авторов, названия (учебника, учебного пособия, книги) и краткой аннотации);

2. Раскрытие индивидуального задания.

author365.ru

2.1. Типовые примеры индивидуального задания

2.1.1. На базе кафедры

info@author365.ru

Для прохождения практики требуется совершить расчет проекта трансформатора. Показатели составных частей трансформатора приведены в таблице и разделены на варианты, которые выбираются в соответствии с порядковым номером студента в списке группы кратно 25.

8 800 551-60-95

№	$S, кВ \cdot А$	$U_{1л}, кВ$	$U_{2л}, кВ$	m
1	2.5	10	0.4	3
2	6.3	6	0.4	3
3	10	35	0.4	3
4	16	10	0.4	3
5	25	6	0.4	3
6	40	35	0.4	3
7	1.6	10	0.4	3
8	2.5	6	0.4	3
9	6.3	35	0.4	3
10	10	10	0.4	3
11	16	6	0.4	3
12	25	35	0.4	3
13	40	10	0.4	3
14	1.6	6	0.4	3
15	2.5	35	0.4	3
16	6.3	10	0.4	3
17	10	6	0.4	3
18	16	35	0.4	3
19	25	10	0.4	3

20	40	6	0.4	3
21	1.6	10	0.4	3
22	2.5	6	0.4	3
23	6.3	35	0.4	3
24	10	10	0.4	3
25	16	6	0.4	3

Варианты технических характеристик составных частей трансформатора приведены в Приложениях к Заданию (отдельный файл).

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551-60-95

Проектирование силового трехфазного трансформатора

1. Определение напряжений и токов обмоток и коэффициента трансформации

Расчет трансформатора начинается с определения основных электрических величин — мощности на одну фазу (стержень), номинальных токов на первичной и вторичной стороне, фазных токов и напряжений.

Мощность на один стержень (на одну фазу) трансформатора, *кВ·А*,

$$S_{ст} = S/m = 16/3 = 5,3\ ,$$

где m — число фаз трансформатора.

Номинальные линейные токи первичной и вторичной обмоток трехфазного трансформатора, *А*

$$I_1 = S_{ст}\cdot 10^3/U_{1ф} = 5,3,\ I_2 = S_{ст}\cdot 10^3/U_{2ф},$$

где $S_{ст}$ — мощность на один стержень, *кВ·А*, $U_{1ф}$ и $U_{2ф}$ — соответственно номинальные фазные напряжения первичной и вторичной обмотки, *В*.

$$U_{1ф} = U_{1л}/\sqrt{3}\ ,\ U_{2ф} = U_{2л}/\sqrt{3}\ .$$

Коэффициент трансформации трансформатора равен

$$K_т = U_{1ф}/\ U_{2ф0} = U_{1л}/\ U_{2л0}.$$

Здесь $U_{2ф0}$ ($U_{2л0}$) — напряжение холостого хода вторичной обмотки, которое следует принять на 3…5% выше номинального напряжения.

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551-60-95

2. Определение основных размеров трансформатора

1. Предварительное значение ЭДС одного витка:

$$e'_w = K_0\sqrt{\frac{f}{50}\left(\frac{G_c}{G_м}\right)\frac{B_{ст}}{j_м}S_{ст}}\ ,\ B,$$

где K_0 — конструктивный коэффициент, равный 0,37... 0,42;

$\frac{G_c}{G_м}$ = 2...2,5 — отношение массы стали к массе меди;

$B_{ст}$ — индукция в стержне, *Тл*, $j_м$ — плотность тока в обмотках, *А/мм²* (определяются по таблицам 1 и 2.

Таблица 1

Ориентировочное значение плотности тока для медных обмоток и естественного воздушного охлаждения.

Мощность на один стержень, *кВ·А*	5...20	20...60	более 60
Внутренняя обмотка Наружная обмотка	2...2,5 3...3,5	2...2.5 2,5...3,0	1,5...2,0 2,0...2,5

Таблица 2

Рекомендуемая индукция в стержнях силовых сухих трансформаторов, $B_{ст}$, *Тл*

Марка стали	Мощность на один стержень, *кВ·А*		
	до 5	15-20	25 и выше
1511, 1512	1,0 – 1,1	1,1 – 1,3	1,2 – 1,3
3411	1,1 – 1,3	1,2 – 1,4	1,3 – 1,5
3412, 3413	1,25 – 1,4	1,3 – 1,5	1,45 – 1,6

2. Предварительные числа витков первичной и вторичной обмоток:

$$w_1' = \frac{U_{1ф}}{e_w'}, \qquad w_2' = \frac{U_{2ф0}}{e_w'}.$$

Найденные числа витков округляются до целых значений w_1 и w_2 и уточняются коэффициент трансформации и ЭДС витка:

$$K_т = \frac{w_1}{w_2}, \qquad e_w = \frac{U_{1ф}}{w_1}.$$

3. Определение сечения стержня сердечника и диаметра окружности, описанной вокруг стержня (диаметра стержня):

$$Q_{ст} = \frac{45}{B_{ст}} \cdot \frac{50}{f} e_w, \; см^2, \qquad D_0 = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{Q_{ст}}{K_с K_{кр}}}, \; см,$$

где $K_с$ = 0,93…0,95 — коэффициент заполнения сечения стержня сталью, а $K_{кр}$ — коэффициент заполнения площади круга, зависящий от мощности, приходящейся на стержень $S_{ст}$ и числа ступеней.

Полученное значение округляется до целого числа сантиметров.

Сечение стержней мощных трансформаторов выполняется ступенчатым, чтобы оно плотнее вписывалось в круглый просвет обмотки. Число ступеней и соответствующий ему коэффициент заполнения площади круга выбирается по таблицам 3 и 4.

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551-60-95

Таблица 3

Число ступеней в сечении стержня трансформатора

Мощность на стержень, *кВ·А*	Ориентировочный диаметр стержня, *см*	Число ступеней, шт.
до 5	8	3
5 – 15	8 – 12	4
15 – 45	12 – 16	5
45 – 5000	16 – 51	6

Таблица 4

Коэффициент заполнения площади круга

Число ступеней	1	2	3	4	5	6
$K_{кр}$	0,637	0,787	0,851	0,866	0,910	0,930

По величине D_0 подбирается изоляционный цилиндр, внутренний диаметр которого $D_{ц.вн}$ должен быть равен D_0, чтобы цилиндр плотно сидел на стержне, а внешний диаметр цилиндра равен $D_{ц.нар}$ D_0 + 1 *см*, поскольку толщина стенок цилиндра равна 5 *мм*.

4. Определение изоляционных расстояний.

Для трансформаторов класса напряжения до 1 *кВ* испытательное напряжение принимается равным 3 *кВ*, а изоляционные расстояния должны находиться в следующих пределах (см. рис. 1):

$a_{01} \approx 1$ *см* — расстояние от внутренней поверхности обмотки до наиболее выступающей части стержня;

$l_{01} \approx 1{,}5$ *см* — расстояние от катушки W1 до ярма магнитопровода;
$a_{12} \approx 1$ *см* — расстояние от наружной поверхности обмотки W1 до внутренней поверхности обмотки W2;
$a_{22} \approx 1$ *см* — расстояние между катушками разных фаз трансформатора;
$l_{02} \approx 1{,}5$ *см* — расстояние от катушки W2 до ярма магнитопровода.

Рис.1. Изоляционные расстояния в трансформаторе

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551-60-95

В изоляционных промежутках размещают изоляцию и изоляционные элементы (рейки, шайбы и т. д.), размеры которых для испытательного напряжения 3 *кВ* зависят от типа изоляционного материала и не могут быть больше соответствующих изоляционных промежутков, т. е.: $\delta_{01} < a_{01}$; $\delta_{02} < a_{02}$; $\delta_{12} < a_{12}$; $\delta_{22} < a_{22}$.

Выступы изоляционных материалов также не должны превышать изоляционных промежутков: $l_{ц1} < l_{01}$; $l_{ц2} < l_{02}$.

2. Расчет обмоток

1. Предварительные геометрические размеры обмоток равны:

а) радиальная толщина первичной обмотки:

$$\delta_1 = k_1 k_2 \sqrt[4]{S_{ст}} = 1{,}1 * 0{,}7 * \sqrt[4]{5{,}3} = 1{,}16\text{, см, где } k_1 = 1{,}1;\ k_2 = 0{,}7\ldots0{,}8;$$

б) радиальная толщина вторичной обмотки:

$$\delta_2 = 3k_2 \sqrt[4]{S_{ст}} - \delta_1 = 3 * 0{,}7 * 1{,}51 - 1{,}16 = 2{,}01\text{, см};$$

в) средние диаметры обмоток:

$$D_1 = D_{ц.пар} + \delta_1 = 9+1{,}16=10{,}16 \text{ см};$$

$$D_2 = D_1 + \delta_1 + 2\delta_{12} + \delta_2 = 10{,}16+1{,}16+2*0{,}85+2{,}01=15{,}03 \text{ см};$$

$$D_{12} = (D_1 + D_2)/2 = (10{,}16+15{,}03)/2 = 12{,}5\text{, см};$$

2. Средняя длина витка обмоток:

$$l_{12w} = \pi D_{12} = 3{,}14*12{,}5=39{,}5 \text{ см}.$$

3. Высота катушек:

$$l = l_1 = l_2 = \frac{8f \cdot S_{ст} l_{w12} \delta_р k_р}{u_{кр\%} e_w^2} = \frac{8*50*5{,}3*39{,}5*2{,}4*0{,}93}{3*1{,}04^2} = 33{,}3\text{, } см,$$

где $\delta_р = \delta_{12} + (\delta_1 + \delta_2)/2$ — приведенная ширина канала рассеяния, $k_р$ = 0,93…0,97 — коэффициент приведения идеального поля рассеяния к действительному (коэффициент Роговского); $u_{кр\%}$ — относительное значение реактивной составляющей напряжения короткого замыкания, предварительно принимаемое равным 3…5%.

Следует отметить, что приведенные выше формулы являются приблизительными, полученными эмпирическим путем. В случае, если произведенные расчеты дадут неудовлетворительные результаты, то есть, если обмотки получатся слишком низкими и толстыми или, наоборот, слишком высокими, их высоту можно изменить по усмотрению проектировщика.

4. Длина стержня магнитопровода

$$l_{ст} = l + 2l_{01} = 33{,}3 + 2*1{,}5 = 36{,}3,\ см.$$

author365.ru

5. Сечение витка первичной обмотки для цилиндрического провода круглого сечения:

$$q_1' = I_1/j_м = 24{,}09/,\ мм^2.$$

info@author365.ru

Если полученное сечение окажется больше 10 $мм^2$, рекомендуется выполнять обмотку из нескольких параллельных проводов меньшего сечения, однако число параллельных проводов не должно превышать шести.

8 800 551-60-95

По справочным данным выбирается тип провода и определяется его сечение $q_{м1}$, диаметр голого провода d_1 и диаметр изолированного провода $d_{1и}$ (см. рис. 2). Уточняется плотность тока в обмотке:

$$j_1 = I_1/q_{м1},\ А/мм^2.$$

Рис. 2. Размеры проводов с изоляцией и без изоляции.

Действительная плотность тока должна находиться в рекомендованном диапазоне (см. табл. 1).

6. Предварительное число витков в слое обмотки:

$$w'_{сл1} = \frac{lk'_з}{m_п d_{1и} \cdot 10^{-1}},\ витков,$$

где $k'_з$ = 0,92…0,97 — коэффициент заполнения обмоток по высоте, $m_п$ — число параллельных проводов.

Величина $w'_{сл1}$ округляется до целого числа $w_{сл1}$.

7. Число слоев первичной обмотки $n_1 = w_1/w_{сл1}$. Значение n_1 округляется до целого большего числа. Окончательное число витков в слое $w_{сл1} = w_1/ n_1$.

8. Определяются окончательные размеры обмотки.

а) высота обмотки

$$l_1 = \frac{m_п d_{1и} w_{сл1}}{k'_з} \cdot 10^{-1}, \text{ см};$$

б) радиальная толщина обмотки

$$\delta_1 = \left[\frac{n_1 d_{1и}}{k''_з} + (n_1 - 1)\delta_{мсл1} \right] \cdot 10^{-1}, \text{ см},$$

где $k''_з = 0{,}9\ldots0{,}95$ — коэффициент заполнения обмотки по толщине, $\delta_{мсл1}$ — толщина междуслойной изоляции, которую для напряжения между слоями до 100 *В* можно принять равной 0,12…0,17 *мм*.

В свою очередь напряжение между слоями можно определить из выражения

$$U_{мсл1} = 2w_{сл1}e_w, \text{ В}.$$

Далее необходимо уточнить значения D_1 и $l_{w1} = \pi D_1$, которые принимаются окончательными.

9. Масса меди обмотки

$$G_{м1} = 3\gamma_м w_1 q_1 l_{w1} \cdot 10^{-3}, \text{ кг},$$

где $\gamma_м = 8{,}92$ *г/см*^{3} — плотность меди.

10. Потери в меди первичной обмотки:

$$P_{м1} = k_q p_м j_1^2 G_{м1}, \text{ Вт}.$$

Здесь $k_q = 1{,}01\ldots1{,}02$ — коэффициент добавочных потерь для частоты 50 *Гц*, а $p_м$ — удельные потери в меди, которые зависят от температуры обмотки $t_{обм}$ (см. табл. 5).

Таблица 5

Удельные потери в меди в функции температуры обмотки

$t_{обм}$, °C	75	105	130	155	180
$p_м$, *Вт/кг*	2,41	2,64	2,83	3,00	3,16

Значения удельных потерь для промежуточных температур можно получить методом линейной интерполяции. Потери следует уточнить после теплового расчета обмоток (см. ниже).

В тех случаях, когда вторичная обмотка выполняется из провода круглого сечения, ее расчет проводится, как и для первичной обмотки. Ниже приводится методика расчета вторичной обмотки из провода прямоугольного сечения.

11. Определяется предварительное сечение провода вторичной обмотки:

$$q'_2 = I_2/j_м, \text{ мм}^2.$$

12. Задаваясь предварительным числом слоев вторичной обмотки $n_{сл2}$, определяем число витков в слое:

$$w_{сл2} = w_2/n_{сл2}.$$

13. Определяем предварительные размеры витка обмотки:

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551-60-95

а) высота витка:

$$h_2' = \frac{lk_з' \cdot 10}{w_{сл2} + 1}, мм;$$

б) толщина витка:

$$b_2' = \frac{q_2'}{h_2'}, мм.$$

По справочным данным (см. Приложение 1) выбирается стандартный провод с сечением $q_{м2}$ и размерами $h_{м2}$, $b_{м2}$ без изоляции и $h_{м2и}$, $b_{м2и}$ с изоляцией.

Примечание: намотка прямоугольного провода производится плашмя, то есть его широкая сторона должна прилегать к боковой поверхности обмотки, следовательно, h является бóльшим размером, а b — меньшим размером.

14. Уточняется плотность тока:

$$j_2 = I_2/q_{м2}, \ А/мм^2.$$

15. Определяются действительные размеры обмотки:

а) высота катушки:

$$l_2 = \frac{(w_{сл2} + 1)h_{м2и} \cdot 10^{-1}}{k_з'}, см;$$

Примечание: поскольку вторичная обмотка наматывается поверх первичной, ее высота не может быть больше высоты первичной обмотки: $l_2 \leq l_1$; в то же время желательно иметь значение l_2 по возможности ближе к l_1.

б) радиальная толщина катушки:

$$\delta_2 = \frac{n_{сл2} b_{м2и} \cdot 10^{-1}}{k_з''}, см;$$

в) средний диаметр обмотки:

$$D_2 = D_1 + \delta_1 + 2\delta_{12} + \delta_2, см;$$

г) средняя длина витка обмотки:

$$l_{w2} = \pi D_2, см;$$

16. Масса меди обмотки:

$$G_{м2} = 3\gamma_м w_2 q_2 l_{w2} \cdot 10^{-3}, кг.$$

17. Потери в меди вторичной обмотки:

$$P_{м2} = k_q p_м j_2^2 G_{м2}, Вт,$$

где $p_м$ — удельные потери в меди, определяемые по таблице 5.

18. Потери короткого замыкания:

$$P_к = K_м(P_{м1} + P_{м2}), Вт,$$

где $K_м = 1{,}05\ldots1{,}1$ — коэффициент добавочных потерь.

19. Напряжение короткого замыкания:

а) активная составляющая:

$$U_{ка} = \frac{P_к}{10S}, \%;$$

б) реактивная составляющая:

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551-60-95

$$U_{кр} = \frac{7{,}92 f \cdot S_{ст} \cdot l_w \cdot \delta_р K_р \cdot 10^{-3}}{l_2 \cdot e_w^2}, \%,$$

где $l_w = (l_{w1} + l_{w2})/2$, *см*; $\delta_р = \delta_{12} + (\delta_1 + \delta_2)/3$, *см*;

в) полное значение напряжения короткого замыкания:

$$U_к = \sqrt{U_{ка}^2 + U_{кр}^2}, \%.$$

20. Активная и реактивная составляющие сопротивления короткого замыкания:

$$r_к = \frac{U_{ка\%} \cdot U_1}{100 I_1}, Ом; \; x_к = \frac{U_{кр\%} \cdot U_1}{100 I_1}, Ом.$$

3. Расчет магнитной системы

При окончательном расчете магнитной системы трансформатора определяются размеры пакетов стержня и ярма, расположение охлаждающих каналов, активные сечения стержня и ярма, число листов стали в пакетах, высота стержня, расстояние между осями стержней, масса стержней, ярм и полная масса стали в трансформаторе. После окончательного установления всех размеров определяются потери, намагничивающая мощность и ток холостого хода.

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551-60-95

1. Размеры ступней стержня, обеспечивающие максимальное заполнение площади круга площадью ступенчатой фигуры (D_0 = 1,000), могут быть определены по формулам:

$$A_n = a_n \cdot D_0, см, \; B_n = b_n \cdot D_0, см,$$

где a_n и b_n — коэффициенты ширины и толщины пакета n-й ступени, которые приведены в таблице 6 для числа ступеней от одного до шести.

Таблица 6

Размеры пакетов в поперечном сечении стержня для различного числа ступеней стержня $n_{ст}$

$n_{ст}$	$k_{кр}$	Размеры пакетов						Сегмент δ
		$a_1 \times b_1$	$a_2 \times b_2$	$a_3 \times b_3$	$a_4 \times b_4$	$a_5 \times b_5$	$a_6 \times b_6$	
1	0,637	0,707× ×0,353	—	—	—	—	—	0,146
2	0,787	0,850× ×0,263	0,525× ×0,162	—	—	—	—	0,075
3	0,851	0,905× ×0,212	0,707× ×0,141	0,424× ×0,099	—	—	—	0,048
4	0,886	0,935× ×0,178	0,800× ×0,122	0,600× ×0,100	0,375× ×0,068	—	—	0,032
5	0,910	0,950× ×0,156	0,847× ×0,105	0,707× ×0,093	0,532× ×0,070	0,312× ×0,051	—	0,025
6	0,930	0,955× ×0,150	0,870× ×0,098	0,770× ×0,072	0,640× ×0.065	0,495× ×0,050	0,300× ×0,042	0,023

Пример пятиступенчатой фигуры сечения стержня приведен на рис. 3. Следует иметь в виду, что размер b_1 среднего пакета равен половине толщины этого пакета, что очевидно из условия симметрии фигуры сечения.

Рис. 3. Пример фигуры сечения стержня с 5

2. Площадь сечения стержня:

$$Q_ф = 2\sum_{n=1}^{n_{ст}} a_n \cdot b_n, \; см^2.$$

3. Активное сечение стержня:

$$Q_с = K_с \cdot Q_ф, \; см^2.$$

где $K_с$ — коэффициент заполнения сечения стержня сталью. Для холоднокатаной стали толщиной листов 0,35 *мм* $K_с = 0{,}95\ldots0{,}96$.

4. Действительное значение индукции в стержне

$$B_с = \frac{45}{Q_с} \cdot \frac{50}{f} e_w, \; Тл.$$

Это значение не должно выходить за рекомендованные пределы.

5. Активная площадь сечения ярма:

$$Q_я = K_я \cdot Q_с, \; см^2,$$

где $K_я = 1{,}1\ldots1{,}2$ — коэффициент усиления ярма.

6. Геометрические размеры прямоугольного ярма:

а) ширина:

$$b_я = 2\sum_{n=1}^{n_{ст}} b_n, \; см;$$

б) высота:

$$h_я = \frac{Q_я}{K_с b_я}, \; см;$$

7. Индукция в ярме:

$$B_я = B_с \frac{Q_с}{Q_я}, \; Тл.$$

8. Окончательные размеры сердечника:

а) длина стержня:

$$l_с = l_к + 2l_0, \; см,$$

где $l_к$ — наибольшая из высот обмоток;

б) расстояние между осями соседних стержней:

$$L_с = D_2 + \delta_2 + a_{22}, \; см.$$

Примечание: полученные по формулам п.п. 6 и 8 геометрические размеры следует округлять в большую сторону с шагом 5 *мм*. Например, значение 8,2 *см* следует округлить до 8,5 *см*, а 8,7 *см* — до 9 *см*.

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551-60-95

9. Масса стали стержней:

$$G_{сс} = 3\gamma_с \cdot Q_с \cdot l_с \cdot 10^{-3},\ кг.$$

где $\gamma_с = 7{,}65\ г/см^3$ — плотность стали.

10. Масса стали ярем:

$$G_{ся} = 2\gamma_с(2Q_я \cdot L_с + Q_с \cdot h_я) \cdot 10^{-3}\ кг.$$

11. Полная масса стали сердечника:

$$G_с = G_{сс} + G_{ся},\ кг.$$

После этого проверяется ранее принятое соотношение $G_с/G_м$.

4. Расчет режима холостого хода

Потери в стали сердечника определяются формулой:

$$P_0 = p_с \cdot G_с + p_я \cdot G_я,\ Вт,$$

где $p_с$ и $p_я$ — удельные потери в 1 *кг* стали стержня и ярма соответственно, которые зависят от величины индукции, марки стали и толщины листов. Значения удельных потерь приведены в Приложении 2.

Рис. 4. Зоны повышенных

При расчете потерь в стали холодной прокатки следует посредством коэффициента $K_{пу}$ учитывать увеличение удельных потерь за счёт отклонения магнитного потока от направления прокатки. Значения коэффициента $K_{пу}$ приведены в таблице 7. На рис. 4 штриховкой показаны зоны, называемые «углами», где имеет место увеличение потерь. Масса стали сердечника $G'_я$, соответствующая заштрихованным зонам, вычисляется через геометрические размеры ярем и стержней. При этом потери в одной половине массы следует считать по индукции ярма.

В остальных частях ярем потери вычисляют в обычном порядке по индукции ярма.

Таблица 7

Коэффициент $K_{пу}$ увеличения потерь в углах сердечника для холоднокатаных сталей при прямом и косом стыках

Стык	Технология	3411	3412		3413		3414
		0,35 и 0,5	0,35	0,5	0,35	0,5	0,35
Прямой	с отжигом	1,65	1,90	1,75	2,05	1,84	2,60
	без отжига	1,48	1,70	1,58	1,85	1,68	2,30
Косой	с отжигом	1,21	1,26	1,26	1,33	1,33	1,50
	без отжига	1,15	1,20	1,20	1,26	1,26	1,42

1. Масса ярем, приходящаяся на «углы» магнитной системы $G'_я$, и потери $P_{0у}$ в них:

$$G'_я = 6Q_с \cdot h_я \cdot 10^{-3},\ кг;$$

$$P_{0у} = 0{,}5K_{пу}(p_с + p_я)G'_я,\ Вт.$$

Для сердечников из горячекатаных сталей $K_{пу} = 1$, так как у них повышенные потери в углах магнитной системы отсутствуют.

2. Полные потери в стали магнитопровода:

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551 60 95

$$P_0 = p_c G_{cc} + p_я (G_я - G'_я) + P_{0у}, Вт.$$

3. Реактивная намагничивающая мощность холостого хода для горячекатаных сталей определяется выражением:

$$Q_x = q_{xc} G_{cc} + q_{xя} G_{cя} + n_{зc} П_{зc} q_{зc} + n_{зя} П_{зя} q_{зя}, В{\cdot}А,$$

где q_{xc} и $q_{xя}$, $В{\cdot}А/кг$, — удельные намагничивающие мощности в стали стержней и ярем, $q_{зc}$ и $q_{зя}$, $В{\cdot}А/см^2$, — удельные намагничивающие мощности в зазорах стержней и ярем, $n_{зc}$ и $n_{зя}$ — число зазоров стержней и ярем, а $П_{зc}$ и $П_{зя}$, $см^2$, — площади зазоров стержней и ярем.

Удельные намагничивающие мощности в стали и зазорах зависят от величины индукции, марки стали и толщины листов. Значения удельных намагничивающих мощностей приведены в Приложении 2.

В трехстержневых трансформаторах при прямых стыках площадь зазора стержня равна сечению стержня, а индукция в зазоре стержня равна индукции в стержне. Точно так же площадь зазора ярма равна сечению ярма, а индукция в зазоре ярма равна индукции в ярме. Число зазоров стержня равно 3, а число зазоров ярма равно 4.

При косых стыках площади зазоров и значения индукции в них зависят от конструкции магнитопровода.

Для сердечников из холоднокатаных сталей учитывают увеличение намагничивающей мощности в «углах» магнитной системы посредством коэффициента $K_{ту}$. Значения коэффициента $K_{ту}$ приведены в таблице 8.

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551-60-95

Таблица 8

Коэффициент $K_{ту}$ увеличения намагничивающей мощности в углах сердечника для сталей разных марок при прямом и косом стыках

Стык	Технология	3411		3412		3413		3414
		0,35	0,5	0,35	0,5	0,35	0,5	0,35
Прямой	с отжигом	4,8	4,8	8,5	4,8	13,0	4,8	13,0
	без отжига	3,5	3,5	6,0	4,8	8,9	4,8	8,9
Косой	с отжигом	2,0	1,6	2,0	1,6	2,0	1,6	2,5
	без отжига	1,6	1,3	1,6	1,3	2,0	1,3	2,0

Намагничивающая мощность в «углах» магнитной системы:

$$Q_{xу} = 0{,}5 K_{ту} (q_c + q_я) G'_я, В{\cdot}А.$$

Полная намагничивающая мощность магнитной системы:

$$Q_x = q_{xc} G_{cc} + q_{xя} (G_{cя} - G'_я) + Q_{xу} + n_{зc} П_{зc} q_{зc} + n_{зя} П_{зя} q_{зя}, В{\cdot}А.$$

4. Ток холостого хода трансформатора:

а) активная составляющая тока холостого хода:

$$I_{0а} = \frac{P_0}{m U_{1ф}}, А;$$

б) реактивная составляющая тока холостого хода:

$$I_{0р} \frac{Q_x}{m U_{1ф}}, А;$$

в) абсолютное значение тока холостого хода и его относительная величина:

$$I_0 = \sqrt{I_{0а} + I_{0р}}\,, A;$$

$$i_{0\%} = \frac{I_0}{I_1} \cdot 100\%.$$

5. Коэффициент полезного действия трансформатора:

$$\eta = \left(1 - \frac{P_м + P_0}{S \cdot 10^3 + P_м + P_0}\right) \cdot 100\%$$

6. Температура обмоток трансформатора:

$$\theta = \frac{P_м + P_0}{\alpha\left(S_{обм} + S_{серд}\right)} + \Delta\theta + \theta_с\,, °C,$$

где $\alpha = (10…20)\cdot 10^{-4}$ *Вт/см·°С* — среднее значение удельной теплопроводности обмотки; $\Delta\theta$ = 10…15°С — перепад температуры от внутренних слоев обмотки к наружным; $\theta_с$ = 40°С — температура окружающей среды; $S_{обм}$ и $S_{серд}$ — площади открытых поверхностей обмоток и сердечника трансформатора соответственно.

Площадь открытой поверхности обмоток:

$$S_{обм} = 3k\cdot\pi\cdot D_{нар}\cdot l,\ см^2,$$

где k = 0,82…0,85 — коэффициент, учитывающий открытую поверхность катушек. В свою очередь наружный диаметр обмоток определяется как

$$D_{нар} = D_2 + \delta_1,\ см.$$

Площадь открытой поверхности сердечника:

$$S_{серд} = 2(b_с + 2h_я) + 4b_с\cdot h_я,\ см^2.$$

Полученное значение температуры не должно превосходить допустимой температуры нагрева проводов, определяемой классом нагревостойкости их изоляции.

В отчет необходимо привести полный расчет трансформатора с формулами и пояснениями.

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551-60-95

2.1.2. На базе профильной организации

В ходе прохождения практики студент должен в подробности изучить общую технологическую схему генерации и доведения до мест использования электроэнергии на базе конкретного предприятия электроэнергетической промышленности.

Задачей студента является изучение технологической базы предприятия, выбор аппарата, агрегата, линии, комплекса и расчет их всевозможных характеристик с описанием методов и целей использования. Создание расчетно-графического проекта по заданию профильной организации, либо из представленных ниже тем проектов:

- Разработать проект модернизации (реконструкции) проведения сервисных, наладочных, ремонтных и профилактических работ на объектах электроэнергетики и электротехники (ремонт ЛЭП, профилактические испытания высоковольтного оборудования, контроль изоляции оборудования, подстанций и пр.).
- Разработать проект модернизации (реконструкции) плана проведения испытаний (экспериментальных исследований) электрооборудования, провести испытания и сделать выводы по результатам их проведения, разработать рекомендации по дальнейшей эксплуатации.
- Определить (исследовать, рассчитать) параметры работы системы электроснабжения предприятия в различных режимах, выявить существующие недостатки.
- Разработать проект системы учета потребления электроэнергии предприятием, организацией.
- Проанализировать электрические нагрузки предприятия, организации.
- Разработать проект компенсации реактивной мощности в системе электроснабжения предприятия, организации.
- Оценить техническое состояние и остаточный ресурс оборудования электростанции (подстанции) и разработать проект мероприятий по продлению ресурса оборудований.
- Разработать проект мероприятий методов борьбы с хищениями электроэнергии (в энергосистеме, на предприятии, организации, у потребителя)
- Разработать проект автономной системы электроснабжения объекта.
- Разработать проект модернизации (реконструкции) системы электроснабжения объекта.

В отчете необходимо составить сопроводительную документацию на внедрение разработанных проектов по модернизации (реконструкции).

3. Формы отчета о прохождении практики

По результатам прохождения практики обучающийся должен предоставить отчет, в который входят следующие составные части (в том порядке, в котором они идут в списке):

- Титульный лист (Приложение 6);
- Индивидуальное задание на практику (Приложения 1-2);
- Дневник (функциональная карта) прохождения практики (Приложение 3);

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551-60-95

- Карточка инструктажа (Приложение 4);
- Характеристика (отзыв) о работе обучающегося от руководителя практики (Приложение 5);
- Основной материал отчета:
    - Содержание;
    - Введение, в котором указывается:
        - цель, задачи, место, дата начала и продолжительность практики;
        - перечень основных работ и заданий, выполненных в процессе практики;
    - Основная часть, содержащая описание процесса выполнения индивидуального задания;
    - Заключение, включающее:
        - краткие выводы по результатам выполнения индивидуального задания;
        - описание навыков и умений, приобретенных в процессе практики;
        - индивидуальные выводы о практической значимости выполненного задания для процесса обучения;
    - Список литературы, к которому обращался обучающийся в процессе прохождения практики;
    - Приложения, в которые рекомендуется включать материалы, связанные с выполнением практики, которые по каким-либо причинам не могут быть включены в основную часть:
        - промежуточные математические доказательства, формулы и расчеты;
        - таблицы вспомогательных цифровых данных;
        - протоколы испытаний;
        - описание аппаратуры и приборов, применяемых при проведении экспериментов, измерений и испытаний;
        - инструкции, методики, разработанные в процессе выполнения индивидуального задания;
        - иллюстрации вспомогательного характера и др.

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551-60-95

Отчет о прохождении практики оформляется в соответствии с «Общими требованиями к текстовым документам» ГОСТ 2.105 - 2019, ГОСТ 3.1127 - 93, ГОСТ Р 34.11 - 2018, ГОСТ Р 7.0.97-2016. Представление в отчете данных о свойствах веществ и материалов проводятся по ГОСТ 7.54-88, единицы физических величин – по ГОСТ 8.417-2002. Список использованной литературы должен содержать сведения об источниках, использованных при составлении отчета. Сведения об источниках приводятся в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003.

Приложение 1

Индивидуальное задание для прохождения практики на базе кафедры

Индивидуальное задание

для обучающегося, выполняемое в период практики
(содержание и планируемые результаты)

Производственная практика: проектная практика
(полное наименование практики в соответствии с учебным планом)

студента ___ курса _____ формы обучения направления подготовки
_____
(код, наименование направления, профиля подготовки)
_____
(фамилия, имя, отчество обучающегося)

1. Выполнить конкретные виды практических заданий:
- *выбирается задание по варианту на базе кафедры (п. 2.1.1 методических указаний)*
2. Систематизировать материалы и подготовиться к зачету.

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551-60-95

Руководитель практики от ЧОУ ВО АУП _____ /_____/
(подпись) И.О. Фамилия

Согласовано:
Руководитель практической подготовки обучающихся _____ /_____/
(подпись) И.О. Фамилия

Индивидуальное задание на практику получил:
Обучающийся _____ /_____/
(подпись) И.О. Фамилия

«___» _____ 202__ г.

Приложение 2

Индивидуальное задание для прохождения практики в профильной организации

Индивидуальное задание

для обучающегося, выполняемое в период практики
(содержание и планируемые результаты)

Производственная практика: проектная практика
(полное наименование практики в соответствии с учебным планом)

студента ___ курса _____ формы обучения направления подготовки

_____
(код, наименование направления, профиля подготовки)

_____
(фамилия, имя, отчество обучающегося)

1. Ознакомиться с требованиями охраны труда. Ознакомиться с требованиями пожарной безопасности. Ознакомиться с требованиями техники безопасности. Ознакомиться с правилами внутреннего трудового распорядка организации. Заполнить карточку инструктажа.
2. Ознакомиться с:
   - основными целями и задачами деятельности организации;
   - видами деятельности организации;
   - основными видами организационно – управленческих документов.
3. Изучить:
   - направления деятельности предприятия, организационную структуру управления его подразделениями, службами и отделами.
   - должностные инструкции административного, оперативного и ремонтного персонала на объектах электроэнергетики.
   - вопросы планирования и анализа технико-экономических показателей работы предприятий (подразделений) в области электроэнергетики.
   - основы техники безопасности для допуска к проведению работ на электрооборудовании, при пуске и эксплуатации электрооборудования; производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда.
4. Выполнить конкретные виды практических заданий:

(по заданию профильной организации или выбрать задание из п. 2.1.2 методических указаний)

5. Систематизировать материалы и подготовиться к зачету.

Руководитель практики от ЧОУ ВО АУП _____ /_____/
(подпись) И.О. Фамилия

Согласовано:
Руководитель практической
подготовки обучающихся _____ /_____/
(подпись) И.О. Фамилия

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551-60-95

Руководитель практики
от профильной организации _____ /_____/
(подпись) И.О. Фамилия

Индивидуальное задание на практику получил:
Обучающийся _____ /_____/
(подпись) И.О. Фамилия

«___» _____ 202__ г.

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551-60-95

Приложение 3

ДНЕВНИК ПРОХОЖДЕНИЯ ПРАКТИКИ

№ п/п	Дата	Краткое содержание выполненных работ
1.		Инструктаж по ознакомлению с требованиями охраны труда, техники безопасности, пожарной безопасности, правилами внутреннего трудового распорядка
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		Подготовка документарного Отчета о прохождении практики

author365.ru

Обучающийся

_____

(наименование направления подготовки)

info@author365.ru

_____ _____ « » 20 г. _____ _____

(курс) *(группа)* *(дата)* *(подпись)* *(фамилия, инициалы)*

Ответственное лицо от профильной организации

8 800 551-60-95

_____ /_____/

(подпись)

«___» _____ 20__ г.

Приложение 4

КАРТОЧКА ИНСТРУКТАЖА
по ознакомлению с требованиями охраны труда, техники безопасности, пожарной безопасности, правилами внутреннего распорядка

Обучающийся _____
(фамилия, имя, отчество)

Направление подготовки

_____
(наименование направления подготовки)

Форма обучения _____ Курс _____ Группа _____
(очная / очно-заочная / заочная) *(курс)* *(группа)*

Место прохождения практики

_____
(наименование профильной организации)

Срок прохождения практики
с « ____ » _____ 20 ____ г. по « ____ » _____ 20 ____ г.

Вид инструктажа	Инструктаж проведен	Обучающийся ознакомлен
1	2	3
по требованиям охраны труда, техники безопасности и пожарной безопасности	_____ *(должность)* _____ *(фамилия, инициалы)* _____ *(подпись)* « » 20 г.	_____ *(фамилия, инициалы)* _____ *(подпись)* « » 20 г.
по правилам внутреннего трудового распорядка	_____ *(должность)* _____ *(фамилия, инициалы)* _____ *(подпись)* « » 20 г.	_____ *(фамилия, инициалы)* _____ *(подпись)* « » 20 г.

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551-60-95

Ответственное лицо от профильной организации

_____
(должность, наименование профильной организации)

«____»_____ 20___г. _____ _____
(подпись) *(фамилия, инициалы)*
М.П.

Приложение 5

ХАРАКТЕРИСТИКА
работы обучающегося по месту прохождения практики

обучающийся _____ курса _____ формы обучения направления подготовки

_____
(наименование направления, профиля подготовки)

_____
(фамилия, имя, отчество обучающегося)

прошедший практику_____
(вид практики: учебная/производственная)

_____
(тип практики)

на предприятии _____
(наименование профильной организации)

в отделе _____
(наименование структурного подразделения)

в период с «___» _____ 20__ г. по «___» _____ 20__ г.

Ответственным лицом от профильной организации формируется оценка прохождения практики обучающимся, определяется степень достижения цели и поставленных задач, с учетом выполнения индивидуального задания, характеризуются теоретические знания и практические умения обучающегося.

_____

_____

_____

_____

_____

В целом теоретический уровень подготовки студента и качество выполняемой им работы можно оценить на _____.
(оценка)

Ответственное лицо от профильной организации:

_____ _____
(должность) *(подпись, фамилия, имя, отчество)*

М.П.

«___»_____20___г.

author365.ru
info@author365.ru
8 800 551-60-95

Приложение 6

ЧАСТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«АКАДЕМИЯ УПРАВЛЕНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА»
(ЧОУ ВО АУП)

Кафедра естественно-научных и технических дисциплин

О Т Ч Е Т
О ПРОХОЖДЕНИИ ПРАКТИКИ

Производственной практики: Проектной практики

author365.ru

Обучающийся по направлению_____
____курса _____группы_____
_____
(ФИО)

info@author365.ru
8 800 551-60-95

МОСКВА, 202_