

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

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 деятельности бакалавра;
- Приобрести опыт практической работы по направлению обучения;
- Ознакомиться 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.

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.

2.1. Типовые примеры индивидуального задания

2.1.1. На базе кафедры

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.

№	$S, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$U_{1л}, \text{кВ}$	$U_{2л}, \text{кВ}$	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).

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, $\kappa B \cdot A$,

$$S_{ст} = S/m = 16/3 = 5,3,$$

где m — число фаз трансформатора.

Номинальные линейные токи первичной и вторичной обмоток трехфазного трансформатора, A

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

где $S_{ст}$ — мощность на один стержень, $\kappa B \cdot A$, $U_{1ф}$ и $U_{2ф}$ — соответственно номинальные фазные напряжения первичной и вторичной обмотки, B .

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

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.

2. Определение основных размеров трансформатора

1. Предварительное значение ЭДС одного витка:

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

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

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

$B_{ст}$ — индукция в стержне, $Tл$, j_m — плотность тока в обмотках, $A/мм^2$ (определяются по таблицам 1 и 2.

Таблица 1

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

Мощность на один стержень, $\kappa B \cdot A$	5...20	20...60	более 60
Внутренняя обмотка	2...2,5	2...2,5	1,5...2,0
Наружная обмотка	3...3,5	2,5...3,0	2,0...2,5

Таблица 2

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

Марка стали	Мощность на один стержень, $\kappa B \cdot A$		
	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:

$$w_1' = \frac{U_{1\phi}}{e_w'}, \quad w_2' = \frac{U_{2\phi 0}}{e_w'}$$

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

$$K_T = \frac{w_1}{w_2}, \quad e_w = \frac{U_{1\phi}}{w_1}$$

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

$$Q_{ст} = \frac{45}{B_{ст}} \cdot \frac{50}{f} e_w, \text{ см}^2, \quad D_0 = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{Q_{ст}}{K_c K_{кр}}}, \text{ см},$$

где $K_c = 0,93 \dots 0,95$ — 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.

Таблица 3

Число ступеней в сечении стержня трансформатора

Мощность на стержень, $кВ \cdot А$	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 $D_{ц.нар} D_0 + 1 \text{ см}$, 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):

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

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

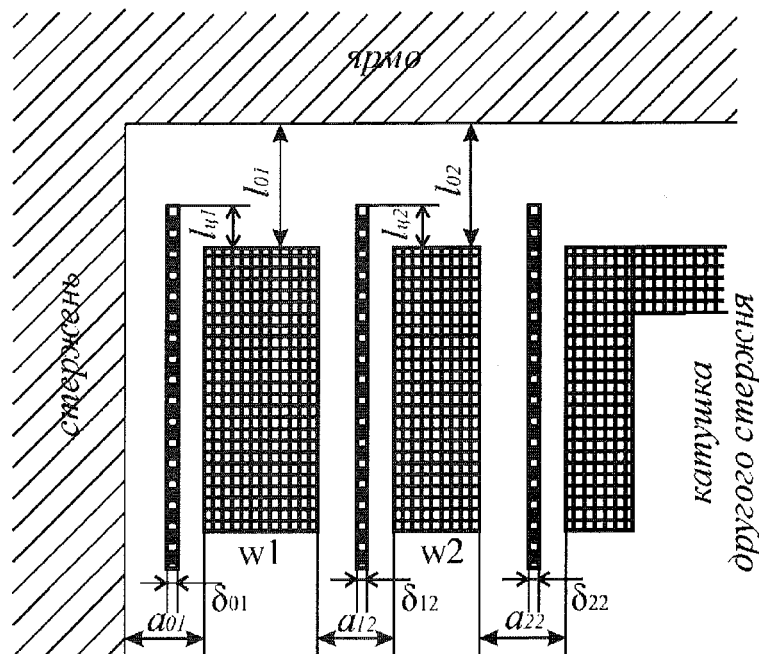


Рис.1. Изоляционные расстояния в трансформаторе

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: $l_{01} < l_{01}$; $l_{02} < l_{02}$.

2. Расчет обмоток

1. Предварительные геометрические размеры обмоток равны:

а) радиальная толщина первичной обмотки:

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

б) радиальная толщина вторичной обмотки:

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

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:

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

где $\delta_p = \delta_{12} + (\delta_1 + \delta_2)/2$ — приведенная ширина канала рассеяния, $k_p = 0,93 \dots 0,97$ — 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

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

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

$$q_1' = I_1 / j_M = 24,09 /, \text{ мм}^2.$$

Если полученное сечение окажется больше 10 мм², рекомендуется выполнять обмотку из нескольких параллельных проводов меньшего сечения, однако число параллельных проводов не должно превышать шести.

По справочным данным выбирается тип провода и определяется его сечение q_{M1} , диаметр голого провода d_1 и диаметр изолированного провода $d_{1и}$ (см. рис. 2). Уточняется плотность тока в обмотке:

$$j_1 = I_1 / q_{M1}, \text{ А/мм}^2.$$

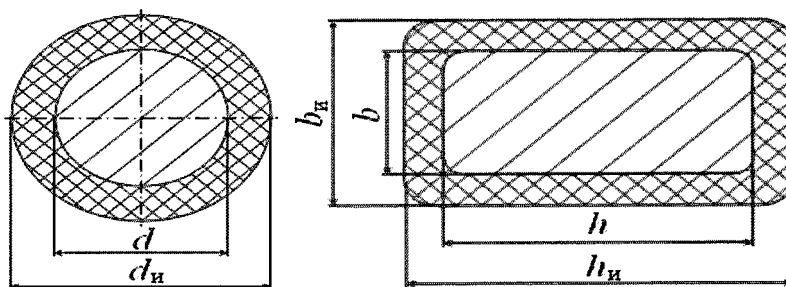


Рис. 2. Размеры проводов с изоляцией и без изоляции.

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

6. Предварительное число витков в слое обмотки:

$$w'_{сл1} = \frac{l k_3'}{m_{п1} d_{1и}} \cdot 10^{-1}, \text{ витков},$$

где $k_3' = 0,92 \dots 0,97$ — коэффициент заполнения обмоток по высоте, $m_{п1}$ — число параллельных проводов.

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

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

8. Определяются окончательные размеры обмотки.

а) высота обмотки

$$l_1 = \frac{m_{\text{п}} d_{1\text{и}} w_{\text{сл1}}}{k'_3} \cdot 10^{-1}, \text{ см};$$

б) радиальная толщина обмотки

$$\delta_1 = \left[\frac{n_1 d_{1\text{и}}}{k''_3} + (n_1 - 1) \delta_{\text{мсл1}} \right] \cdot 10^{-1}, \text{ см},$$

где $k''_3 = 0,9 \dots 0,95$ — коэффициент заполнения обмотки по толщине, $\delta_{\text{мсл1}}$ — 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

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

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

9. Масса меди обмотки

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

где $\gamma_{\text{м}} = 8,92 \text{ г/см}^3$ — плотность меди.

10. Потери в меди первичной обмотки:

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

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

Таблица 5

Удельные потери в меди в функции температуры обмотки

$t_{\text{обм}}, \text{ }^\circ\text{C}$	75	105	130	155	180
$p_{\text{м}}, \text{ Вт/кг}$	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:

$$q'_2 = I_2/j_{\text{м}}, \text{ мм}^2.$$

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

$$w_{\text{сл2}} = w_2/n_{\text{сл2}}.$$

13. Определяем предварительные размеры витка обмотки:

а) высота витка:

$$h'_2 = \frac{lk'_3 \cdot 10}{w_{\text{сл}2} + 1}, \text{ мм};$$

б) толщина витка:

$$b'_2 = \frac{q'_2}{h'_2}, \text{ мм}.$$

По справочным данным (см. Приложение 1) выбирается стандартный провод с сечением $q_{\text{м}2}$ и размерами $h_{\text{м}2}$, $b_{\text{м}2}$ без изоляции и $h_{\text{м}2\text{и}}$, $b_{\text{м}2\text{и}}$ 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:

$$j_2 = I_2/q_{\text{м}2}, \text{ А/мм}^2.$$

15. Определяются действительные размеры обмотки:

а) высота катушки:

$$l_2 = \frac{(w_{\text{сл}2} + 1)h_{\text{м}2\text{и}} \cdot 10^{-1}}{k'_3}, \text{ см};$$

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:

$$\delta_2 = \frac{n_{\text{сл}2}b_{\text{м}2\text{и}} \cdot 10^{-1}}{k''_3}, \text{ см};$$

в) средний диаметр обмотки:

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

г) средняя длина витка обмотки:

$$l_{\text{в}2} = \pi D_2, \text{ см};$$

16. Масса меди обмотки:

$$G_{\text{м}2} = 3\gamma_{\text{м}}w_2q_2l_{\text{в}2} \cdot 10^{-3}, \text{ кг}.$$

17. Потери в меди вторичной обмотки:

$$P_{\text{м}2} = k_q p_{\text{м}} j_2^2 G_{\text{м}2}, \text{ Вт},$$

где $p_{\text{м}}$ — удельные потери в меди, определяемые по таблице 5.

18. Потери короткого замыкания:

$$P_{\text{к}} = K_{\text{м}}(P_{\text{м}1} + P_{\text{м}2}), \text{ Вт},$$

где $K_{\text{м}} = 1,05 \dots 1,1$ — коэффициент добавочных потерь.

19. Напряжение короткого замыкания:

а) активная составляющая:

$$U_{\text{ка}} = \frac{P_{\text{к}}}{10S}, \text{ \%};$$

б) реактивная составляющая:

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

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

в) полное значение напряжения короткого замыкания:

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

20. Активная и реактивная составляющие сопротивления короткого замыкания:

$$r_k = \frac{U_{ка\%} \cdot U_1}{100 I_1}, \text{ Ом}; \quad x_k = \frac{U_{кр\%} \cdot U_1}{100 I_1}, \text{ Ом}.$$

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.

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

$$A_n = a_n \cdot D_0, \text{ см}, \quad B_n = b_n \cdot D_0, \text{ см},$$

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

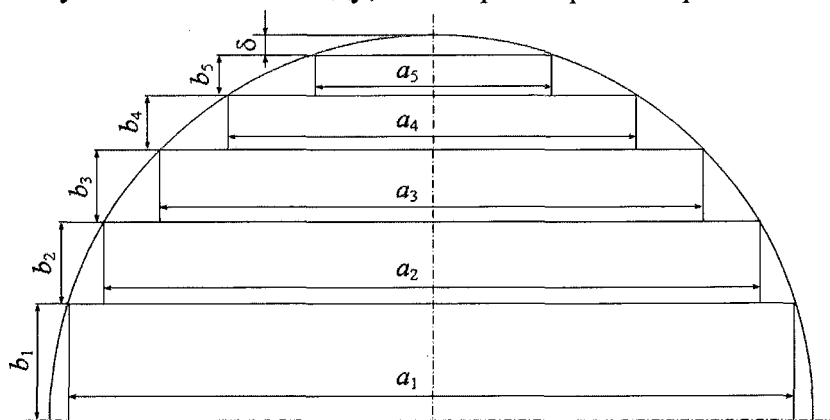


Рис. 3. Пример фигуры сечения стержня с 5

толщины этого пакета, что очевидно из условия симметрии фигуры сечения.

2. Площадь сечения стержня:

$$Q_{\phi} = 2 \sum_{n=1}^{n_{\text{ст}}} a_n \cdot b_n, \text{ см}^2.$$

3. Активное сечение стержня:

$$Q_c = K_c \cdot Q_{\phi}, \text{ см}^2.$$

где K_c — коэффициент заполнения сечения стержня сталью. Для холоднокатаной стали толщиной листов 0,35 мм $K_c = 0,95 \dots 0,96$.

4. Действительное значение индукции в стержне

$$B_c = \frac{45}{Q_c} \cdot \frac{50}{f} e_w, \text{ Тл.}$$

Это значение не должно выходить за рекомендованные пределы.

5. Активная площадь сечения ярма:

$$Q_{\text{я}} = K_{\text{я}} \cdot Q_c, \text{ см}^2,$$

где $K_{\text{я}} = 1,1 \dots 1,2$ — коэффициент усиления ярма.

6. Геометрические размеры прямоугольного ярма:

а) ширина:

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

б) высота:

$$h_{\text{я}} = \frac{Q_{\text{я}}}{K_c b_{\text{я}}}, \text{ см};$$

7. Индукция в ярме:

$$B_{\text{я}} = B_c \frac{Q_c}{Q_{\text{я}}}, \text{ Тл.}$$

8. Окончательные размеры сердечника:

а) длина стержня:

$$l_c = l_k + 2l_0, \text{ см},$$

где l_k — наибольшая из высот обмоток;

б) расстояние между осями соседних стержней:

$$L_c = D_2 + \delta_2 + a_{22}, \text{ см.}$$

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.

9. Масса стали стержней:

$$G_{cc} = 3\gamma_c \cdot Q_c \cdot l_c \cdot 10^{-3}, \text{ кг.}$$

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

10. Масса стали ярем:

$$G_{ся} = 2\gamma_c(2Q_{я} \cdot L_c + Q_c \cdot h_{я}) \cdot 10^{-3} \text{ кг.}$$

11. Полная масса стали сердечника:

$$G_c = G_{cc} + G_{ся}, \text{ кг.}$$

После этого проверяется ранее принятое соотношение G_c/G_m .

4. Расчет режима холостого хода

Потери в стали сердечника определяются формулой:

$$P_0 = p_c \cdot G_c + p_{я} \cdot G_{я}, \text{ Вт,}$$

где p_c 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.

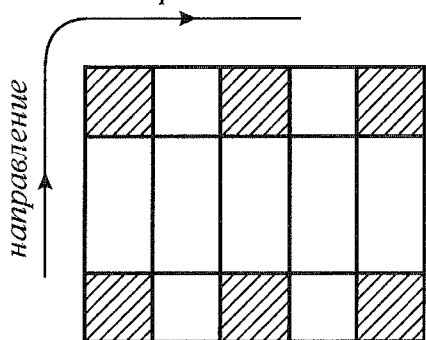


Рис. 4. Зоны повышенных

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:

$$G'_я = 6Q_c \cdot h_{я} \cdot 10^{-3}, \text{ кг;}$$

$$P_{0у} = 0,5K_{пу}(p_c + p_{я})G'_я, \text{ Вт.}$$

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:

$$P_0 = p_c G_{cc} + p_y (G_y - G'_y) + P_{0y}, \text{ Вт.}$$

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

$$Q_x = q_{xc} G_{cc} + q_{xy} G_{cy} + n_{zc} \Pi_{zc} q_{zc} + n_{zy} \Pi_{zy} q_{zy}, \text{ В}\cdot\text{А},$$

где q_{xc} и q_{xy} , $\text{В}\cdot\text{А}/\text{кг}$, — удельные намагничивающие мощности в стали стержней и ярем, q_{zc} и q_{zy} , $\text{В}\cdot\text{А}/\text{см}^2$, — удельные намагничивающие мощности в зазорах стержней и ярем, n_{zc} и n_{zy} — число зазоров стержней и ярем, а Π_{zc} и Π_{zy} , 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 $K_{\text{ту}}$. Значения коэффициента $K_{\text{ту}}$ приведены в таблице 8.

Таблица 8

Коэффициент $K_{\text{ту}}$ 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:

$$Q_{xy} = 0,5 K_{\text{ту}} (q_c + q_y) G'_y, \text{ В}\cdot\text{А}.$$

Полная намагничивающая мощность магнитной системы:

$$Q_x = q_{xc} G_{cc} + q_{xy} (G_{cy} - G'_y) + Q_{xy} + n_{zc} \Pi_{zc} q_{zc} + n_{zy} \Pi_{zy} q_{zy}, \text{ В}\cdot\text{А}.$$

4. Ток холостого хода трансформатора:

а) активная составляющая тока холостого хода:

$$I_{0a} = \frac{P_0}{m U_{1\phi}}, \text{ А};$$

б) реактивная составляющая тока холостого хода:

$$I_{0p} = \frac{Q_x}{m U_{1\phi}}, \text{ А};$$

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

$$I_0 = \sqrt{I_{0a}^2 + I_{0p}^2}, A;$$

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

5. Коэффициент полезного действия трансформатора:

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

6. Температура обмоток трансформатора:

$$\theta = \frac{P_M + P_0}{\alpha(S_{\text{обм}} + S_{\text{серд}})} + \Delta\theta + \theta_c, \text{ }^\circ\text{C},$$

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

Площадь открытой поверхности обмоток:

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

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

$$D_{\text{нар}} = D_2 + \delta_1, \text{ см}.$$

Площадь открытой поверхности сердечника:

$$S_{\text{серд}} = 2(b_c + 2h_{\text{я}}) + 4b_c \cdot h_{\text{я}}, \text{ см}^2.$$

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.

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 оборудования.
- 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);

- 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.

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.

**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.

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.

**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

Руководитель практики
от профильной организации

_____ / _____ /
(подпись) И.О. Фамилия

Индивидуальное задание на практику получил:
Обучающийся

_____ / _____ /
(подпись) И.О. Фамилия

« ___ » _____ 202__ г.

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 документального Отчета о прохождении практики

Обучающийся

_____ (наименование направления подготовки)

_____ « » 20__ г. _____
 (курс) (группа) (дата) (подпись) (фамилия, инициалы)

Ответственное лицо от профильной организации

_____ / _____ /
(подпись)

«__» _____ 20__ г.

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

Ответственное лицо от профильной организации

(должность, наименование профильной организации)

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

**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)

М.П.

(подпись, фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 20__ г.

**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

Обучающийся по направлению _____
_____ курса _____ группы _____

(ФИО)

МОСКВА, 202_