

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)
Тихорецкий техникум железнодорожного транспорта
(ТТЖТ – филиал РГУПС)

С.Н. Есипенко

МДК 01.01
Электроснабжение электротехнического оборудования
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по проведению практических занятий профессионального
модуля

**«ПМ01.ОРГАНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПО ОТРАСЛЯМ»**

для специальности 13.02.07
Электроснабжение (по отраслям)

2022г



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

Н.Ю.Шитикова

«01» сентября 2022г.

Методические рекомендации по проведению практических занятий МДК 01.01 Электроснабжение электротехнического оборудования, профессионального модуля «ПМ01 Организация электроснабжения электрооборудования по отраслям», разработаны на основе федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования 13.02.07 Электроснабжение, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 14 декабря 2017 г. № 1216.

Организация-разработчик: Тихорецкий техникум железнодорожного транспорта – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ТТЖТ – филиал РГУПС).

Разработчик:

Есипенко С.Н., преподаватель ТТЖТ - филиала РГУПС

Рекомендована цикловой комиссией № 8 Специальностей 13.02.07, 22.02.06, 23.02.04

Протокол заседания №1 от «01» сентября 2022г.

Содержание

Пояснительная записка.....	
Обеспечение безопасности при проведении лабораторных и практических занятий	
Практическая занятие № 1. Генератор постоянного тока	
Практическое занятие № 2 Двигатель постоянного тока.....	
Практическое занятие № 3 Однофазный трансформатор.....	
Практическое занятие №4Определение группы соединения трёхфазного трансформатора.....	
Практическое занятие № 5 Трёхфазный асинхронный двигатель.....	
Практическое занятие № 6 Пуск и реверсирование асинхронного двигателя.....	
Практическое занятие № 7 Исследование трёхфазного синхронного генератора.....	
Практическое занятие № 8 Исследование трёхфазного синхронного двигателя.....	
Практическое занятие № 9 Исследование конструкции силового трансформатора.....	
Практическое занятие № 10 Расчет полной мощности трансформаторной подстанции.....	
Практическое занятие № 11 Выбор и проверка токоведущих частей и изоляторов для открытого распределительного устройства.....	
Практическое занятие № 12 Изучение конструкции магнитного пускателя.....	
Практическое занятие № 13 Расчет внутреннего освещения	
Практическое занятие № 14Изучение конструкции высоковольтных выключателей переменного тока.....	
Практическое занятие № 15 Проверка на соответствие требованиям ПУЭ, при монтаже КРУ.....	
Практическое занятие № 16 Изучение конструкции аккумулятора.....	
Практическое занятие № 17 Исследование схемы опорной подстанции..	
Практическое занятие № 18 Составление схемы питания и секционирования контактной сети, железнодорожной станции и прилегающих перегонов.....	
Список использованных источников.....	

Пояснительная записка

Практические занятия проводятся после изучения теоретического материала соответствующей темы и имеют научно-исследовательский характер, что способствует лучшему пониманию материала курса.

Цель методических рекомендаций — закрепление теоретических знаний по основным разделам курса, а также приобретение навыков, необходимых для последующей практической деятельности. В результате выполнения лабораторных и практических занятий студенты учатся не только работать в коллективе, но и самостоятельно принимать решения в различных ситуациях, организовывать собственную деятельность, осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

Знакомство студентов с целью и содержанием лабораторных и практических занятий должно проводиться заранее, бланки отчетов к занятиям должны быть подготовлены в виде домашнего задания.

Оборудование и приборы, необходимые для проведения лабораторных занятий, преподаватель выбирает исходя из материально-технического обеспечения учебного заведения.

Для проверки знаний в конце каждого лабораторного и практического занятия приведены контрольные вопросы. Ответы на них следует оформлять в письменной форме после составления отчета с формулировкой соответствующих выводов.

Студенты допускаются к выполнению занятий после проведения преподавателем инструктажа по охране труда и правилам работы в лаборатории и внесения записей в журнал регистрации инструктажей.

Отчеты о проделанных занятиях оформляются в соответствии с правилами и требованиями образовательного учреждения и с соблюдением требований ЕСКД и ГОСТ.

Обеспечение безопасности при проведении практических занятий

Лаборатория «Электрические подстанции» предназначена для проведения лабораторных и практических занятий. До начала занятий необходимо подготовить рабочее место и аппаратуру, применяемую в работе. Запрещается пользоваться аппаратурой, не подлежащей к использованию на данном занятии, а также переносить приборы с одного рабочего места на другое без указания преподавателя. Перед проведением занятия преподаватель осуществляет комплексную проверку средств защиты и используемого оборудования. Проверяется исправность измерительных приборов, автотрансформаторов, предохранителей, стендов и т.д. Студенты допускаются к занятиям после прохождения целевого инструктажа на рабочем месте. Смена рабочих мест производится только по разрешению преподавателя.

Во избежание воздействия опасных и вредных факторов, таких как опасное напряжение в электрической сети и статическое электричество, в лаборатории определены зоны повышенной опасности: розетки, стенды, аппаратура. В учебной лаборатории должны быть вывешены правила безопасности, которые студенты обязаны соблюдать во время занятий.

В целях защиты студентов от воздействия опасных факторов, в лаборатории предусмотрен установленный порядок проведения инструктажа, проверка его усвоения (устный опрос) и запись в журнале, форма которого установлена стандартом предприятия (образовательного учреждения), а также применение коллективных и индивидуальных средств защиты.

Средствами коллективной защиты будут являться диэлектрические коврики, плакаты и знаки безопасности, защитные заземления.

Средствами индивидуальной защиты при проведении занятий будут являться измерительные приборы с изолированными выводами, инструменты с изолированными рукоятками, каски, очки, рукавицы.

В процессе выполнения рабочего задания ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

1. Прикасаться к неизолированным частям схемы, контактам и частям приборов, находящихся под напряжением. Производить переключения в схемах при включенном питании.

2. Пользоваться незаземленной аппаратурой.

3. Самостоятельно устранять причину неисправности.

4. Разбирать схему до отключения питания.

При обнаружении любой неисправности, отклонении хода занятий от установленной технологии, необходимо доложить преподавателю, по распоряжению которого все работы прекращаются, лаборанты отключают главный распределительный щит.

1. Требования охраны труда перед началом работы

Перед проведением занятия преподаватель осуществляет комплексную проверку средств защиты и используемого оборудования. Проверяется исправность измерительных приборов, автотрансформаторов, предохранителей, стендов и т.д.

2. Требования охраны труда во время работы

Запрещается подходить к распределительному щиту, всякое самовольное включение рубильников на щитке. Схема включается только после проверки преподавателем и по его разрешению. Переключения в схеме, смена приборов разрешается только при отключенном напряжении. Запрещается прикасаться к неизолированным частям схемы, контактам и частям приборов, находящихся под напряжением.

В случае сильного нагрева элементов цепей, появления дыма, запаха, необходимо немедленно обесточить оборудование и позвать преподавателя.

3. Требования охраны труда в аварийных ситуациях

При возникновении аварийной ситуации, несчастного случая, отклонения хода занятия от установленной технологии все работы по

распоряжению преподавателя прекращаются, лаборанты отключают главный распределительный щит.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ пытаться самостоятельно устранить причину неисправности или возникший пожар.

В случае поражения электрическим током оказать первую помощь пострадавшему, обратиться к преподавателю или техническому персоналу и вызвать врача.

4. Требования охраны труда по окончании работ

По окончании занятия необходимо: отключить питание, привести в порядок рабочее место, убрать все инструменты.

Практическое занятие № 1

Генератор постоянного тока

Цель: ознакомиться с основными параметрами генератора параллельного возбуждения.

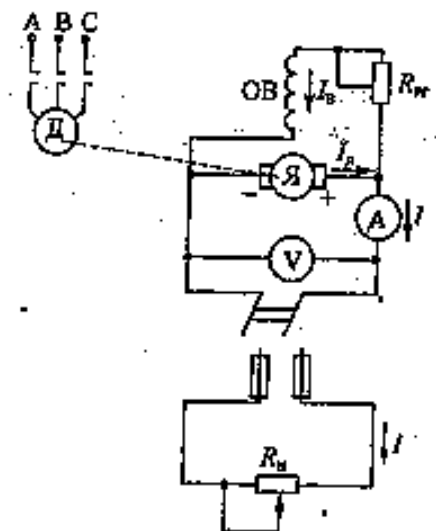


Рис.1- Схема и параметры генератора параллельного возбуждения
Я — обмотка якоря генератора;

ОВ — обмотка возбуждения генератора;

R_H — нагрузка;

$R_{рг}$ — сопротивление для изменения тока в обмотке возбуждения
(в работе принять $R_{рг} = 0$);

Д — трехфазный асинхронный двигатель, вращающий якорь генератора с мощностью P_1

1. Сопротивление обмотки якоря генератора — $R_я$, Ом.
2. Сопротивление обмотки возбуждения — $R_в$, Ом.
3. Напряжение на зажимах генератора (напряжение, подаваемое на нагрузку)— U , В.

4. Сопротивление нагрузки — R_H , Ом.
5. Ток в обмотке возбуждения — $I_B = U/R_B$, А.
6. Ток, отдаваемый во внешнюю цепь (ток нагрузки), — $I = U/R_H$, А.
7. Ток в обмотке якоря генератора — $I_A = I_B + I$, А.
8. Электродвижущая сила генератора (ЭДС) — $E = U + I_A R_A$, В.
9. Мощность, затрачиваемая двигателем на работу генератора (мощность, потребляемая генератором) — $P_1 = P_2 + \Delta P$, Вт.
10. Электромагнитная мощность генератора — $P_{\Sigma} = EI_A$; $P_{\Sigma} = P_1 - \Delta P_M$, Вт.
11. Полезная мощность, отдаваемая генератором (мощность нагрузки), —
 $P_2 = UI = I^2 R_H$; $P_2 = P_{\Sigma} - \Delta P_{\Sigma} = P_1 - P_M - \Delta P_{\Sigma} = P_1 - \Delta P$, Вт
11. Мощность потерь в генераторе — $\Delta P = \Delta P_{\Sigma} + \Delta P_M$
 где ΔP_M — механические и другие потери, в данной работе условно можно
 принять $\Delta P_M = \Delta P_{\Sigma}$, т.е. $\Delta P = 2\Delta P_{\Sigma}$;

ΔP_{Σ} — мощность потерь на нагрев обмоток генератора

$$\Delta P_{\Sigma} = I_A^2 R_A + I_B^2 R_B, \text{ Вт}$$

13 Коэффициент полезного действия генератора —

$$\eta = P_2/P_1 = (P_1 - \Delta P_{\Sigma})/P_1 = 1 - (\Delta P/P_1).$$

Содержание работы

Вычертить схему генератора, выписать исходные данные и рассчитать параметры, отмеченные в табл. 1.1 прочерками.

Таблица 1.1-Исходные данные

Вариант	0	1,11, 21	2,12, 21	3.13. 23	4,14, 24	5,15, 25	6,16, 26	7,17, 27	8,18, 28	9,19, 29	10,20, 30
R_A , Ом	0,2	-	0,1	-	0,1	-	-	0,15	-	0,3	-
R_B , Ом	50	-	55	-	-	300	-	-	-	150	-
R_H , Ом	3	-	-	5	-	10	-	-	-	4	-
U , В	120	-	220	-	-	-	200	-	-	100	-
E , В	-	165	-	214	-	-	-	-	210	-	-
I , А	-	39	-	-	50	-	-	-	41	-	-
I_B , А	-	-	-	-	2	-	0,8	-	-	-	1
I_A , А	-	-	50	-	-	-	-	25	-	-	40
P_1 , Вт	-	-	-	10000	-	-	7000	-	-	-	-
P_2 , Вт	-	-	-	-	15000	9000	-	-	8200	-	-
η	-	-	-	-	-	0,9	-	-	0,85	-	-
P_{Σ} , Вт	-	6600	-	-	-	-	-	5000	-	-	9600
ΔP , Вт	-	600	-	-	-	-	560	-	-	-	-
$\Delta P_M = \Delta P_{\Sigma}$, Вт	-	-	-	590	-	-	-	250	-	-	400j

Порядок расчета

1. Ток нагрузки

$$I = U/R_H = 120/3 = 40 \text{ A.}$$

2. Ток в обмотке возбуждения

$$I_B = U/R_B = 120/50 = 2,4 \text{ A.}$$

3. Ток в обмотке якоря

$$I_A = I_B + I = 40 + 2,4 = 42,4 \text{ A}$$

4. ЭДС генератора

$$E = U + I_A R_A = 120 + 42,4 \cdot 0,2 = 128,5 \text{ В.}$$

5. Мощность, отдаваемая генератором (мощность нагрузки):

$$P_2 = UI = 120 \cdot 40 = 4800 \text{ Вт} = 4,8 \text{ кВт.}$$

6. Электромагнитная мощность генератора:

$$P_{\text{Э}} = EI_A = 128,5 \cdot 42,4 = 5448 \text{ Вт.}$$

7. Мощность потерь на нагрев обмоток генератора (мощность электрических потерь):

$$\Delta P_{\text{эл}} = I_A^2 R_A + I_B^2 R_B = 42,4^2 \cdot 0,2 + 2,4^2 \cdot 50 = 648 \text{ Вт.}$$

Проверка: $\Delta P_{\text{м}} = P_{\text{Э}} - P_2 = 5448 - 4800 = 648 \text{ Вт.}$

8. Мощность, затрачиваемая двигателем на работу генератора:

$$P_1 = P_2 + \Delta P$$

Учитывая, что по условию $\Delta P_{\text{м}} = \Delta P_{\text{эл}}$

$$P_1 = 5448 + 648 = 6096 \text{ Вт} = 6,1 \text{ кВт.}$$

9. Общая мощность потерь в генераторе

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 6096 - 4800 = 1296 \text{ Вт.}$$

10. Коэффициент полезного действия генератора

$$\eta = P_2/P_1 = 0,78.$$

Содержание отчета

1. Номер, тема и цель работы.
2. Схема и параметры генератора параллельного возбуждения
3. Решение задачи с пояснениями.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Нарисуйте кривые изменения ЭДС в обмотке якоря и на щетках генератора постоянного тока.
2. Какую роль играет коллектор в машине постоянного тока?

3. Запишите выражение для ЭДС и электромагнитного момента в МПТ.
4. Перечислите основные способы возбуждения генераторов постоянного тока
5. Поясните на примере генератора суть самовозбуждения
6. Назовите основные характеристики генератора и поясните их вид

Список литературы

Кацман М. М. Электрические машины : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / М.М. Кацман. — 12-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2013 — 496 с.

Практическая занятие № 2

Двигатель постоянного тока

Цель: ознакомиться с основными параметрами двигателя постоянного тока.

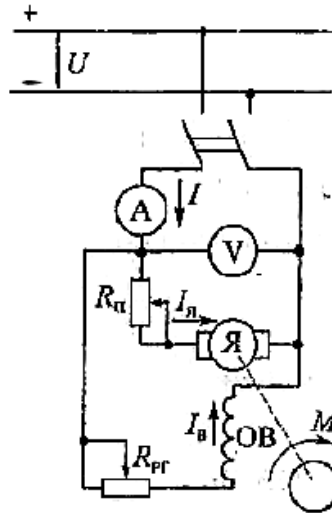


Рис.1.1 Схема и параметры двигателя параллельного возбуждения

Я — обмотка якоря двигателя;

ОВ — обмотка возбуждения;

R_{пг} — сопротивление для изменения тока в обмотке возбуждения (в работе принять $R_{пг} = 0$);

R_н — пусковой реостат

1. Напряжение сети, подведенное к двигателю, — U , В.
2. Сопротивление обмотки якоря двигателя — $R_я$, Ом.
3. Сопротивление обмотки возбуждения — $R_в$, Ом.
4. Противо-ЭДС (E) индуцируется в обмотке якоря при его вращении в магнитном поле с номинальной частотой — n_n , об/мин.
5. Ток в обмотке якоря — $I_я = (U - E)/R_я$, А.
6. Ток в обмотке возбуждения — $I_в = U/R_в$, А.
7. Номинальный ток, потребляемый двигателем из сети, — $I_n = I_я + I_в$, А.
8. Мощность, потребляемая двигателем из сети, — $P_1 = UI_n$, Вт.
9. Потери мощности в двигателе — ΔP , Вт.
10. Полезная мощность двигателя — $P_2 = P_1 - \Delta P$, Вт.
11. Коэффициент полезного действия двигателя — $\eta = P_2/P_1$
12. Вращающий момент двигателя — $M = 9,55 P_2/n_n$, Н м.

В работе R_n определить из условия увеличения пускового тока I_n по сравнению с номинальным в 1,5 раза:

[illegible]

7. Вращающий момент двигателя

$$M = 9,55 P_2 / n_n = 9,55 \cdot 47520 / 520 = 827,7 \text{ Н м.}$$

8. Чтобы в момент включения ток двигателя был не более чем в полтора раза больше номинального, необходимо последовательно с обмоткой якоря включить пусковое сопротивление

$$R_{\pi} = [U / (1,5 I_n - I_B)] - R_{\text{я}}$$

$$R_{\pi} = [220 / (1,5 \cdot 240 - 5)] - 0,0426 = 0,577 \text{ Ом.}$$

Содержание отчета

1. Номер, тема и цель работы.
2. Схема и параметры двигателя параллельного возбуждения
3. Решение задачи с пояснениями.
4. Схема включения двигателя параллельного возбуждения.
5. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит принцип работы двигателя постоянного тока?
2. Какую роль играет коллектор в двигателе постоянного тока?
3. Перечислите основные способы возбуждения ДПТ.
4. Что собой представляет механическая характеристика двигателя?
5. Назовите способы регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока.
6. В чем особенности пуска двигателя постоянного тока?
7. Какова роль пускового реостата?
8. В чем особенности двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением и где он нашел основное применение?

Список литературы

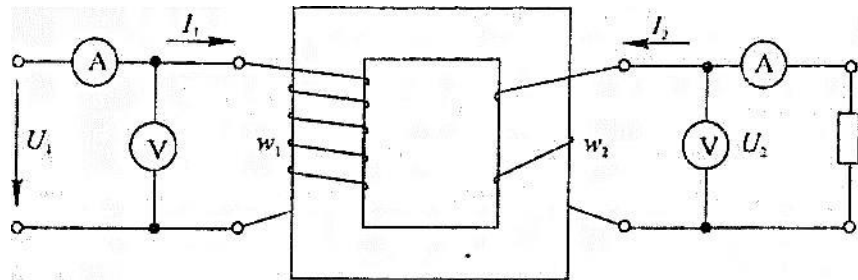
Кацман М. М. Электрические машины : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / М.М. Кацман. — 12-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2013 — 496 с.

Практическое занятие № 3

Однофазный трансформатор

Цель: уяснить сущность основных параметров однофазного трансформатора и получить навыки их расчета.

Схема и основные параметры трансформатора



1. Номинальная мощность S_H — это полная мощность, которую трансформатор может непрерывно отдавать в течение своего срока службы (20—25 лет) при номинальном напряжении и номинальных температурных условиях

$$S_H = U_{2H} I_{2H}$$

2. Номинальное первичное напряжение U_{1H} — напряжение, на которое рассчитана первичная обмотка.

3. Номинальное вторичное напряжение (U_{2H} — напряжение на зажимах вторичной обмотки в режиме холостого хода трансформатора при номинальном первичном напряжении.

4. Коэффициент трансформации

$$K = w_1/w_2 = E_1/E_2 = U_{1H}/U_{2H}$$

где w — число витков первичной и вторичной обмоток;

E — действующее значение ЭДС электромагнитной индукции в обмотках трансформатора.

5. Номинальный первичный I_{1H} и вторичный I_{2H} токи в обмотках трансформатора при номинальной мощности и номинальных напряжениях обмоток:

$$I_{1H} = S_H / U_{1H} \eta_H$$

$$I_{2H} = S_H / U_{2H}$$

6. Коэффициент нагрузки трансформатора. Трансформатор чаще всего работает с нагрузкой, меньше номинальной, поэтому:

$$K_{nr} = S_2 / S_H$$

где S_2 — фактическая полная мощность нагрузки, $S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2}$

7. Токи в обмотках трансформатора при фактической нагрузке S_2

$$I_1 = I_{1H} K_{HГ}; I_2 = I_{2H} K_{HГ}$$

8. Общая мощность потерь энергии в трансформаторе:

- при номинальной нагрузке $\Delta P = P_{CT} + P_{MH}$;

- при фактической нагрузке $\Delta P = P_{CT} + P_M = P_{CT} + P_{MH} K_{HГ}^2$,

где P_{CT} — мощность потерь в стали сердечника;

P_M — мощность потерь в обмотках трансформатора при фактической нагрузке;

P_{MH} — мощность потерь в обмотках при номинальной нагрузке.

Если известно сопротивление меди первичной (R_1) и вторичной (R_2) обмоток трансформатора, то при любой нагрузке можно определить мощность потерь в обмотках:

$$P_M = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2$$

9. Коэффициент мощности нагрузки

$$\cos \varphi_2 = P_2 / S_2$$

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2}$$

где P_2 , Q_2 : S_2 — активная, реактивная и полная мощность нагрузки, питаемой от вторичной обмотки трансформатора.

10. Коэффициент полезного действия трансформатора:

- при номинальной нагрузке

$$\eta_H = P_{2H} / P_{1H} = P_{2H} / (P_{2H} + \Delta P_H) = S_H \cos \varphi_2 / (S_H \cos \varphi_2 + P_{CT} + P_{MH})$$

- при фактической нагрузке

$$\eta = P_2 / P_1 = P_{2H} (P_2 + \Delta P) / (S_H \cos \varphi_2 K_{HГ} + P_{CT} + P_{MH} K_{HГ}^2)$$

Содержание работы

Вычертить схему трансформатора, выписать из табл. 1 исходные данные, пояснив их. Рассчитать параметры трансформатора, отмеченные в таблице прочерками.

Таблица 1- Исходные данные

Вариант	0	1 11 21	2 12 22	3 13 23	4 14 24	5 15 25	6 16 26	7 17 27	8 18 28	9 19 29	10 20 30
S_H , ВА	100		1250	-	500	1500	3000	400	-	-	600
U_{1H} , В	220	200		-	-	6000	-	-	200	180	-
U_{2H} , В	22	20	100	220	127	120	127	-	-	36	150
K	-	-	2,5	8,18	-	-	-	0,4	4,4	-	
P_2 , Вт	48	375	700	-	260	840	2100			72	432
Q_2 , вар	36	225	-	240	-	630	-	-	120	-	-
S_2 , ВА	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\cos \varphi_2$	-	-	0,8	0,6	0,87	-	1	-	0,707	1	0.8

K_{H2}	-	~	-	-	-	-	-	0,83	0,68	-	-
I_{1H}, A	-	-	-	-	1,32		-	2,2	-	-	12,5
I_{2H}, A	-	25	-	3,5	-	-	-		-	2,5	!
I_1, A	-	-	-	-	-		9,6	-	-	-	-
$I_2, Л$	-	-	-	-		-	-		-	-	-
η_n	~	-	0,96	0,94	-	-	-	0,92	-	-	0,96
η	-	-	-	-	-	-	0,97	-	-	-	"
$P_{CT}, Вт$	7,3	2,32	9,8		18,2	42,15	-	21,2	14	4,1	17
$P_{MH}, Вт$	5,66	4,8	-	2,4	17	27,9	80	10,4	7,3	1,69	_zJ

Порядок расчета

1. Коэффициент трансформации трансформатора:

$$K = U_{1H}/U_{2H} = 220/22 = 10.$$

2. Полная мощность нагрузки, питающейся энергией от вторичной обмотки трансформатора:

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} = S_2 = \sqrt{48^2 + 36^2} = 60 \text{ ВА.}$$

3. Коэффициент мощности нагрузки:

$$\cos \varphi_2 = P_2/S_2 = 48/60 = 0,8.$$

4. Коэффициент нагрузки трансформатора

$$K_{nr} = S_2/S_H = 60/100 = 0,6$$

5. КПД трансформатора при номинальной нагрузке:

$$\eta_H = S_H \cos \varphi_2 / (S_H \cos \varphi_2 + P_{CT} + P_{MH}) = 100 \cdot 0,8 / (100 \cdot 0,8 + 7,3 + 5,66) = 0,86.$$

6. Номинальные токи в обмотках трансформатора

$$I_{1H} = S_H / U_{1H} \eta_H = 100/220 \cdot 0,86 = 0,528 \text{ A};$$

$$I_{2H} = S_H / U_{2H} = 100/22 = 4,55 \text{ A.}$$

7. Токи в обмотках трансформатора при фактической нагрузке:

$$I_1 = I_{1H} K_{nr} = 0,528 \cdot 0,6 = 0,317 \text{ A};$$

$$I_2 = I_{2H} K_{nr} = 4,55 \cdot 0,6 = 2,73 \text{ A.}$$

8. КПД трансформатора при фактической нагрузке:

$$\eta = P_2 / (P_2 + \Delta P)$$

где ΔP — потери мощности в трансформаторе при фактической нагрузке

$$\Delta P = P_{CT} + P_{MH} K_{nr}^2 = 7,3 + 5,66 \cdot 0,6^2 = 9,34 \text{ Вт};$$

$$\eta = 48 / (48 + 9,34) = 0,837.$$

Содержание отчета

1. Номер, тема и цель работы.
2. Решение задачи с пояснениями.
3. Схема включения однофазного трансформатора.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Какой принцип лежит в основе работы трансформатора?
2. Поясните принцип действия трансформатора.
3. Поясните, что собой представляет коэффициент трансформации, и назовите определяющие его параметры.
4. Чем определяется амплитуда магнитного потока в магнитопроводе трансформатора?
5. Назовите виды основных потерь в трансформаторе и способы их уменьшения.
6. Укажите способы измерения потерь в трансформаторе.
7. Как вычислить КПД трансформатора?
8. Что собой представляет внешняя характеристика трансформатора и от чего она зависит?

Список литературы

Кацман М. М. Электрические машины : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / М.М. Кацман. — 12-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2013 — 496 с.

Практическое занятие № 4

Определение группы соединения трёхфазного трансформатора

Цель: изучить технологию проведения межремонтных испытаний силового трансформатора. Научиться оформлять протоколы.

Оборудование и материалы: силовой трансформатор, мнемосхема электрической подстанции, наряд-документ (форма ЭУ-44), протокол испытания, каски защитные, пояс предохранительный, диэлектрические перчатки, диэлектрические боты, лестница, закоротки, Мост Р333 или амперметр и вольтметры (постоянного и переменного тока трансформатор однофазный на напряжение 10/0,23 кВ, мегаомметры на напряжение 1000 и 2500 В (или универсальный), ключи гаечные, плоскогубцы комбинированные, отвертки, емкости для отбора проб масла, силикагель, индикаторный силикагель, сухое, трансформаторное масло, растворитель органический, обтирочный материал

Краткие теоретические сведения

Трансформатор — это сложный и дорогостоящий электромагнитный статический аппарат на тяговой или трансформаторной подстанции. Его надежная работа обеспечивает четкую работу пол станции и качественную переработку электроэнергии в вид, удобный для потребителя.

Во время работы трансформаторы изнашиваются, и вероятность их выхода из строя увеличивается. Чтобы это предотвратить, транс форматоры подвергаются ремонту (текущему, среднему и капитальному) в сроки, указанные в Правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей ПТЭЭП [4].

Кроме того, в межремонтный период и после ремонтов проводят испытания трансформаторов. Качественно проведенные испытания показывают состояние трансформатора и необходимость в ремонте

Текущий ремонт и испытания должны проводиться по технологическим картам, в них должны использоваться приборы, инструмент и приспособления, выпускаемые промышленностью и предназначенные специально для работы в электроустановках.

Порядок и технология испытаний установлены соответствующими инструкциями ЦЭМПС.

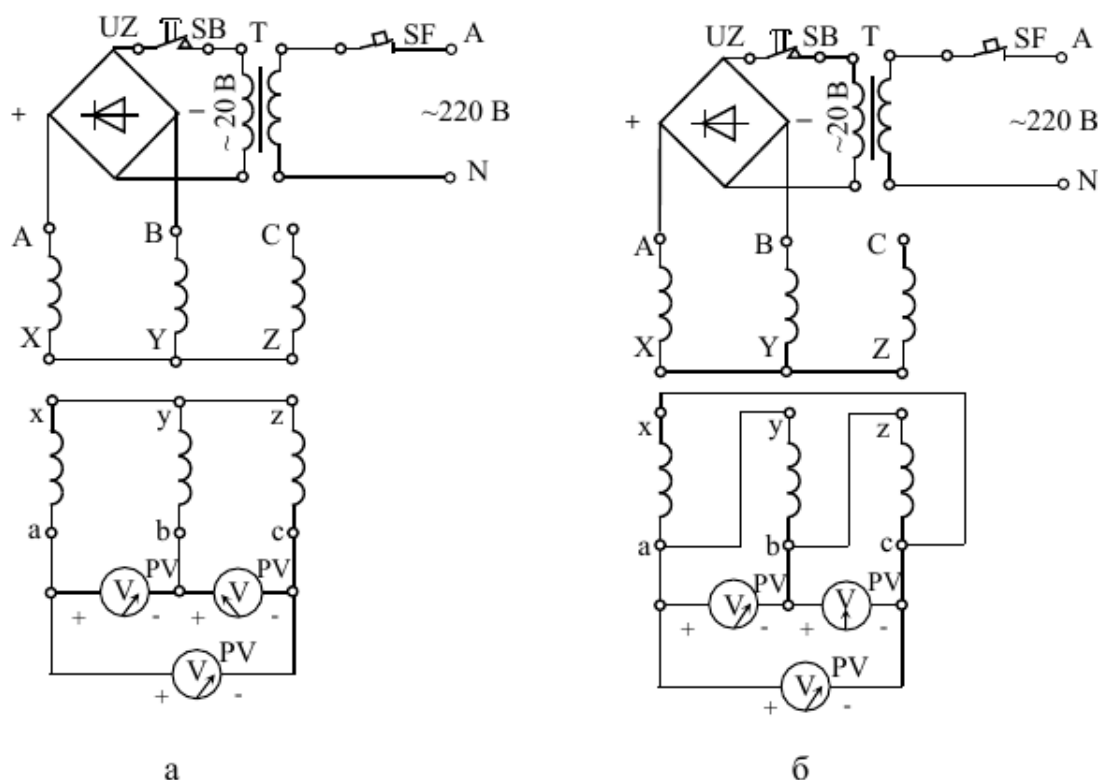
При капитальном ремонте трансформатора с расшихтовкой стали сердечника и сменой обмоток необходимо провести дополнительные испытания и сравнить с имеющимися заводскими данными (до ремонта):

- данные проверки группы соединения обмоток трехфазных трансформаторов;

Порядок выполнения

6.6 Проверка группы соединения обмоток трансформатора.

Группы соединения обмоток трансформатора соединения обмоток проверяют при помощи поляриметра методом постоянного тока) (рис. 1).



Y/Y-0	A-B	B-C	A-C
a-b	+	-	+
b-c	-	+	+
a-c	+	+	+

Y/Δ-11	A-B	B-C	A-C
a-b	+	-	0
b-c	0	+	+
a-c	+	0	+

a - Y/Y-0; б - Y/Δ-11

Рис 1. Проверка группы соединения силового трансформатора.

а-схема проверки и таблица измерений; б— векторная диаграмма

К выводам *AB* обмотки высокого напряжения подводят постоянный ток, а к выводам (*ab*, *bc*, *ac* — низкого напряжения) поочередно присоединяют гальванометр РА.

2) Результаты отклонения стрелки заносят в таблицу, при этом отклонение стрелки вправо обозначают знаком «+», а влево — «-»

Такие же измерения проводят при подведенном постоянном токе, выводам *BC* и *AC*.

3) Сравнивают результаты измерений с данными таблиц и определяют группу соединения испытуемого трансформатора.

Содержание отчета

1. Исходные данные.
2. Результаты измерений, заполненные табл.а и в.
3. Вывод
4. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Объясните назначения проведения опыта холостого трансформатора.
2. Поясните, с какой целью после каждого опыта разряжают обмотки трансформатора.
3. Укажите цель проверки сопротивления обмоток постоянному току
4. Определите, какому трансформатору (понижающему или к повышающему) принадлежит коэффициент трансформации $K = 0,5$.
5. Дайте определение группы соединения трехфазных трансформаторов.
6. Дайте определение установившемуся значению тока при измерениях.
7. Определите, что показывает коэффициент абсорбции, если $R_{60} = 100 \text{ МОм}$, $R_{15} = 80 \text{ МОм}$.

Список литературы

Кацман М. М. Электрические машины : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / М.М. Кацман. — 12-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2013 — 496 с.

Практическая занятие №5 **Трехфазный асинхронный двигатель**

Цель : познакомиться с определением основных параметров трехфазного асинхронного двигателя.

Исходные данные:

1. Номинальное линейное напряжение сети — U , В.
2. Номинальный ток двигателя (ток в каждой из трех обмоток статора) — I_n , А.
3. Частота тока сети — f Гц.
4. Число полюсов двигателя — $2p$, число пар полюсов — p .

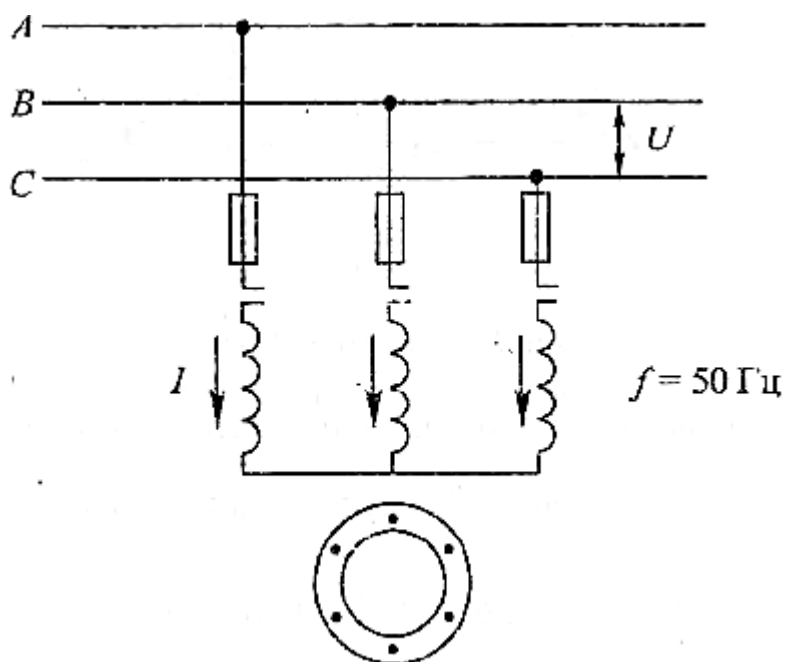


Рис.1- Схема и параметры трехфазного асинхронного двигателя

5. Частота вращения магнитного поля статора — $n_1 - 60f/p$ об/мин.
6. Частота вращения магнитного поля статора относительно ротора ($n_1 - n_2$), выраженная в процентах от частоты вращения магнитного поля, называется скольжением — $s = (n_1 - n_2)100/n_1$, %. В номинальном режиме составляет около 5% у машин небольшой мощности и около 2% у мощных машин.
7. Частота вращения ротора асинхронного двигателя в номинальном режиме — $n_{2н} = (1 - s_n/100)/n_1$, $n_{2н} = (1 - s_n/100)60f/p$.
8. Номинальная активная мощность, развиваемая двигателем (т.е. величина, характеризующая скорость необратимого преобразования электрической энергии в механическую и тепловую) — $P_{2н}$, Вт.
9. Мощность, потребляемая двигателем из сети в номинальном режиме:
 - активная — $P_{1н} = \sqrt{3}U_{1н} \cos \varphi_n$ или $P_{1н} = P_{2н} / \eta_n$, Вт;
 - полная — $S = \sqrt{3} U_{1н} I_{1н}$, ВА.
10. Потери энергии в двигателе складываются из потерь в обмотках статора и ротора, потерь в магнитопроводе, механических и добавочных потерь — $\Delta P = P_1 - P_2$
11. Коэффициент полезного действия двигателя — $\eta_n = P_{2н} / P_{1н} = (P_{1н} - \Delta P) / P_{1н}$
 КПД асинхронного двигателя зависит от нагрузки. При номинальном режиме работы двигателя КПД $\eta = 0,9 \dots 0,95$ (чем больше расчетная мощность двигателя, тем выше его КПД).
12. Коэффициент мощности асинхронного двигателя показывает, какая часть полной мощности, поступающей из сети, расходуется на покрытие потерь и преобразуется в механическую работу — $\cos \varphi_n = P_{1н} / \sqrt{3} U_{1н} I_{1н}$. В номинальном режиме обычно составляет $\cos \varphi_n = 0,7 \dots 0,9$, при холостом ходе снижается

до 0,2 .. 0,3.

13. Вращающий момент асинхронного двигателя в номинальном режиме — $M_n = 9,55 P_{2n} / n_{2n}$, Н·м.

Порядок выполнения

1 Вычертить схему трехфазного двигателя, выписать из табл. 50.1 исходные данные, пояснить их. Рассчитать параметры двигателя, отмеченные в таблице прочерками.

Таблица 50

Вариант	0	1 11 21	2 12 22	3 13 23	4 14 24	5 15 25	6 16 26	7 17 27	8 18 28	9 19 29	10 20 30
$U, В$	380	220	-	380	-	220		380	-	1000	380
$I_n, А$	-	-	24	-	20	-	50	75	20	-	
$2p$	4	6	-	8	-	10	4	6	-	4	8
$n_1, об/мин$	-	-	1500	-	1000	-		-	1000	-	1
$n_{2n}, об/мин$	1460	-	-	-	970	-	1460	960	-	-	
$s_n, \%$	-	2	3	2,5	-	3		-	2,5	4	2
$P_{2n}, кВт$	12	21	-	30	-	34	...	40	-	30	45
$P_{1n}, кВт$	--	-	-	-	24	38	-	-	30	-	-
$\Delta P, кВт$	-	-	1,5	2	-	-	-	-	3	-	-
$S, кВА$	-	-	-	-	32	43,2	10,96	-	40	-	-
η_n	0,9	0,9	-	-	0,91	-	0,93	0,95	-	0,92	0,91
$\cos \varphi_n$	0,85	0,8	0,75	0,92	-	-	-	-	-	0,82	0,84
$M_n, Нм$	-	-	80	-	-	-	60	-	-	-	-

Порядок расчета

1. Мощность, потребляемая двигателем из сети:

-активная: $P_{1n} = P_{2n} / \eta_n = 12000 / 0,9 = 13333 \text{ Вт} = 13,33 \text{ кВт}$;

-полная: $S = P_{1n} / \cos \varphi_n = 13333 / 0,85 = 15686 \text{ ВА} = 15,7 \text{ кВА}$.

2. Номинальный ток двигателя:

$I_n = P_{1n} / (\sqrt{3} U \cos \varphi_n) = 13333 / (\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,85) = 23,9 \text{ А}$.

3. Мощность потерь в двигателе:

$\Delta P = P_{1n} - P_{2n} = 13333 - 12000 = 1333 \text{ Вт} = 1,33 \text{ кВт}$.

4. Частота вращения магнитного поля статора:

$n_1 = 60f/p = 60 \cdot 50/2 = 1500 \text{ об/мин}$.

5. Номинальное скольжение:

$s_n = (n_1 - n_2) 100 / n_1 = (1500 - 1460) 100 / 1500 = 2,67\%$.

6. Вращающий момент двигателя:
 $M_n = 9,55 P_{2n} / n_{2n} = 9,55 \cdot 12 \cdot 10^3 / 1460 = 78,6 \text{ Н м.}$

Содержание отчета

5. Номер, тема и цель работы.
6. Решение задачи с пояснениями.
7. Схема включения трехфазного асинхронного двигателя.
8. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Какова конструктивная схема асинхронного двигателя?
2. Поясните принцип работы асинхронного двигателя.
3. Почему ротор не может догнать вращающееся поле?
4. Чем определяется частота вращения магнитного поля?
5. Где нашли основное применение асинхронные (трехфазные, однофазные) двигатели?
6. Что представляет собой механическая характеристика асинхронного двигателя?
7. Какие характеристики двигателя называются рабочими?
8. Назовите основные потери в асинхронной машине.
9. Почему КПД асинхронного двигателя ниже, чем у трансформатора?

Список литературы

Кацман М. М. Электрические машины : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / М.М. Кацман. — 12-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2013 — 496 с.

Практическое занятие №6 **Пуск и реверсирование асинхронного двигателя**

Цель: рассмотреть способы пуска и реверсирования асинхронного двигателя.

Порядок выполнения

В учебнике [Л.2] найдите параграф, в котором рассматривается пуск асинхронного двигателя и основываясь на изложенном материале приведите в отчете:

опишите возможные опасности, возникающие при прямом пуске двигателя, границы применимости такого способа;

укажите способы ограничения пускового тока, приведите схемы с обозначениями элементов и их расшифровкой при:

- 1 реостатном пуске двигателя;
- 2 автотрансформаторном пуске;
- 3 пуске в ход переключением со «звезды» на «треугольник»;
- 4 пуске в ход асинхронных двигателей с фазным ротором с помощью пускового реостата.

В учебнике [Л.2] найдите параграф, в котором рассматривается реверсирование асинхронного двигателя и опишите в отчете.

Содержание отчета

1. Номер, тема и цель работы.
2. Описание возможной опасности, возникающей при прямом пуске двигателя.
3. Схема включения трехфазного асинхронного двигателя.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Как осуществить реверс асинхронного двигателя?
2. Перечислите и охарактеризуйте способы пуска асинхронных двигателей.
3. От каких параметров зависит частота вращения двигателя?
4. Перечислите способы регулирования частоты вращения асинхронных двигателей.
5. Чем отличается однофазный двигатель от трехфазного и где он нашел основное применение?
6. В чем состоит принцип работы асинхронного двигателя с расщепленными полюсами?
7. Что характерно для универсального асинхронного двигателя?
8. Где нашли основное применение трехфазные асинхронные двигатели?

Литература

Кацман М. М. Электрические машины : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / М.М. Кацман. — 12-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2013 — 496 с.

Практическое занятие №7

Исследование трехфазного синхронного генератора

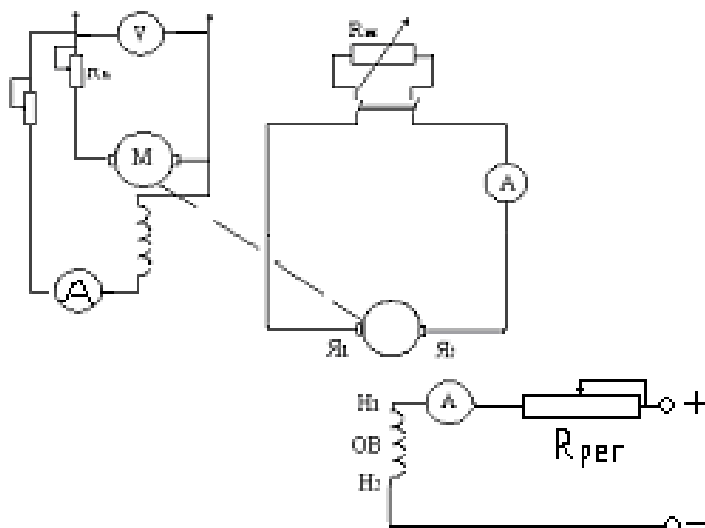
Цель: Изучить конструкцию трехфазного синхронного генератора и приобрести практические навыки при снятии рабочих характеристик

Оборудование: Лабораторный стенд в составе синхронного генератора и приводного двигателя, приборного блока и нагрузочного устройства.

Порядок выполнения

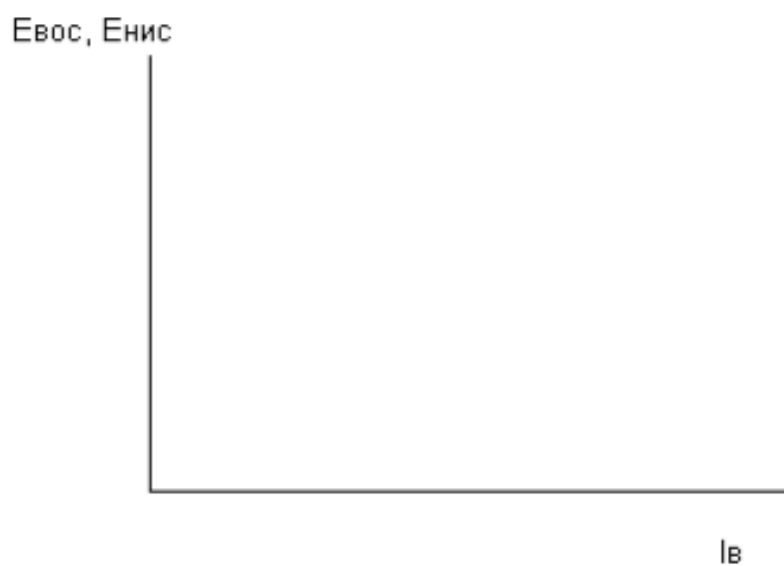
1. Ознакомиться с конструкцией генератора и приводного двигателя, и их паспортными данными и измерительных приборов.
2. Проверить работоспособность стенда.
3. Снять данные и построить характеристику х.х. генератора
4. Снять данные и построить внешнюю характеристику генератора и определить номинальное изменение напряжения при сбросе нагрузки.
5. Снять данные и построить регулировочную характеристику.
6. Составить отчет и сделать заключение о проделанной работе.

Схема соединений:



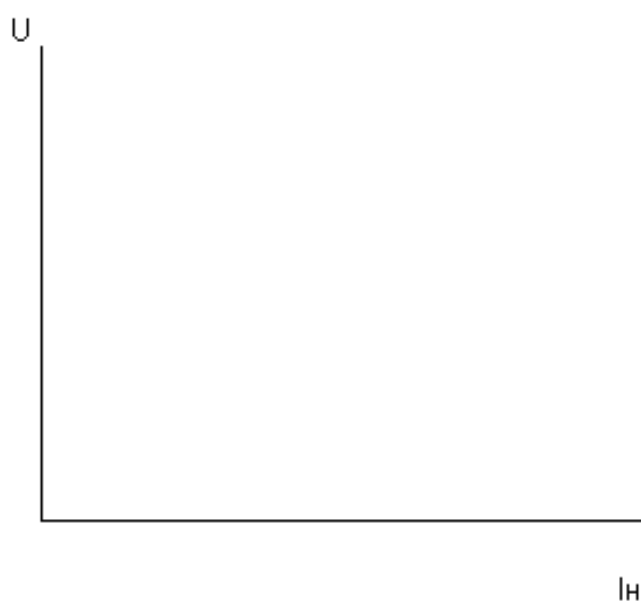
Характеристика холостого хода

Ив, А						
Евос, В						
Енис, В						



Внешняя характеристика

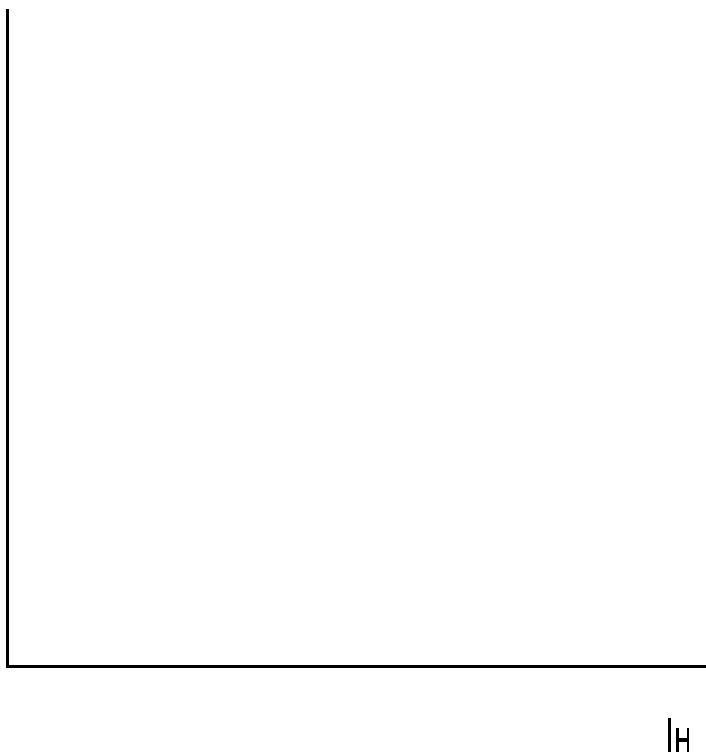
U, В					
I _н , А					



Регулировочная характеристика

U, В					
I _н , А					
I _в , А					

I_B



Содержание отчета

1. Номер, тема и цель работы.
2. Схема включения трехфазного синхронного двигателя
3. Характеристика х.х. генератора.
4. Внешняя характеристику генератора
5. Регулировочная характеристика генератора
6. Ответы на контрольные вопросы.
7. Вывод

Контрольные вопросы

1. Каков принцип действия синхронного генератора ?
2. Какие способы возбуждения применяют в синхронных генераторах?
3. Какова конструкция синхронных машин с явнополюсными и неявнополюсными роторами?
4. Почему характеристика х.х. синхронного генератора, снятые при различных видах нагрузки не совпадают?
5. Как влияет реакция якоря на характеристики генератора?
6. Можно ли регулировать напряжение синхронного генератора изменением частоты вращения ротора?

Литература:

Кацман М. М. Электрические машины : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / М.М. Кацман. — 12-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2013 — 496 с.

Практическое занятие №8 **Исследование трехфазного синхронного двигателя**

Цель: Изучить устройство синхронного двигателя и приобрести практические навыки в сборке схемы, пуске и снятии данных для построения характеристик двигателя; получить экспериментальное подтверждение теоретическим сведениям о свойствах трехфазных синхронных двигателей.

Студент должен *знать*:

- принцип работы синхронного двигателя;
- конструктивные особенности синхронного двигателя и способы его пуска;
- работу синхронного двигателя при изменении тока возбуждения и при изменении нагрузочного момента на валу двигателя;
- *уметь*:
- рассчитывать электромагнитную мощность, электромагнитный момент, перегрузочную способность и построить рабочие характеристики синхронного двигателя.

Краткие теоретические сведения

Известно, что частота вращения ротора синхронного двигателя при изменениях нагрузки остается неизменной, равной синхронной частоте вращения. Однако при перегрузке двигателя или же при резком уменьшении напряжения в сети возможно «выпадение» двигателя из синхронизма. Поэтому при выполнении экспериментов необходимо, контролировать синхронную частоту вращения двигателя. Это удобнее всего делать стробоскопическим способом: либо с помощью строботактометра, либо с помощью стробоскопических меток, нанесенных в виде чередующихся черных и белых полос на поверхность муфты, соединяющей валы двигателя и нагрузочного устройства. Число этих полос должно быть равно числу полюсов $2p$ двигателя. Так, при частоте тока 50 Гц, если $2p = 2$ ($n_1 = 3000$ об/мин), то должна быть одна белая и одна черная полосы, а если $2p = 4$ ($n_1 = 1500$ об/мин), то должны быть две белые и две черные полосы и т. д.

Вращающаяся поверхность с нанесенными полосами должна освещаться лампой, включенной в сеть переменного тока (50 Гц). Если в процессе работы двигателя полосы кажутся неподвижными, то ротор двигателя вращается с синхронной частотой вращения, если же они кажутся вращающимися в сторону

противоположную фактическому вращению муфты, то это свидетельствует о «выпадении» двигателя из синхронизма.

Рабочие характеристики синхронного двигателя представляют собой зависимость тока статора I_1 , потребляемой мощности P_1 нагрузочного момента M_2 и КПД η от полезной мощности двигателя при токе возбуждения $I_B = I_{1\text{ном}}$, соответствующем $\cos\varphi_1 = 1$.

Анализируя результаты лабораторной работы, в первую очередь устанавливают, соответствуют ли номинальные параметры двигателя, полученные опытным путем тем, паспортным данным двигателя. Затем, используя U -образные характеристики двигателя, определяют зоны работы двигателя с отстающим и опережающим током статора. Необходимо определить при каком значении тока возбуждения работа двигателя наиболее экономична. При этом необходимо также иметь в виду влияние индуктивного характера нагрузки, создаваемой потребителями электроэнергии, включенными в общую сеть с синхронным двигателем. Анализируя рабочие характеристики двигателя, следует дать заключение о соответствии формы полученных графиков типовым, приведенным в учебнике.

Ход работы

1. Ознакомиться с конструкцией синхронного двигателя и устройством для его нагрузки, записать паспортные данные двигателя и данные измерительных приборов.
2. Собрать схему по рисунку 10.1.

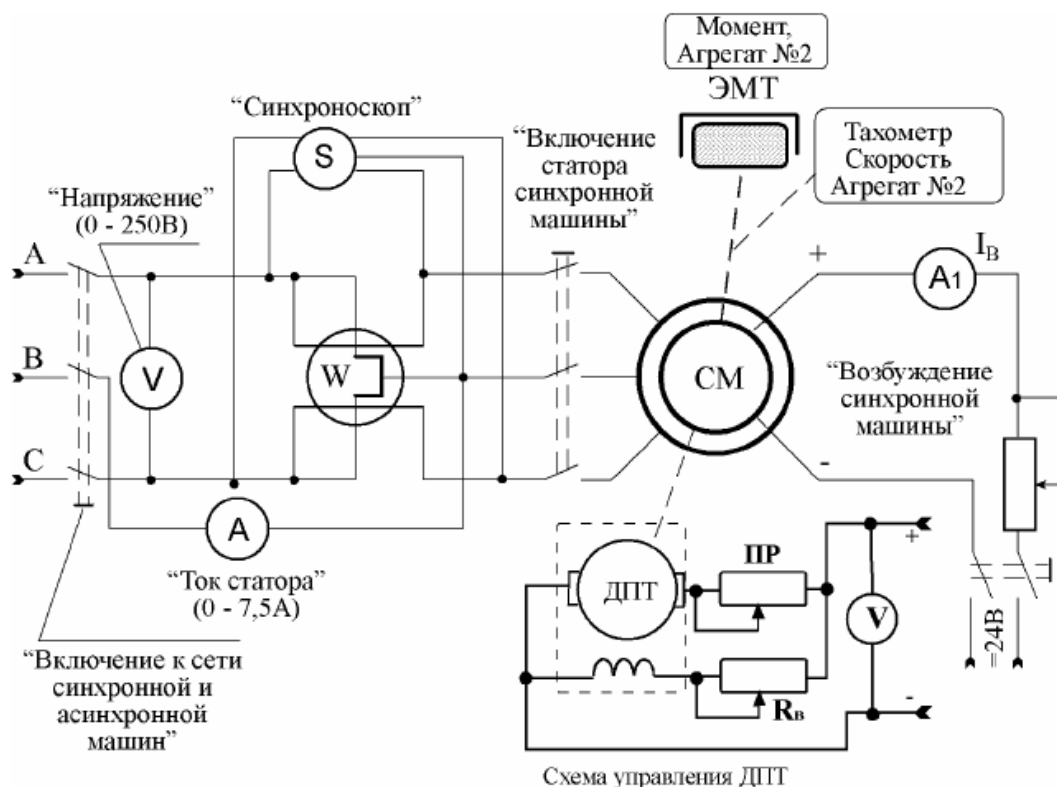


Рисунок 8.1 – Схема включения трехфазного синхронного двигателя

3. Произвести пуск двигателя, снять данные для построения характеристик двигателя.

Схема соединений и пуск двигателя

Для измерения активной мощности, потребляемой двигателем из сети, в схеме (рисунок 10.1) предусмотрен трехфазный двухэлементный ваттметр W , токовые катушки которого включены через трансформаторы тока. В цепь обмотки возбуждения включен переключатель $П$, позволяющий на время пуска двигателя замкнуть обмотку возбуждения $ОВ$ на активное сопротивление r (положение 1), а по окончании пуска подключить эту обмотку к источнику постоянного тока (положение 2), т. е. возбудить двигатель.

В качестве нагрузочного устройства синхронного двигателя в схеме предусмотрен генератор постоянного тока независимого возбуждения. Величина нагрузочного момента на валу двигателя M_2 регулируется электрическим сопротивлением нагрузочного реостата $r_{нг}$, включенного на выводы обмотки якоря генератора, и изменением тока возбуждения генератора (регулирующим реостатом $r_{рг}$). Для увеличения нагрузочного момента уменьшают либо нагрузочное сопротивление $R_{нг}$, либо сопротивление реостата r_r в цепи возбуждения генератора.

Нагрузочный момент на валу двигателя (Н·м)

(8.1)

Мощность на выходе нагрузочного генератора (Вт)

$$P_r = U_r I_r. \quad (8.2)$$

где n_1 - синхронная частота вращения, об/мин;

$\eta_r = f(P_r)$ - КПД генератора (в долях единицы), задается в виде графика;

U_r и I_r - напряжение (В) и ток (А) в цепи якоря генератора, измеряются вольтметром V_r и амперметром A_r .

При включении двигателя в сеть возникает значительный пусковой ток в обмотке статора.

Для предохранения амперметра $A1$ от разрушения большим пусковым током в схеме предусмотрен шунтирующий ключ K . Амперметр $A2$ в цепи $ОВ$ синхронного двигателя должен иметь двустороннюю шкалу (ноль посередине).

После сборки схемы и проверки ее преподавателем осуществляют асинхронный пуск синхронного двигателя. Для этого ключ K , замыкают, а переключатель $П$ ставят в положение 1, т. е. замыкают обмотку возбуждения двигателя на активное сопротивление r . Затем включают рубильник $Р1$, подключающий к сети обмотку статора. Ротор двигателя начинает вращаться, и, разгоняясь, приближается к синхронной частоте вращения. При этом стрелка амперметра $A2$ отклоняется влево и вправо от нуля. Когда нарастание частоты

вращения ротора прекратится, то в момент отклонения стрелки $A2$ в какую-либо сторону следует возбудить двигатель, т. е. быстро перевести переключатель $П$ в положение 2, подав напряжение в цепь $ОВ$. После этого двигатель втягивается в синхронизм и процесс заканчивается. Далее следует разомкнуть ключ K и потенциометром R_{π} установить такую величину тока возбуждения $I_B = I_{B.о.ном}$, при которой ток статора имеет минимальное значение.

U -образные характеристики синхронного двигателя представляют собой зависимость тока статора I_1 , и коэффициента мощности $\cos\varphi_1$ от тока возбуждения двигателя I_B при неизменной полезной мощности двигателя ($P_2 = const$) (рисунок 8.2).

Данные для построения U -образных характеристик получают следующим образом. После пуска синхронного двигателя подключают к генератору нагрузочный реостат $R_{нг}$ (закрывают $P3$) и увеличивают ток возбуждения генератора до значения, при котором ток статора достигнет величины $I_1 = 0,5I_{1ном}$.

Одновременно корректируют величину тока возбуждения двигателя, отыскав такое его значение $I_B = I_{B.ном}$, при котором ток статора имеет минимальное при заданной нагрузке значение, представляющее собой активный ток статора $I_1 = I_{1а}$.

Затем потенциометром R_{π} увеличивают ток возбуждения I_B до значения, при котором ток статора достигнет номинального значения. При этом через приблизительно одинаковые интервалы тока I_1 снимают показания амперметров $A1$ и $A2$ и ваттметра W и заносят в таблицу 10.1. Всего снимают пять показаний. Потом восстанавливают прежнее значение тока возбуждения $I_{B.ном}$ и постепенно уменьшают его до величины, при которой ток статора вновь достигнет номинального значения. Показания приборов заносят в таблицу 10.1

Затем потенциометром R_{π} увеличивают ток возбуждения I_B до значения, при котором ток статора I_1 достигает номинального значения. При этом через приблизительно одинаковые интервалы тока снимают показания амперметров $A1$ и $A2$ и ваттметра W и заносят их в таблицу 10.1. Всего снимают пять показаний. Потом восстанавливают прежнее значение тока возбуждения $I_{B.ном}$ и постепенно уменьшают до величины, при котором ток статора вновь достигнет номинального значения. Показания приборов заносят в таблицу 10.1.

Мощность, потребляемая двигателем из сети (Вт):

$$P_1 = P'_1 k_{тр} C_w, \quad (8.3)$$

где $k_{тр}$ - коэффициент трансформации трансформатора тока;

C_w - цена деления ваттметра, Вт/дел.

Коэффициент мощности двигателя

$$(8.4)$$

где U_1 – напряжение сети, В.

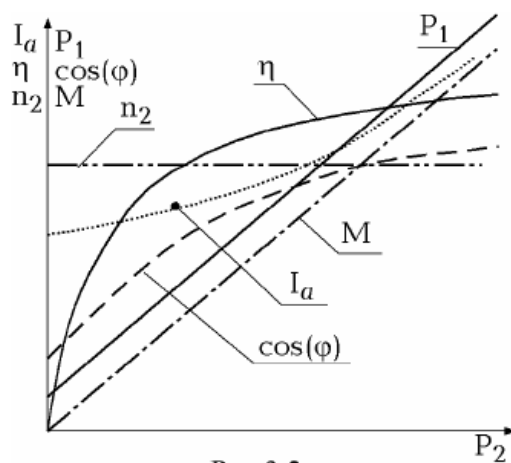


Рисунок 8.2 – U – образные характеристики синхронного двигателя

Рабочие характеристики

После пуска двигателя устанавливают ток возбуждения $I_{в.0.ном}$. Затем замыкают $P3$ и $P4$ (см. рисунок 10.1) и нагружают генератор, постепенно доводя ток статора до значения $I_1 = I_{ном}$. Приблизительно через одинаковые интервалы этого тока снимают показания приборов и заносят их в таблицу 10.2. При каждом снятии показаний приборов следует изменить ток возбуждения двигателя и установить величину $I_{в.ном}$, соответствующую минимальному значению тока статора при данном нагрузочном моменте M_2 .

Затем выполняют расчеты: подводимая к двигателю мощность (10.3) (Вт); мощность на выходе генератора по (10.2) (Вт); момент валу двигателя по (10.1) (Нм); полезная мощность двигателя (Вт)

$$P_2 = P_1 / \eta_{г}, \quad (8.5)$$

коэффициент мощности двигателя по (10.4) КПД (%)

$$\eta = (P_2 / P_1) \cdot 100 \quad (8.6)$$

По данным таблицы 8.2 строят рабочие характеристики синхронного двигателя в одних осях координат.

Таблица 8.1 – Результаты измерения и вычисления

Номер измерения	Измерения			Вычисления	
	$I_{в}, A$	I_1, A	$P'_1, \text{дел.}$	$P_1, \text{Вт}$	$\cos \varphi$

Таблица 8.2 – Результаты измерения и вычисления

Номер измерения и вычисления	Измерения						Вычисления					
	$I_{в}$ А	$I_{в1},$ А	$P'_{1},$ дел	$U_{1},$ В	$U_{г},$ В	$I_{г}$, А	$P_{1},$ Вт	$P_{г},$ Вт	$M_{2},$ Н·м	$P_{2},$ Вт	$\cos\varphi$	$\eta,$ %

Содержание отчета

1. Номер, тема и цель работы.
2. Схема опыта – рисунок 8.1
3. Паспортные данные двигателя и измерительных приборов.
4. Ход работы.
5. Результаты измерений и расчетов - 8.1 и 8.2.
6. График U – образных и рабочих характеристик.
7. Ответы на контрольные вопросы.
8. Вывод о проделанной работе

Контрольные вопросы

1. Объясните принцип работы синхронного двигателя.
2. Какие существуют способы пуска синхронных двигателей
3. С какой целью при асинхронном пуске синхронного двигателя обмотку возбуждения замыкают на активное сопротивление?
4. Почему при регулировке тока возбуждения меняется величина тока статора синхронного двигателя?
5. При каких условиях синхронный двигатель работает с отстающим током статора, а при каких с опережающим?
6. Что такое выпадение синхронного двигателя из синхронизма, и при каких условиях оно происходит?

Литература

Кацман М. М. Электрические машины : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / М.М. Кацман. — 12-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2013 — 496 с.

Практическое занятие №9

Исследование конструкции силового трансформатора

Цель: изучить основные элементы, номинальные параметры, схемы соединения обмоток:

- силового маслонаполненного трансформатора;
- силового сухого трансформатора.

Приборы и оборудование:

- силовой трансформатор марки (указывается марка трансформатора);
- сухой трансформатор марки (указывается марка трансформатора, например, ТС-100/10 У2);
- рулетка.

Краткие теоретические сведения

Трансформатор — статическое электромагнитное устройство, имеющее две (или более) индуктивно связанные обмотки, и предназначенное для преобразования электрической энергии одного напряжения в электрическую энергию другого напряжения. Обмотки электрически не соединены друг с другом и изолированы от магнитопровода.

Принцип действия трансформатора основан на явлении взаимной индукции. Если первичную обмотку включить в сеть переменного тока с напряжением U_1 , то в витках обмотки потечет переменный ток I , который создаст в магнитопроводе переменный магнитный поток Φ . Этот поток, замыкаясь по магнитопроводу, пронизывает витки вторичной обмотки и наводит в них ЭДС. Если $U_x > U_2$, то трансформатор понижающий; если $U_T < U_2$ то трансформатор повышающий.

Силовые трансформаторы марки ТС или ТСЗ общего назначения на напряжения до 10 кВ включительно имеют естественное воздушное охлаждение. Активная часть трансформаторов не защищена у трансформаторов ТС и находится в защитном кожухе у трансформаторов ТСЗ. Трансформаторы предназначены для внутренней установки при длительном режиме работы в следующих условиях:

- высота над уровнем моря до 1000 м;
 - температура окружающего воздуха от минус 45 до плюс 40 °С;
- относительная влажность воздуха не более 80% при 20 °С.

Преимущества сухих трансформаторов перед масляными:

- отпадает необходимость в испытаниях, замене масла;
- взрыво-и пожаробезопасны;
- экологически чистые.

Порядок выполнения

1. Исследование конструкции силового маслонаполненного трансформатора.

1.1. Указать назначение исследуемого трансформатора, записать и расшифровать его полную маркировку.

1.2. Изучить номинальные параметры трансформатора и записать их значения в табл. 1.1.

Таблица 1.1-Номинальные параметры трансформатора

№	Наименование параметра	Значение параметра
1	Номинальная мощность S_n , кВА	
2	Номинальное напряжение первичной обмотки $U_{н1}$, кВ	
3	Номинальное напряжение вторичной обмотки $U_{н2}$, кВ	
4	Напряжение короткого замыкания u_k , %	
5	Коэффициент трансформации K_t	
6	Схемы и группа соединения обмоток	
7	Масса, кг	

1.3. Изучить конструкцию трансформатора и указать название его основных элементов.

1.4. Определить основные размеры трансформатора. Результаты измерений записать в табл. 1.2.

Таблица 1.2-Габаритные размеры трансформатора

Обозначение габарита	Значение габарита, мм
A-расстояние между роликами трансформатора	
A1-расстояние между фазами первичного напряжения	
A2-расстояние между фазами вторичного напряжения	
H1 -высота основного бака трансформатора	
H2-высота трансформатора с расширительным баком	

2. Исследование конструкции силового сухого трансформатора.

2.1. Указать назначение исследуемого трансформатора, записать и расшифровать его полную маркировку.

2.2. Изучить номинальные параметры трансформатора и записать их значения в табл. 1.3.

Таблица 1.3-Номинальные параметры трансформатора

№	Наименование параметра	Значение параметра
1	Номинальная мощность S_N , кВА	
2	Номинальное напряжение первичной обмотки U_{H1} , кВ	
3	Номинальное напряжение вторичной обмотки U_{H2} кВ	
4	Напряжение короткого замыкания u_K , %	
5	Коэффициент трансформации K_t	
6	Схемы и группа соединения обмоток	
7	Масса, кг	

2.3. Изучить конструкцию трансформатора и указать название его основных элементов.

2.4. Определить основные размеры трансформатора, используя рис. 1.1. Результаты измерений записать в табл. 1.4.

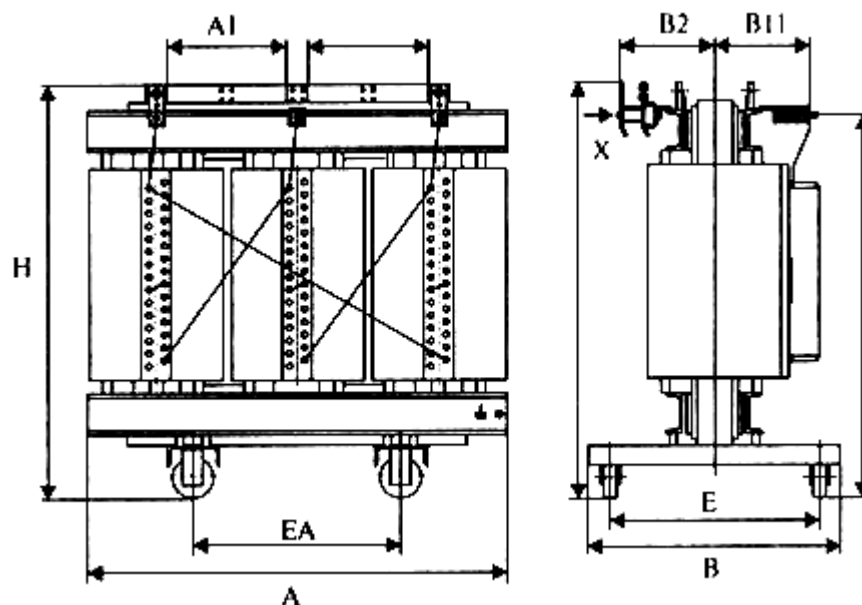


Рис.1.1 Габаритные размеры сухого трансформатора

Таблица 1.4-Габаритные размеры трансформатора

Обозначение габарита	Значение габарита
H-высота трансформатора, мм	
A-длина трансформатора, мм	
B-ширина трансформатора, мм	
A1-расстояние между фазами первичного напряжения, мм	
A2-расстояние между фазами вторичного напряжения, мм	
EA-расстояние между осями роликов (колес), мм	
E-расстояние между роликами (колесами) по ширине трансформатора, мм	
B2 — расстояние от оси (центра) сердечника до ввода первичного напряжения, мм	
B11 — расстояние от оси (центра) сердечника до ввода вторичного напряжения, мм	

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Марка трансформатора, ее расшифровка.
3. Таблица с номинальными параметрами трансформатора.
4. Рисунок с указанием основных узлов трансформатора.
5. Таблица с габаритными размерами трансформатора.
6. Ответы на контрольные вопросы.
7. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Назначение масла в силовом трансформаторе.
2. Укажите особенность конструктивного выполнения магнито-провода трансформатора.
3. Назначение расширительного бака трансформатора.
4. Назначение радиаторов.
5. Назовите режимы работы трансформаторов.
6. Почему трансформатор называют сухим?
7. С какой целью у трансформатора ТСЗ устанавливают защитный кожух?
8. Опишите схему соединения обмоток изучаемого трансформатора.

Литература:

Кожунов В.И. Устройство электрических подстанций-М.: ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ», 2016, с.59-71

Практическое занятие № 10

Расчет полной мощности трансформаторной подстанции

Цель: научиться рассчитывать мощность понижающей трансформаторной подстанции и производить выбор силовых трансформаторов.

Исходные данные:

Расчет мощности произвести для подстанции, от шин вторичного напряжения которой питаются три районных потребителя 1 и 2 категорий. Трансформаторы мощностью до 1000 кВА желательно выбирать сухие, т. к. маслонаполненные являются взрыво-и пожароопасными.

Таблица 6.1-Характеристики потребителей

№	Наименование потребителя	Установленная мощность потребителя, $P_{уст}$, кВт	Коэффициент спроса, K_c	Коэффициент мощности, $\cos\varphi$	Напряжение в ЛЭП потребителя, кВ
1					
2					
3					

Типовые суточные графики нагрузок потребителей [4, стр. 303] задает преподаватель.

$U_{н1}$ — первичное напряжение трансформатора, кВ;

$U_{н2}$ — вторичное напряжение трансформатора, кВ.

Краткие теоретические сведения

Расчет мощности трансформаторной понижающей подстанции производится с целью выбора количества и мощности силовых трансформаторов — главного понижающего и трансформатора собственных нужд. При расчете полной мощности подстанции учитываются установленные мощности, коэффициенты мощности и спроса районных потребителей, которые получают электроэнергию от проектируемой подстанции, категории районных потребителей, напряжения в ЛЭП этих потребителей и типовые суточные графики активной мощности каждого потребителя.

Порядок выполнения

Расчет максимальной активной мощности районных потребителей:

$$P_{\text{макс}} = K_c P_{\text{уст}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{уст}}$ — установленная мощность районного потребителя, кВт;

K_c — коэффициент спроса.

$$P_{\text{макс1}} = K_{c1} P_{\text{уст1}}$$

$$P_{\text{макс2}} = K_{c2} P_{\text{уст2}}$$

$$P_{\text{макс3}} = K_{c3} P_{\text{уст3}}$$

$$\Sigma P_{\text{макс}} = P_{\text{макс1}} + P_{\text{макс2}} + P_{\text{макс3}}$$

2. Определение активной нагрузки потребителей для каждого часа суток. Используя типовые графики нагрузок заполнить табл. 6.2. Мощность потребителя, выраженная в процентах, записывается в графу «РП-..., %» для каждых двух часов с графика нагрузки потребителя. Мощность потребителя, выраженная в кВт, записывается в графу «РП-..., кВт». Процент берется от $P_{\text{макс}}$ соответствующего потребителя. Перевод процентов в киловатты осуществляется по формуле:

$$P = \frac{P_{\text{макс}}}{100} \cdot P_t, \quad (2)$$

где P_t — мощность в процентах, взятая из типового графика нагрузки для момента времени $t, \%$.

Таблица 6.2-Активные суточные нагрузки потребителей

Время	РП-1 $P_{t1, \%}$	РП-1 $P_1, \text{ кВт}$	РП-2 $P_{t2, \%}$	РП-2 $P_2, \text{ кВт}$	РП-3 $P_{t3, \%}$	РП-3 $P_3, \text{ кВт}$	$\Sigma P_{\text{макс}}^*$ кВт
1	2	3	4	5	6	7	8
0-2							
2-4							
4-6							
6-8							

8-10							
10-12							
12-14							
14-16							
16-18							
18-20							
20-22							
22-24							

В табл. 6.2 выделить строку с максимальным значением $\Sigma P^*_{\text{макс}}$

$$\Sigma P^*_{\text{макс}} = P_1 + P_2 + P_3$$

3. По результатам расчетов, занесенных в табл. 6.2, в одной координатной системе и одном масштабе построить суточные графики активной мощности потребителей и суммарный график потребления активной мощности.

4. Расчет максимальной реактивной мощности районных потребителей:

$$Q_{\text{макс}} = \operatorname{tg} \varphi \cdot P_{\text{макс}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{макс}}$ — максимальная мощность районного потребителя, кВт;

$\operatorname{tg} \varphi$ — тангенс угла, определяется по заданному коэффициенту мощности

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sqrt{\cos^2 \varphi - 1}}{\cos \varphi}$$

$$Q_{\text{макс}1} = \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot P_{\text{макс}1}$$

$$Q_{\text{макс}2} = \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot P_{\text{макс}2}$$

$$Q_{\text{макс}3} = \operatorname{tg} \varphi_3 \cdot P_{\text{макс}3}$$

$$\Sigma Q_{\text{макс}} = Q_{\text{макс}1} + Q_{\text{макс}2} + Q_{\text{макс}3}$$

5. Расчет полной мощности районных потребителей:

$$S_{\text{пн}} = K_{\text{рм}} \left(1 + \frac{P_{\text{пост}} + P_{\text{пер}}}{100} \right) \cdot \sqrt{\Sigma P_{\text{макс}}^2 + \Sigma Q_{\text{макс}}^2}, \quad (4)$$

где $P_{\text{пост}}$ — постоянные потери в стали трансформатора, $P_{\text{пост}} = 1\text{—}2\%$ (в расчет $P_{\text{пост}} = 2\%$);

$P_{\text{пер}}$ — переменные потери в меди трансформатора, $P_{\text{пер}} = 6\text{--}10\%$ (в расчет $P_{\text{пер}} = 8\%$);

$\Sigma P_{\text{макс}}$ — максимальная суммарная активная мощность районных потребителей, кВт;

$\Sigma Q_{\text{макс}}$ — максимальная суммарная реактивная мощность районных потребителей, квар;

K_{pm} — коэффициент разновременного наступления максимумов нагрузок

$$K_{pm} = \frac{P_{\text{макс}}^*}{P_{\text{макс}}}, \quad (5)$$

6. Расчет полной мощности трансформаторной подстанции:

$$S_{n/cm} = S_{pn} + S_{cn}, \quad (6)$$

где S_{cn} — мощность собственных нужд подстанции, кВА.

Мощность собственных нужд подстанции составляет 0,5-0,8% от мощности районных потребителей

$$S = \frac{\dots}{100} \cdot S_{pn}, \quad (7)$$

7. Выбор главного понижающего трансформатора.

Условие выбора:

$$S_{n.mp} \geq \frac{S_{n/cm}}{K_{ав} \cdot (n-1)}, \quad (8)$$

где $K_{ав}$ — коэффициент перегрузки трансформатора в аварийном режиме, $K_{ав} = 1,4$;

n — число трансформаторов, $n = 2$. К установке принимается главный понижающий трансформатор (указывается марка трансформатора).

$$S_{n.mp} = \dots \text{кВА} > S_{\text{расч./cm}} \dots \text{кВА}$$

электрические характеристики главных понижающих трансформаторов приведены в табл. 6.3 и 6.4.

Таблица 6.3-Электрические характеристики силовых маслонаполненных трансформаторов с первичным напряжением 35 кВ

Марка трансформатора	Номинальная мощность трансформатора $S_{n.mp}$, кВА	Номинальное напряжение первичной обмотки U_{H1} , кВ	Номинальное напряжение вторичной обмотки U_{H2} , кВ	Напряжение короткого замыкания u_k , %	Схема и группа соединения обмоток
ТМ-1000/35	1000	35	10,5	6,5	Y / Δ-11
ТМН-1000/35	1000	35	10,5	6,5	Y / Δ-11
ТМ-1600/35	1600	35	10,5	6,5	Y / Δ-11
ТМН-1600/35	1600	35	10,5	6,5	Y / Δ-11
ТМ-2500/35	2500	35	10,5	6,5	Y / Δ-11
ТМН-2500/35	2500	35	10,5	6,5	Y / Δ-11
ТМ-4000/35	4000	35	10,5	7,5	Y / Δ-11
ТМН-4000/35	4000	35	10,5	7,5	Y / Δ-11
ТМ-6300/35	6300	35	10,5	7,5	Y / Δ-11
ТМН-6300/35	6300	35	10,5	7,5	Y / Δ-11

ТД-10000/35	10000	35	10,5	7,5	Y / Δ – 11
ТМ-16000/35	16000	35	10,5	8,0	Y / Δ – 11

Таблица 6.4-Электрические характеристики силовых маслонаполненных трансформаторов с первичным напряжением 110 кВ

Марка трансформатора	Номинальная мощность трансформатора $S_{н.тр}$, кВА	Номинальное напряжение первичной обмотки $U_{н1}$, кВ	Номинальное напряжение вторичной обмотки $U_{н2}$, кВ	Напряжение короткого замыкания u_k , %	Схема и группа соединения обмоток
1	2	3	4	5	6
ТМН-6300/110	6300	115	11	10,5	Y / Δ – 11
ТМН-6300/110	6300	115	38,5	10,5	Y / Δ – 11
ТДН-10000/110	10000	115	11	10,5	Y / Δ – 11
ТМН-10000/110	10000	115	11	10,5	Y / Δ – 11
ТМН-10000/110	2500	115	38,5	10,5	Y / Δ – 11
ТДН-16000/110	16000	115	11	10,5	Г/А-11
ТДН-16000/110	16000	115	38,5	10,5	Г/Д-11
ТДН-25000/110	25000	115	38,5	10,5	Г/А-11
ТДН-40000/110	40000	115	38,5	10,5	Г/Д-11
ТДН-63000/110	63000	115	38,5	10,5	Г/Д-11

8. Выбор трансформатора собственных нужд. Условие выбора:

$$S_{н.тр} \geq S_{сн}, \quad (9)$$

где $S_{н.тр}$ — номинальная мощность трансформатора собственных нужд, кВА;

$S_{сн}$ — расчетная мощность собственных нужд подстанции, кВА. К установке принимается трансформатор собственных нужд (указывается марка трансформатора).

Электрические характеристики трансформаторов собственных нужд приведены в табл. 6.5 и 6.6.

Таблица 6.5-Электрические характеристики силовых маслонаполненных трансформаторов с первичным напряжением 35, 10 кВ

Марка трансформатора	Номинальная мощность трансформатора $S_{н.тр}$, кВА	Номинальное напряжение первичной обмотки $U_{н1}$, кВ	Номинальное напряжение вторичной обмотки $U_{н2}$, кВ	Напряжение короткого замыкания u_k , %	Схема и группа соединения обмоток
1	2	3	4	5	6
ТМГ-63/10	63	10	0,4	4	Y/ Y -0

ТМГ-63/35	63	35	0,4	4,5	Y/ Y -0
ТМГ-100/10	100	10	0,4	4	Y/ Y -0
ТМ Г-100/35	100	35	0,4	4,5	Y/ Y -0
ТМГ-160/10	160	10	0,4	4	Y/ Y -0
ТМГ-160/35	160	35	0,4	4,5	Y/ Y -0
ТМГ-250/10	250	10	0,4	4	Y/ Y -0
ТМГ-250/35	250	35	0,4	4,5	Y/ Y -0
ТМГ-400/10	400	10	0,4	4	Y/ Y -0
ТМГ-400/35	400	35	0,4	4,5	Y/ Y -0

Таблица 6.6-Электрические характеристики силовых сухих трансформаторов с первичным напряжением 10 кВ

Марка трансформатора	Номинальная мощность трансформатора $S_{нтр}$, кВА	Номинальное напряжение первичной обмотки U_{H1} ,кВ	Номинальное напряжение вторичной обмотки U_{H2} ,кВ	Напряжение короткого замыкания u_k ,%	Схема и группа соединения обмоток
ТС-63/10	63	10	0,4	4	Y/ Y -0
ТС3-63/10	63	10	0,4	4	Y/ Y -0
ТС-100/10	100	10	0,4	4	Y/ Y -0
ТС3-100/10	100	10	0,4	4	Y/ Y -0
ТС-160/10	160	10	0,4	4	Y/ Y -0
ТС3-160/10	160	10	0,4	4	Y/ Y -0
ТС-250/10	250	10	0,4	4	Y/ Y -0
ТС3-250/10	250	10	0,4	4	Y/ Y -0
ТС-400/10	400	10	0,4	4	Y/ Y -0
ТС3-400/10	400	10	0,4	4	Y/ Y -0

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Таблица с характеристиками районных потребителей.
3. Расчеты активной, реактивной и полной мощности районных потребителей, мощности собственных нужд подстанции, полной мощности подстанции.
4. Суточные графики активной мощности потребителей и суммарный график потребления активной мощности.
5. Выбор главного понижающего трансформатора и трансформатора собственных нужд.
6. Ответы на контрольные вопросы.
7. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Что учитывает коэффициент спроса?

2. Назовите виды графиков нагрузок потребителей.
3. С какой целью производят расчет мощности трансформаторной подстанции?

Литература:

Кожунов В.И. Устройство электрических подстанций-М.: ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ», 2016, С. 300-308.

Практическое занятие № 11

Выбор и проверка токоведущих частей и изоляторов для открытого распределительного устройства

Цель: приобрести практические навыки в выборе и проверке токоведущих частей в открытом распределительном устройстве, проверке выбранных токоведущих частей на термическую стойкость к токам короткого замыкания и на образование короны.

Исходные данные:

1. Однолинейная схема электрической подстанции (см. прил.).
2. S_{H-TP} — номинальная мощность главного понижающего трансформатора (Т1, Т2), кВА;
3. U_{H1} — номинальное напряжение первичной обмотки главного понижающего трансформатора (Т1, Т2), кВ;
4. $I_{кл}$ — ток трехфазного короткого замыкания на первичной стороне трансформатора, кА;
5. $I_{откл}$ — время отключения тока КЗ релейной защитой выключателя Q2(Q3), с.

Краткие теоретические сведения

В открытых распределительных устройствах напряжением 35(110, 220) кВ применяются гибкие токоведущие части — сталеалюминиевые многопроволочные провода марки АС. Выбор проводов производится по условиям нагрева, проверка — на термическую стойкости к токам КЗ и по условию отсутствия коронирования. На электродинамическую стойкость гибкие токоведущие части не проверяются.

Порядок выполнения

1. Расчет рабочего тока на вводе в трансформатор Т1 (Т2).

$$I_1 = \frac{K_H \cdot S_{н.мп}}{\sqrt{3} \cdot U_{H1}}, (1)$$

где K_H — коэффициент нагрузки, $K_H = 1,4$.

2. Выбор токоведущих частей по условию нагрева. Условие выбора:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{раб.мак}} \quad (2)$$

где $I_{\text{доп}}$ — допустимый ток для выбранной токоведущей части, А;

$I_{\text{раб.мак}}$ - максимальный рабочий ток присоединения, для которого производится выбор токоведущих частей, А.

Характеристики выбранных токоведущих частей занести в табл. 1.1.

Выбор проводов марки АС производится по табл. 1.2.

Таблица 1.1-Характеристика токоведущих частей

Наименование присоединения	Максимальный рабочий ток $I_{\text{раб.мак}}$, А	Допустимый ток $I_{\text{доп}}$, А	Материал и сечение токоведущей части, мм ²
Ввод U _{нп} к В			АС-

Таблица 1.2-Допустимые токи на неизолированные провода

Сечение провода, мм ²	Допустимый ток для провода марки А, А	Допустимый ток для провода марки АС, А	Допустимый ток для провода марки М, А
4	—	—	50
6	—	—	70
10	—	80	95
16	105	105	130

Продолжение таблицы 1.2

25	135	130	180
35	170	175	220
50	215	210	270
70	265	265	340
95	320	330	415
120	375	380	485
150	440	445	570
185	500	510	640
240	590	610	760
300	680	690	880
400	815	835	1050
500	980	—	—
600	1070	-	-

3. Проверка токоведущих частей на термическую стойкость. Условие проверки:

$$q_{\text{min}} \leq q_{\text{расч}} \quad (3)$$

где q_{min} — минимальное сечение токоведущей части, мм²;

$q_{расч}$ — расчетное сечение токоведущей части, мм² (расчетное сечение берется из маркировки выбранного провода, например, для провода АС-150 $q_{расч} = 150$ мм²).

$$q_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C},$$

где B_k — тепловой импульс, кА² · с;

C — коэффициент, учитывающий соотношение максимально- допустимой температуры токоведущей части и температуры при нормальном режиме работы.

$C = 0,171$ кА·с^{1/2}/мм² — для медных проводов; $C = 0,088$ кА·с^{1/2}/мм² — для алюминиевых, сталеалюминиевых проводов;

$C = 0,06$ кА·с^{1/2}/мм² — для стальных проводов.

$$B_k = I_K^2 \cdot (t_{отк} + T_a) \quad (5)$$

T_a — постоянная времени затухания апериодической составляющей тока короткого замыкания, $T_a = 0,05$ с.

Проверка выполнения условия 3:

$$q_{min} = \dots \text{ мм}^2 < q_{расч} = \dots \text{ мм}^2.$$

Условие проверки выполняется, токоведущая часть термически устойчива к току короткого замыкания (если условие 3 не выполняется, то необходимо выбрать токоведущую часть большего сечения или из другого материала).

4. Проверка токоведущих частей на отсутствие короны. Условие проверки:

$$0,9 \cdot E_0 > 1,07 \cdot E, \quad (6)$$

где E_0 — максимальное значение начальной критической напряженности электрического поля, при которой возникает коронный разряд, кВ/см;

E — напряженность электрического поля около поверхности провода, кВ/см.

$$E_0 = 30,3m \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_{np}}} \right), \quad (7)$$

где r_{np} — радиус провода, см, определяется по сечению выбранного провода:

$$r_{np} = \frac{\sqrt{\frac{q_{расч}}{\pi}}}{10},$$

m — коэффициент шероховатости провода, $m = 0,82$.

$$E = \frac{0,354U}{r_{np} \cdot \lg \frac{D_{cp}}{r_{np}}}, \quad (8)$$

где U — линейное напряжение, кВ;

D_{cp} — среднее геометрическое расстояние между проводами фаз, см.

При горизонтальном расположении проводов фаз расстояние между соседними фазами:

$D = 150$ см при напряжении 35 кВ;

$D = 300$ см при напряжении 110 кВ;

$D = 400$ см при напряжении 220 кВ.

$$D_{cp} = 1,26D \quad (9)$$

Проверка выполнения условия 6:

$E_0 = \dots$ кВ/см $> E = \dots$ кВ/см.

Условие проверки выполняется, коронирование отсутствует (если условие 6 не выполняется, то необходимо выбрать токоведущую часть большего сечения).

5. Выбор подвесных тарельчатых изоляторов.

Подвесные тарельчатые изоляторы предназначены для механического крепления и изоляции проводов, гибких шин в открытых распределительных устройствах электрических подстанций. Подвесные изоляторы ПС (подвесные стеклянные) или ПФ (подвесные фарфоровые) собираются в гирлянды.

Выбор подвесных изоляторов свести в табл. 1.3. Характеристики выбранных изоляторов взять из табл. 1.4. Количество изоляторов в гирлянде на разный уровень напряжения приведено в табл. 1.5.

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Расчеты рабочего тока и условие выбора токоведущих частей.
3. Таблица с характеристиками выбранных токоведущих частей.
4. Проверка токоведущих частей на термическую стойкость и на отсутствие короны.
5. Таблица с характеристиками выбранных подвесных изоляторов.
6. Ответы на контрольные вопросы.
7. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Как располагают в сталеалюминиевом проводе материалы (сталь и алюминий) и почему так?
2. Как проявляется термическое действие тока короткого замыкания на токоведущей части?
3. В чем преимущество стеклянных изоляторов перед фарфоровыми?

Литература:

Кожунов В.И. Устройство электрических подстанций-М.: ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ», 2016, с.91;94-96;105-107

Практическое занятие № 12

Изучение конструкции магнитного пускателя

Цель: изучить конструкцию магнитного пускателя марки ПАЕ.

Оборудование: магнитный пускатель серии ПАЕ.

Краткие теоретические сведения

Магнитные пускатели предназначены для дистанционного управления электродвигателями и другими электроустановками мощностью до 75 кВт. Они обеспечивают нулевую защиту, т.е. при исчезновении напряжения или его снижении до 50—60% от номинального катушка не удерживает магнитную систему пускателя, и силовые контакты размыкаются. При восстановлении напряжения приемник электроэнергии остается отключенным. Это исключает возможность аварий, связанных с самопроизвольным пуском электродвигателя или другой электроустановки. Пускатели с тепловыми реле осуществляют защиту электродвигателя от длительных перегрузок.

Магнитные пускатели изготавливаются в открытом, защищенном, пылеводозащищенном и пылебрызгонепроницаемом исполнении на напряжения 220, 380 В. Они могут быть реверсивными и нереверсивными. Реверсивные магнитные пускатели изменяют направление вращения электродвигателя.

Изучение конструкции магнитного пускателя допускается на любой другой серии.

Порядок выполнения

1. Указать назначение магнитного пускателя, записать и расшифровать его полную маркировку.

Пример расшифровки маркировки магнитного пускателя ПАЕ-311:

ПАЕ — серия; Первая цифра — номинальный ток пускателя, А:

3- 40 А,

4- 63 А,

5- 100 А,

6- 160 А.

Вторая цифра — обозначение исполнения:

1 — открытое,

2 — защищенное,

3 — пылезащищенное,

4 — пылебрызгонепроницаемое. Третья цифра — дополнительные признаки:

- 1 — без теплового реле, нереверсивные,
- 2 — с тепловым реле, нереверсивные;
- 3 — без теплового реле, реверсивные;
- 4 — с тепловым реле, реверсивные;
- 5 — без теплового реле, со встроенными кнопками «Пуск» и «Стоп»;
- 6 — с тепловым реле, со встроенными кнопками «Пуск» и «Стоп».

Записать номинальные параметры магнитного пускателя в табл. 5.1.

Таблица 5.1-Основные технические данные магнитного пускателя серии ПАЕ

Наименование параметра	Значение параметра
Номинальный ток, А	
Номинальное напряжение коммутируемой цепи, В:	
Исполнение	
Наличие тепловых реле	
Реверсивность	

3. Изучить конструкцию магнитного пускателя. На рис. 5.1 указать названия основных элементов.

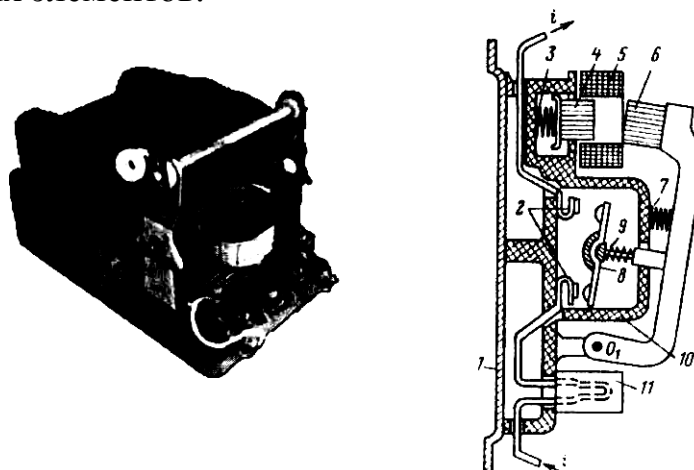


Рис. 5.1. Внешний вид и конструктивная схема магнитного пускателя серии ПАЕ

4. Пояснить принцип работы магнитного пускателя, используя представленную в задании электрическую схему (см. рис. 5.2):

- при нажатии кнопки SB1;
- при нажатии кнопки SB2.

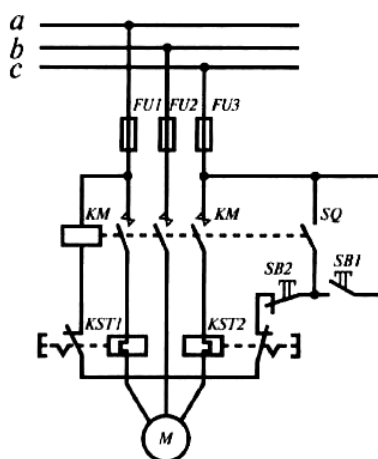


Рис. 5.2. Электрическая схема магнитного пускателя серии ПАЕ

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Назначение, расшифровка марки магнитного пускателя.
3. Таблица с номинальными параметрами магнитного пускателя.
4. Рисунок магнитного пускателя с указанием основных элементов конструкции.
5. Электрическая схема магнитного пускателя.
6. Описание принципа работы магнитного пускателя.
7. Ответы на контрольные вопросы.
8. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Почему для защиты электродвигателя оттоков короткого замыкания предусмотрены предохранители, а не достаточно термореле?
2. Какое напряжение в катушке магнитного пускателя и в обмотках электродвигателя?
3. Укажите принцип работы магнитного пускателя при перегрузке в электродвигателе.

Литература:

Кожунов В.И. Устройство электрических подстанций-М.: ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ», 2016, с.126-127

Практическое занятие № 13

Расчет внутреннего освещения

Цель: научиться основным методам расчета внутреннего или наружного освещения.

Раздаточный материал:

- таблицы для расчетов освещения.

Задание выдается преподавателем (по вариантам).

Краткие теоретические сведения

В соответствии со СНиП 23-05-95 для освещения помещений, как правило, следует предусматривать газоразрядные лампы низкого и высокого давления (люминесцентные, ДРЛ, металлогенные, натриевые, ксеноновые и др.).

В случае невозможности или технико–экономической нецелесообразности применения газоразрядных источников света допускается использование ламп накаливания.

Одним из наиболее простых способов определения мощности ламп, необходимых для равномерного освещения какого – либо помещения, является расчет по методу удельной мощности. Удельной мощностью называется отношение установленной мощности ламп к величине освещаемой площади (Вт/м^2).

Сущность расчета освещения по методу удельной мощности заключается в том, что в зависимости от типа светильника и места его установки

(высоты подвеса его над рабочей поверхностью h), освещенности на горизонтальной поверхности E и площади помещения S определяется значение удельной мощности ω .

Метод коэффициента использования светового потока применяется для расчета общего равномерного освещения помещений при отсутствии существенных затемнений рабочей поверхности.

Исходными данными к расчету являются:

S – площадь помещения, м^2 ;

h – расчетная высота, м;

A, B – стороны помещения, м;

E – номинальная освещенность, Лк.

Коэффициент использования светового потока η является сложной функцией многих переменных. Практически он определяется по таблице 4.23 [15] в зависимости от типа светильника, коэффициентов отражения потолка $\rho_{\text{п}}$, стен $\rho_{\text{с}}$ и расчетной поверхности $\rho_{\text{р}}$, а также индекса помещения i .

Разработка проекта наружного освещения способом компоновки изолюксов практически производится следующим образом. На освещаемой территории прежде всего намечают, руководствуясь планировочным и светотехническим соображениями, возможные места размещения прожекторных мачт, затем выясняют возможность установки прожекторов на высотных сооружениях и естественных возвышенностях, если они имеются на освещаемой территории или в непосредственной близости от неё. Далее, применяя заранее изготовленные шаблоны, имеющие форму выбранной изолюксы, при высоте установки прожектора H и угле наклона Θ намечают наиболее выгодное их размещения на плане территории. При этом необходимо добиваться полного (без пропусков) покрытия шаблонами одного светового пятна другим.

Чтобы рассчитать освещенность помещения методом коэффициента использования светового потока, необходимо сначала выбрать источник света. Газоразрядные лампы (люминесцентные и ДРЛ) рекомендуются:

- для освещения основных производственных помещений, где выполняются работы большой и средней точности;
- для производственных помещений с недостаточным естественным освещением при постоянном пребывании людей;
- во вспомогательных помещениях с постоянным пребыванием людей при норме освещенности при газоразрядных лампах 150 лк и более

Люминесцентные лампы рекомендуется применять в первую очередь:

- в помещениях с тонкими и напряженными работами (контроль и сортировка изделий, сборка приборов, чертежная работа, конторские помещения),
- при необходимости правильного различия цветов (ткацкие и швейные цеха, цветная печать в полиграфии);
- во вспомогательных и проходных помещениях, смежных с производственными, где применены люминесцентные лампы (вестибюли, гардеробы, коридоры, лестницы, умывальные, туалеты); но редко.

При необходимости правильного различения цветовых оттенков применяют люминесцентные лампы типа ЛДЦ (или ЛД и ЛХБ), в остальных случаях лампы типа ЛБ (допускаются ЛД и ЛХБ). Следует стремиться к применению люминесцентных ламп наибольшей возможной единичной мощности. Совместное применение в одном помещении ламп накаливания и люминесцентных не ограничивается, но рекомендуется, чтобы основная часть освещенности каждого рабочего места создавалась источниками света какого-либо одного типа. Люминесцентные лампы могут применяться в высоких помещениях, при этом в помещениях высотой 8 м и более их целесообразно устанавливать в светильниках с зеркальными отражателями.

Лампы ДРЛ рекомендуется применять:

- для общего освещения производственных помещений преимущественно высотой более 6 м, если по характеру работы не требуется различие окрашенных поверхностей (например, цехи металлургической, машиностроительной, судостроительной промышленности);
- для основных проездов и проходов с интенсивным движением транспорта и людей на территориях промпредприятий; для других участков открытых пространств, требующих повышенной освещенности.

Ксеноновые лампы рекомендуются для освещения больших открытых пространств – карьеров, морских и речных портов, мест производства открытых, работ на территории промпредприятий, открытых складов, лесных бирж, железнодорожных сортировочных станций, предзаводских площадей.

Лампы накаливания применяются в основном:

- для проходных и вспомогательных помещений без постоянного пребывания людей;
- в производственных помещениях с грубыми работами;
- в помещениях с особо тяжёлыми условиями среды;

- для проездов и проходов на территории промпредприятий со средней и слабой интенсивностью движения людей и транспорта;

- для охранного освещения; в наружных прожекторных установках. Лампы накаливания используются также в специальных случаях:

- для аварийного освещения, питаемого или переключаемого на питание непостоянным током, когда требуются применение светильников малых габаритов, создающих направленное освещение;

- для помещений, в которых по условиям технологии недопустимо применение газоразрядных ламп (например, по причинам создания ими радиопомех);

- для взрывоопасных помещений и взрывоопасных наружных установок используются преимущественно лампы накаливания.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A+B)} \quad (13.1)$$

Расчётная высота h определяется по рисунку 13.1

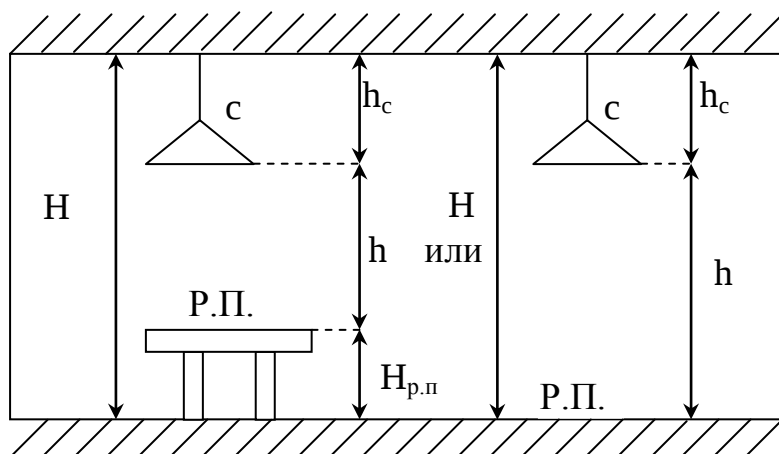


Рисунок 13.1 – Определение расчётной высоты; H – высота помещения; h_c – высота свеса светильника; $h_{р.п.}$ – высота рабочей поверхности, $с$ – светильник, р.п. – рабочая поверхность.

$$h = H - (h_c + h_{р.п.}), \text{ м.} \quad (13.2)$$

Наименьшую освещённость определяют по СНиП23-05-95.

Намечают расположение светильников в помещении по рис.2.

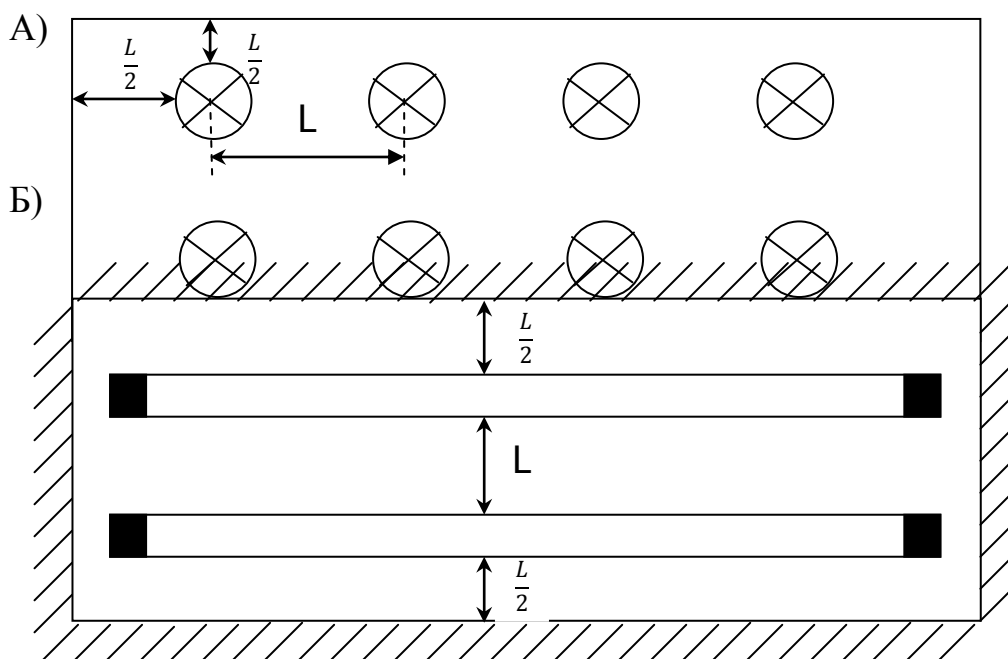


Рис.2. – Расположение светильников

А) с лампами накаливания;

Б) с люминесцентными лампами.

При установке в помещении площадью S (м^2) N светильников для создания наименьшей освещённости E (Лк) с коэффициентом запаса k поток F (Лм) лампы в каждом светильнике определяется формулой

$$F = \frac{EkSz}{N\eta}, \quad (13.3)$$

Где η – коэффициент использования светового потока (в долях единицы). Коэффициент использования светового потока η является сложной функцией многих переменных. Практически он определяется по таблице 4. 23 [15] в зависимости от типа светильника, коэффициентов отражения потока $\rho_{\text{п}}$ и стен $\rho_{\text{с}}$, и расчетного коэффициента поверхности $\rho_{\text{р}}$, а также индекса помещения i .

z – коэффициент минимальной освещённости, равный отношению средней освещённости помещения к минимальной.

Коэффициент z зависит от многих факторов, из которых основное значение имеет отношение λ – расстояние между светильниками к их высоте над освещаемой поверхностью. С увеличением λ сверх рекомендуемых значений z быстро возрастает. Чаще всего при светильниках, расположенных по углам квадратных или прямоугольных полей, принимается $z = 1,15$. При освещении рядами люминесцентных светильников $z = 1,1$.

По найденному значению F выбирается ближайшая стандартная лампа, поток которой должен отличаться от расчётного, как правило, не более чем на -10 или +20% (табл. 4-25 [15]). При возможности выбора F с какой точностью корректируется N . если по какой либо причине F задан однозначно, из формулы (5.3) определяется N .

При расчёте освещения, выполненного рядами люминесцентных светильников, под N в формуле (5.3) следует понимать число рядов, под F – суммарный поток одного ряда. По найденному значению F производится компоновка ряда, т.е. определяется светотехнически и конструктивно подходящее число и мощность светильников, при которых F близко к необходимому.

При расчете по удельной мощности освещения лампами накаливания или лампами типа ДРЛ в помещении площадью $S, \text{м}^2$, первоначально намечается число светильников N .

Для соответствующих исходных данных из таблицы 4.24 [15] находится значение удельной мощности W .

Полный комплект таблиц удельной мощности, а также случаи, когда как исключение, допускается введение коэффициентов, учитывающих несовпадение исходных данных с расчетными в таблицах, приводится в специальных справочниках.

Для приближенных расчетов приводится таблица 4.24 [15], составленная для указанных в ней светильников, освещенностей, площадей, расчетных высот, значений ρ_n и ρ_c и для наименьшего (при данных источниках света) коэффициента запаса.

При значениях освещенности и коэффициента запаса, отличных от указанных в таблице, допускается пропорциональный пересчет значений удельной мощности.

Рассчитывается необходимая мощность каждой лампы p , Вт, по формуле

$$\rho_1 = \frac{S\omega}{N} \quad (13.4)$$

и выбирается стандартная мощность лампы ближайшая к расчетной.

При расчете освещения, выполненного рядами люминесцентных светильников, намечается число рядов N и находится общая необходимая мощность всех ламп ряда p , на основании чего выбирается число и мощность светильников в ряду.

Порядок выполнения

1. Рассчитать освещенность помещения, применяя метод коэффициента использования светового потока, для этого:

- выбрать источник света;
- определить индекс помещения по формуле;
- определить наименьшую освещённость E по СНиП23-05-95;
- расположить светильники в помещении (по рисунку);
- определить количества ламп в каждом светильнике (по формуле);
- выбрать стандартную лампу;
- рассчитать освещение выполненное рядами светильников.

2. Рассчитать освещение помещения применяя метод удельной мощности, для этого:

- определить количество светильников;
- выбрать значение удельной мощности W (по таблице);
- рассчитать необходимую мощность каждой лампы P . Вт (по формуле);
- рассчитать освещение выполненного рядами светильников.

Содержание отчета:

1. Расчет освещенности помещения, применяя метод коэффициента использования светового потока.
2. Расчет освещения помещения, применяя метод удельной мощности.
4. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Для чего применяется метод коэффициента использования светового потока?
2. Что называется удельной мощностью?
3. По каким параметрам для освещения помещений производится подбор источника света?
4. Для каких помещений применяются лампы ДРЛ, накаливания?
5. Какой показатель применяется для расчета освещенности помещения?
6. Что берется за основу при определении наименьшей освещенности в помещении?

Литература:

Кожунов В.И. Устройство электрических подстанций-М.: ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ», 2016, с.140-153

Практическое занятие № 14

Изучение конструкции высоковольтных выключателей переменного тока

Цель: изучить конструкцию масляного малообъемного выключателя ВМП-10, вакуумного выключателя ВВ/TEL 10, элегазового выключателя ВГТ-110.

Оборудование: масляный выключатель ВМП-10, вакуумный выключатель ВВ/TEL-10, элегазовый выключатель ВГТ-110

Краткие теоретические сведения

Масляные выключатели предназначены для оперативного включения и отключения электрических цепей переменного тока под нагрузкой, а также для их автоматического отключения и аварийном режиме.

Масляные выключатели бывают малообъемные и многообъемные. В малообъемных выключателях масло является дугогасящей средой. В многообъемных выключателях масло и дугогасящая, и изолирующая среда.

Принцип гашения электрической дуги: при расхождении контактов выключателя образуется дуга, обладающая высокой температурой. Под действием температуры масло разлагается на газы: водород (70%), этилен (20%), метан (10%). Газ образует газовый пузырь, окружающий дугу. Наличие водородной среды, высокое давление в газовом пузыре, охлаждение газового пузыря маслом, дробление и вытягивание электрической дуги в дугогасительных камерах способствуют эффективной деионизации (гашению) дуги.

Вакуумные выключатели предназначены для оперативного включения и отключения электрических цепей переменного тока под нагрузкой, а также для их автоматического отключения в аварийном режиме.

В вакуумных выключателях отсутствует среда, проводящая электрический ток. Основой выключателя является вакуумная дугогасительная камера, внутри которой создан вакуум $1,33 \cdot 10^{-4}$ Па. Поэтому при размыкании контактов не образуется мощная электрическая дуга. Горение дуги в вакуумных выключателях не превышает 0,01 с., т.е. дуга гаснет при первом переходе тока через ноль. Высокое быстродействие, малые габариты и масса, отсутствие необходимости в замене масла, отсутствие загрязнения окружающей среды являются основными достоинствами вакуумных выключателей.

Элегазовые выключатели предназначены для оперативного включения и отключения электрических цепей переменного тока под нагрузкой, а также для их автоматического отключения в аварийном режиме.

В элегазовых выключателях гашение электрической дуги происходит в среде шестифтористой серы SF_6 . Элегаз обладает ничтожно малой проводимостью, хорошей дугогасящей и теплоотводящей способностью, нетоксичен, химически нейтрален к материалам дугогасительного устройства. Электрическая прочность элегаза в 2—3 раза выше прочности воздуха. Элегазовые выключатели взрыво и пожаробезопасны. При низких температурах воздуха выключатели не подогреваются. Практическое изучение конструкции элегазового выключателя возможно непосредственно на производстве с использованием технической литературы.

Порядок выполнения

1. Изучение конструкции масляных выключателей.

1.1. Указать назначение масляных выключателей, записать полную маркировку изучаемого выключателя, привести ее расшифровку.

1.2. Записать номинальные параметры выключателя в таблицу 1.1.

Таблица 1.1-Параметры выключателя ВМП-10

№	Наименование параметров	Значение параметров
1	Номинальное напряжение, кВ	
2	Номинальный ток, А	
3	Номинальный ток отключения, кА	
4	Номинальная мощность отключения, МВА	
5	Собственное время отключения, с	
7	Напряжение в цепях управления, В	
8	Масса выключателя, кг	

1.2. Указать основные узлы полюса выключателя ВМП-10.

1.3. Дать характеристику дугогасительной камере, изучив ее конструкцию.

2. Изучение конструкции вакуумных выключателей.

2.1. Указать назначение вакуумных выключателей, записать полную маркировку изучаемого выключателя, привести ее расшифровку.

2. 2. Записать номинальные параметры выключателя в таблицу 1.2.

Таблица 1.2-Параметры выключателя ВВ/TEL-10

№	Наименование параметров	Значение параметров
1	Номинальное напряжение, кВ	
2	Номинальный ток, А	
3	Номинальный ток отключения, кА	
4	Номинальная мощность отключения, МВА	
5	Собственное время отключения, с	
7	Напряжение в цепях управления, В	
8	Масса выключателя, кг	

2.3. Указать условия эксплуатации выключателя ВВ/TEL-10:

- верхнее значение температуры окружающего воздуха;
- нижнее значение температуры окружающего воздуха;
- верхнее значение относительной влажности воздуха;
- наибольшая высота над уровнем моря;
- срок службы.

2.4. Указать основные узлы полюса выключателя.

2.5. Пояснить принцип работы выключателя при:

- оперативном включении;
- при оперативном отключении.

3. Изучение конструкции элегазовых выключателей.

3.1. Указать назначение элегазовых выключателей, записать полную маркировку изучаемого выключателя, привести ее расшифровку.

3.2. Записать номинальные параметры выключателя в табл. 1.3.

Таблица 1.3-Параметры выключателя ВГТ-110

№	Наименование параметров	Значение параметров
1	Номинальное напряжение, кВ	
2	Номинальный ток, А	
3	Номинальный ток отключения, кА	
4	Номинальная мощность отключения, МВА	
5	Собственное время отключения, с	
7	Напряжение в цепях управления, В	
8	Масса выключателя, кг	

3.3. Указать условия эксплуатации выключателя ВГТ-110:

- верхнее значение температуры окружающего воздуха;
- нижнее значение температуры окружающего воздуха;
- верхнее значение относительной влажности воздуха;
- наибольшая высота над уровнем моря;
- срок службы.

3.4. Указать основные узлы полюса выключателя.

3.5. На рис. 1.1 выполнить соединение выключателя с трансформатором тока на каждой фазе, также показать подключение проводов со стороны ЛЭП к выключателю и трансформатору тока.

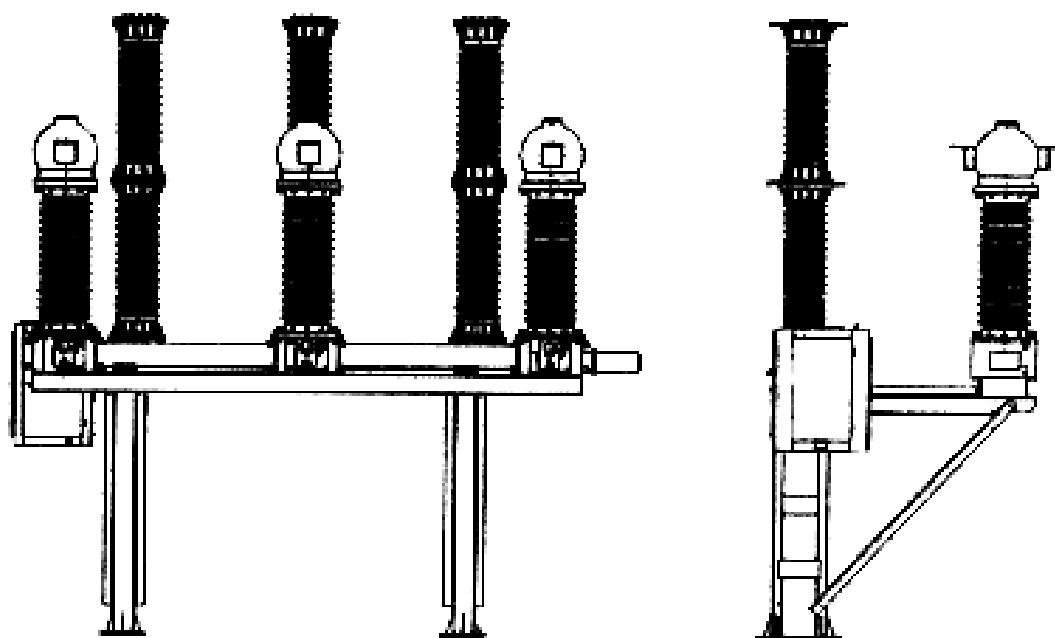


Рис. 1.1. Установка выключателя ВГТ-110 и трансформатора тока ТОГФ-110

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Назначение выключателя.
3. Расшифровка маркировки выключателя.
4. Таблица с номинальными параметрами выключателя.
5. Условия эксплуатации выключателя.
6. Рисунок с указанием основных элементов выключателя (внешний вид выключателя).
7. Рисунок с указанием основных элементов полюса выключателя (разрез полюса).
8. Характеристика дугогасительной камеры.
9. Рисунок с подключением элегазового выключателя к трансформаторам тока и к ЛЭП.
10. Ответы на контрольные вопросы.
11. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Что такое буферное пространство масляных выключателей?
2. Собственное время отключения выключателя — дайте определение. Укажите недостатки масляных выключателей.
3. Какие явления образуют электрическую дугу при размыкании контактов вакуумного выключателя?
4. В каком положении могут быть установлены полюсы вакуумного выключателя?
5. Укажите недостатки вакуумных выключателей.
6. Какой тип привода используется у выключателя ВГТ-110?
7. Сколько приводов имеет выключатель ВГТ-110?
8. Укажите недостатки элегазовых выключателей.

Литература:

Кожунов В.И. Устройство электрических подстанций-М.: ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ», 2016, с.140-153

Практическое занятие № 15

Проверка на соответствие требованиям ПУЭ, при монтаже КРУ

Цель: приобретение навыков в проведение осмотра электрооборудования тяговых подстанций.

Оборудование:

1. Инструкционная карта.

2. ПУЭ.

3. Ячейка ВМП – 10 лаборатории тяговых подстанций.

Краткие теоретические сведения

– Распределительным устройством называется электроустановка, для приема и распределения электроэнергии и содержащая коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства (компрессорные, аккумуляторные и др.), а также устройства защиты, автоматики и измерительные приборы.

– КРУ – комплектные распределительные устройства, это РУ состоящее из полностью или частично закрытых шкафов и блоков со встроенными в них аппаратами, устройствами защиты и автоматики, поставляемое в собранном или полностью подготовленном для сборки виде.

– Общие требования при монтаже РУ:

– Электрооборудование, токоведущие части, изоляторы, крепления, ограждения, несущие конструкции и др. расстояния должны быть выбраны так чтобы:

– вызываемые нормальными условиями работы эл. установки усилия, нагрев, эл. дуга или др. явления не могли привести к повреждению оборудования и возникновению КЗ или замыкания на землю, или причинить вред обслуживающему персоналу;

– обеспечить необходимую локализацию повреждений, после КЗ;

– при снятом напряжении с цепи, относящейся к ней, токоведущие части и конструкции могли подвергаться безопасному осмотру, замене и ремонтам без нарушений нормальной работы соседних цепей;

– была обеспечена возможность удобного транспортирования оборудования.

– Во всех РУ предусмотрена установка разъединяющих устройств с видимым разрывом, для отсоединения всех аппаратов каждой цепи от сборных шин и др. источников напряжения.

– Выключатель или его привод должен иметь хорошо видимый и надежно работающий указатель положения «ВКЛЮЧЕНО», «ОТКЛЮЧЕНО». Применение сигнальных ламп в качестве единственных указателей положения выключателя не допускается.

– Ошиновка РУ и подстанций должна выполняться из алюминиевых, сталеалюминевых стальных проводов, полос, труб и шин из профилей алюминия и алюминиевых сплавов электротехнического назначения. Расположение шин КРУ в соответствии с условиями:

– В ЗРУ при трехфазном переменном токе:

– при вертикальном расположении А-В-С сверху вниз;

– при горизонтальном расположении, наклонно или треугольником наиболее удаленная шина А, средняя В, ближайшая к коридору обслуживания С.

– ответвления от сборных шин – слева направо А-В-С- если смотреть на шины из коридора обслуживания.

– В ОРУ при трехфазном переменном токе:

– должны иметь на высшем напряжении шину А;

– ответвления от сборных шин – слева направо А-В-С- если смотреть со стороны шин на трансформатор.

РУ должны быть оборудованы стационарными ЗН, окрашенные в черный цвет, рукоятки приводов ЗН в красный цвет. Сетчатые ограждения должны иметь высоту над уровнем планировки для ОРУ 2 или 1,5м, а над уровнем пола для ЗРУ и трансформаторов 1,9м. Сетка имеет отверстия не менее 10 x 10 мм и не более 25 x25 мм, и ограждение должно иметь приспособление для запираения на замок. Нижняя кромка ограждений для ОРУ на высоте 0,1-0,2 м; для ЗРУ на уровне пола.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретические сведения.
2. Изучить ПТЭ электроустановок.
3. Получить задание от преподавателя на осмотр ячейки высоковольтного выключателя для установления соответствия требований монтажа КРУ ПУЭ.
4. Под наблюдением преподавателя, выйти в лабораторию тяговых подстанций и выполнить заданную работу.
5. Сделайте вывод о проделанной работе в соответствии с ПУЭ, определите какие ещё требования должны соблюдаться при монтаже КРУ.

Содержание отчета

1. Номер, тема и цель работы.
2. Схема РУ
3. Эскиз ячейки РУ.
4. Таблица с допустимыми расстояниями
5. Ответы на контрольные вопросы.
6. Вывод

Контрольные вопросы

1. Дайте определение ОРУ и ЗРУ электрических подстанций.

2. Перечислите требования, предъявляемые к ЗРУ электрических подстанций.
4. Какую высоту должны иметь сетчатые и смешанные ограждения токоведущих частей и электрооборудования?
5. В каких местах допускается применение барьеров?
6. Что необходимо предусмотреть для отбора проб масла трансформатора (аппарата)?
7. Как следует выполнять соединения шин в пролетах?

Литература:

Кожунов В.И. Устройство электрических подстанций-М.: ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ», 2016, с.59-71

Практическое занятие № 16 **Изучение конструкции аккумулятора**

Цель: практически изучить конструкцию свинцово-кислотного аккумулятора, его номинальные параметры.

Оборудование: свинцово-кислотный аккумулятор, измерительные инструменты (линейка, рулетка).

Краткие теоретические сведения

Аккумуляторная батарея комплектуется из свинцово-кислотных аккумуляторов. Аккумулятор является накопителем электрической энергии. Аккумулятор представляет собой электрохимический аппарат, в котором электрическая энергия накапливается в определенный запас химической энергии, затем химическая энергия преобразуется в электрическую. Свинцово-кислотный аккумулятор состоит из положительных и отрицательных пластин, помещенных в сосуд с электролитом. Отрицательных пластин в аккумуляторе на одну больше положительных. В качестве электролита применяется водный раствор серной кислоты. Для изучения конструкции и параметров аккумулятора следует использовать аккумуляторы, наиболее широко применяемые на электрических подстанциях. Такими аккумуляторами могут быть как отечественные, так и импортные.

Порядок выполнения

Записать полную маркировку изучаемого аккумулятора и привести ее расшифровку.

Изучить номинальные параметры аккумулятора, записать их в табл. 8.1.

Таблица 8.1-Номинальные параметры аккумулятора

Наименование параметра	Значение параметра
------------------------	--------------------

Номинальная емкость аккумулятора, А ч	
Номинальное напряжение аккумулятора, В	
Плотность электролита, г/см ³	
Количество пар полюсов	
Масса аккумулятора, кг	
Максимальная длина, мм	
Максимальная ширина, мм	
Максимальная высота, мм	

Примечание: максимальные длина, ширина, высота аккумулятора измеряются.

Изучить конструкцию аккумулятора, используя рис. 8.1. Указать название основных узлов аккумулятора:

Изучить материалы основных элементов аккумулятора [4, стр. 499]. Названия элементов аккумулятора записать в табл. 8.2.

Таблица 8.2-Материал основных элементов аккумулятора

Наименование элемента	Материал элемента
Положительная пластина	
Отрицательная пластина	
Сепаратор	
Корпус	
Электролит	

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Марка изучаемого аккумулятора и ее полная расшифровка.
3. Таблица с номинальными параметрами аккумулятора.
4. Рисунок с указанием основных элементов единичного аккумулятора.
5. Таблица с названием элементов аккумулятора и указанием их материала.
6. Ответы на контрольные вопросы.
7. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Почему на подстанциях наиболее широкое применение получили свинцово-кислотные аккумуляторы, а не щелочные?
2. Какая из пластин, изображенных на рис. 8.1., является положительной, какая — отрицательной?
3. Поясните конструкцию отрицательной пластины.
4. С какой целью между пакетом пластин и дном корпуса аккумулятора оставляют расстояние?
5. Укажите назначение сепараторов.

Литература:

Практическое занятие № 17

Исследование схемы опорной подстанции.

Цель: научиться вычерчивать однолинейную схему опорной трансформаторной подстанции по описанию подстанции, указывать марки и назначение основного оборудования распределительных устройств подстанции.

Исходные данные: Выполнить однолинейную схему опорной подстанции № 1 или № 5 (см. прил. 1), при условии, что подстанция имеет два распределительных устройства: 1) напряжением 110 кВ (или 220 кВ) открытого типа; 2) 10 кВ (или 35 кВ) закрытого типа. На подстанции установлены два понижающих двухобмоточных трансформатора. Шины распределительного устройства вторичного напряжения секционированы выключателем на две секции. Распределительное устройство вторичного напряжения выполнено ячейками выкатного типа. К каждой секции шин подключены трансформаторы собственных нужд, измерительные трансформаторы напряжения, районные потребители (количество районных потребителей и их категории задаются преподавателем).

Порядок выполнения

1. На листе миллиметровой бумаги формата А4 выполнить однолинейную схему опорной подстанции в соответствии с требованиями ГОСТ. Образец однолинейной схемы распределительного устройства первичного напряжения 110 (220) кВ опорной подстанции представлен в прил. 2. Образец однолинейной схемы распределительного устройства вторичного напряжения 10 (35) кВ представлен в прил. 3.

2. Указать марки и назначение оборудования распределительных устройств. Условное буквенное обозначение, марки оборудования и его назначение свести в табл. 1.1. и 1.2.

Таблица 1.1-Основное оборудование ОРУ опорной подстанции

Условное буквенное обозначение оборудования	Наименование оборудования	Марки оборудования	Назначение оборудования
T1,T2			
TV1-TV..			
TA1-TA...			
Q1-Q...			
QS1-QS...			
RV1-RV..			

Таблица 1.2-Основное оборудование ЗРУ опорной подстанции

Условное буквенное обозначение оборудования	Наименование оборудования	Марки оборудования	Назначение оборудования
T3, T4			
TV3, TV4			
TA1-TA...			
01-0...			
FU1, FU2			
RV3, RV4			

3. Указать алгоритм оперативных переключений при выводе в ремонт:

- главного понижающего трансформатора T1 (T2);
- трансформатора собственных нужд T3 (T4);

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Однолинейная схема опорной трансформаторной подстанции на листе миллиметровой бумаги формата А 4.
3. Таблица с названием, марками и назначением оборудования ОРУ первичного напряжения.
4. Таблица с названием, марками и назначением оборудования ЗРУ вторичного напряжения.
5. Описание алгоритма оперативных переключений при выводе в ремонт оборудования.
6. Ответы на контрольные вопросы.
7. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Какие токоведущие части применяются в ОРУ и ЗРУ?
2. В чем преимущество ячеек выкатного типа перед сборными стационарными?
3. Почему на подстанции установлены два трансформатора собственных нужд?

Литература:

Кожунов В.И. Устройство электрических подстанций-М.: ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ», 2016, с.306-309

Практическое занятие № 18

Составление схемы питания и секционирования контактной сети железнодорожной станции и прилегающих перегонов

Цель: приобрести практические навыки в делении контактной сети на отдельные секции и составлении схемы питания и секционирования железнодорожной станции и прилегающих перегонов.

Исходные данные: систему тока выбрать из табл. 2, номер схемы задается преподавателем [8, приложение 1].

Краткие теоретические сведения

На электрифицированных линиях ЭПС получает электроэнергию через контактную сеть от тяговых подстанций, расположенных на таком расстоянии между ними, чтобы было обеспечено стабильное номинальное напряжение на ЭПС и работала защита от токов короткого замыкания. Для каждого участка электрифицированной линии при ее проектировании разрабатывают схему питания и секционирования контактной сети. При разработке схем питания и секционирования контактной сети электрифицированной линии используют типовые принципиальные схемы секционирования, разработанные на основе опыта эксплуатации, с учетом затрат на сооружение контактной сети.

При составлении схемы секционирования контактной сети на железнодорожной станции число секций должно быть выбрано в соответствии с работой железнодорожной станции, а также условиями обеспечения надежности работы сети и удобствами ее обслуживания.

Излишнее дробление контактной сети на секции снижает ее надежность, усложняет и удорожает ее устройство.

На схеме должно быть предусмотрено питание контактной сети железнодорожной станции и прилегающих перегонов, продольное секционирование (отделение контактной сети железнодорожной станции от контактной сети перегона) и поперечное секционирование (выделение группы железнодорожных путей в отдельные секции).

На промежуточных железнодорожных станциях предусматривают секционирование контактной сети с обеих сторон железнодорожной станции.

Продольное секционирование предусматривает разделение в отдельные секции контактной сети перегонов от контактной сети железнодорожной станции по главному железнодорожному пути. Оно осуществляется трехпролетными изолирующими сопряжениями анкерных участков на постоянном токе, а на переменном токе — трехпролетными изолирующими сопряжениями и нейтральными вставками (на том конце железнодорожной станции, где расположена тяговая подстанция, должно быть предусмотрено разделение секций, питающихся от разных фаз переменного тока).

Изолирующие сопряжения, разделяющие контактную сеть железнодорожных станций и перегонов, должны быть расположены между входными светофорами или знаком «Граница железнодорожной станции» и первыми входными стрелочными переводами железнодорожной станции.

Нейтральная вставка располагается за входным светофором в сторону перегона. Длину нейтральной вставки выбирают с учетом находящихся в обращении серий электропоездов и электропоездов.

Питание на продольные секции подается по независимым питающим линиям — фидерам контактной сети, через нормально включенные

секционные разъединители. Разъединители, устанавливаемые на питающих линиях, на схеме питания и секционирования обозначают буквой Ф с присвоенным номером (согласно номеру секции).

Изолирующие сопряжения должны быть зашунтированы продольным секционным разъединителем, который предназначен для резервирования питания смежных продольных секций и для безопасности производства работ на изолирующем сопряжении.

Все вышеназванные разъединители имеют моторный привод и управляются по телеуправлению.

Для шунтирования изолирующих сопряжений нейтральной вставки устанавливают секционные разъединители с ручным приводом, нормально отключенные, для того, чтобы невозможно было переключить такие разъединители с пульта телеуправления ошибочно или из-за искажения команды телеуправления.

Разъединители изолирующих сопряжений должны быть обозначены заглавными буквами русского алфавита, которые наносят на приводе разъединителя.

Поперечное секционирование контактной сети между железнодорожными путями осуществляется секционными изоляторами, поперечными разъединителями.

При поперечном секционировании в отдельные секции выделяются контактные подвески главных железнодорожных путей перегонов и железнодорожных станций друг от друга; контактные подвески боковых железнодорожных путей от главных железнодорожных путей; контактные подвески путей для производства погрузочно-разгрузочных работ на подъездных железнодорожных путях и тупиках, а также железнодорожных путей для производства работ для осмотра крышевого оборудования подвижного состава; контактные сети сортировочных горок и железнодорожных путей специального назначения.

Питание на поперечные секции подается от главного железнодорожного пути через поперечные нормально включенные секционные разъединители. На секции контактной сети, где производятся погрузочно-разгрузочные работы, работы по осмотру крышевого оборудования подвижного состава питание подается через разъединители с ручным приводом и заземляющим ножом. Это выполняется для того, чтобы соблюдалась безопасность производства работ со стропильными кранами и подъемными механизмами и при подъеме на высоту. При отключении секции от питания секционный разъединитель одновременно заземляет ее и, кроме того, создает видимый разрыв цепи для лиц, производящих работы.

Секционные изоляторы и воздушные стрелки должны иметь присвоенный номер, поперечные разъединители обозначаются буквой П, с заземляющим ножом — буквой З. К каждой из указанных букв в случае необходимости добавляют цифровой индекс, соответствующий номерам подвесок соединяемых железнодорожных путей и направлений.

При секционировании желательно обходиться минимальным числом разъединителей, располагать их группами, а не размещать по всей территории железнодорожной станции.

Установка двух разъединителей с обоих концов секции не допускается, поскольку это усложняет оперативность действий и не обеспечивает безопасность.

На схемах питания и секционирования контактной сети и продольных линий электроснабжения должны быть показаны условными обозначениями: контактная сеть; разъединители в нормальном положении, изолирующие сопряжения анкерных участков, нейтральные вставки; секционные изоляторы и воздушные стрелки с присвоенными им обозначениями или номерами; номера путей железнодорожных станций и перегонов; подъездные железнодорожные пути тяговых подстанций, примыкающие неэлектрифицированные железнодорожные пути; границы участка, подлежащего электроснабжению.

Продольные разъединители обеих горловин оборудуют моторными приводами, управляемыми по телеуправлению.

На питающей линии постоянного тока непосредственно у тяговой подстанции устанавливают разъединитель с моторным приводом. При длине линии более 150 м у места подсоединения питающей линии к контактной сети дополнительно монтируют разъединитель с моторным приводом.

По окончании разработки схемы питания и секционирования необходимо дать ее описание.

Схему питания и секционирования вычерчивают без масштаба.

Порядок выполнения

1. Выполнить продольное секционирование участка контактной сети (на схеме).
2. Выполнить поперечное секционирование участка контактной сети (на схеме).
3. Подключить питание на продольные секции (на схеме).
4. Подключить питание на поперечные секции (на схеме).
5. Выполнить описание схемы питания и секционирования.

Содержание отчета

1. Выполненная схема питания и секционирования.
2. Дать описание понятия продольного секционирования участка контактной сети, чем выполняется.
3. Дать описание понятия поперечного секционирования участка контактной сети, чем выполняется.
4. Дать описание, как подключается питание на продольные и поперечные секции.

Контрольные вопросы

1. Что такое секционирование контактной сети?
2. Чем выполняется продольное секционирование?
3. Объясните назначение нейтральной вставки.
4. Чем выполняют поперечное секционирование?
5. Почему питание на контактную сеть тупиков и железнодорожных путей, предназначенных для производства погрузочно-разгрузочных работ, подается через разъединители с заземляющими ножами?

Список использованных источников

Печатные издания

1. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов [Текст]: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Е.А. Конюхова. – 11-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 320 с.

2. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Л.Д. Рожкова, Л.Д. Карнеева, Т.В. Чиркова. – 10-е изд., стер. – М.: ИЦ «Академия», 2013. – 448 с.

3. Сибикин Ю.Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. В 2 кн. Кн. 2: Учебник для учреждений нач. проф. образования / Ю.Д. Сибикин. – 8-е изд; исп. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 256 с.

Электронные издания (электронные ресурсы)

1. Электроснабжение нетяговых потребителей железнодорожного транспорта. Устройство, обслуживание, ремонт [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов вузов, техникумов и колледжей и профессиональной подготовки работников ж.-д. трансп. / под ред. В. М. Долдина. – 2-е изд., стер. – М: УМЦ по образованию на ж.-д. трансп., 2013. – 302 с. Режим доступа: WWW.studentlibrary.ru/

2. Чекулаев В. Е. Устройство и техническое обслуживание контактной сети [Электронный ресурс]: учебное пособие / Чекулаев В.Е. ; Федотов А.А. – Москва : УМЦ ЖДТ, 2014. – 436 с. Режим доступа: www.studentlibrary.ru

3. Системы электроснабжения: учебник [Электронный ресурс]: Гужов Н. П., Ольховский В. Я., Павлюченко Д. А. НГТУ 2015 г. 262 страницы. Режим доступа: <http://www.knigafund.ru>

Дополнительные источники

1. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справ.: Учебное пособие. – М.: Форум: Инфра-М, 2008. – 480 с.

2. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 января 2009 г. – М.: КНОРУС, 2013. – 488 с.

3. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. - М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2003. – 214 с.

4. Кожунов В.И. Устройство электрических подстанций [Текст]: Учебное пособие. - М.: ФБГОУ "Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте", 2016. – 401 с.

5. Устройство и техническое обслуживание контактной сети [Текст]: учеб.пособие/В.Е. Чекулаев и др.; под ред. А.А. Федотова. – М.: ФГБОУ "Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте", 2014. – 436 с.