

Министерство образования и науки Российской Федерации

Вологодский государственный университет

Кафедра электроснабжения

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Методические указания, рабочая программа и контрольные задания

Факультет: электроэнергетический

Направление подготовки: 140400.62 – «Электроэнергетика и электротехника».

Профиль подготовки: «Электропривод и автоматика»

Вологда
2014

Электроснабжение: методические указания, рабочая программа и контрольные задания. – Вологда: ВоГУ, 2014. – 14 с.

В методических указаниях отражены основные исходные данные для проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий: электрические нагрузки, основы технико-экономических расчетов, вопросы качества электроэнергии, выбор и проверка трансформаторов, сечений проводов и жил кабелей, местоположение питающих подстанций, вопросы компенсации реактивной мощности.

Методические указания соответствуют требованиям образовательных стандартов и предназначены для студентов профиля «Электропривод и автоматика», направления подготовки - 140400.62

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГУ

Составители: А. В. Беляев, старший преподаватель;
В. К. Куликов, канд. техн. наук, доцент

Рецензент: В. Ф. Булавин, канд. техн. наук, доцент

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Курс «Электроснабжение», рассчитанный на 56 часов, изучается студентами дневной формы обучения на 4-м курсе. Это вызвано тем, что программа курса предусматривает знание студентом специальных и общетеоретических дисциплин.

Основой обучения является самостоятельная работа студентов по рекомендуемой литературе.

Рабочая программа, контрольные вопросы и задачи рассчитаны на студентов, специализирующихся в области электропривода и автоматизации промышленных установок, для которых курс «Электроснабжение» является одним из профилирующих; в нем даются сведения по теории, расчету и проектированию установок, предназначенных для питания электроэнергией всех промышленных электротехнических устройств (электроприводов, электротехнических установок, электрического освещения, электрических устройств управления и пр.), рассматриваемых в других профилирующих курсах.

Задачи экономического и социального совершенствования нашей страны предусматривают разработку комплексных программ технического перевооружения и реконструкции производства, его непрерывного обновления на основе современной техники и передовой технологии, а также обеспечение ритмичности производства, максимальной загрузки оборудования, существенного повышения сменности его работы. Все это целиком распространяется и на системы электроснабжения промышленных предприятий и установок. Для обеспечения бесперебойности производственного процесса и постоянного обновления оборудования современные системы электроснабжения должны обладать повышенной надежностью и гибкостью, обеспечивать заданные показатели качества электроэнергии, быть высокоэкономичными и соответствовать требованиям пожаро-, взрыво- и электробезопасности. Выполнение этих требований обеспечивается прежде всего надлежащим выбором на основании соответствующих расчетов мощности источников электропитания и пропускной способности всех элементов системы электроснабжения, выбором их высоконадежного конструктивного исполнения и стойкости в аварийных режимах, использованием современных систем защиты и автоматики, надлежащей эксплуатацией.

Зачет по дисциплине «Электроснабжение» принимается у студентов после выполнения лабораторного практикума и окончания чтения лекций. Приведенные вопросы в методических указаниях и основные типы задач включены в зачетные билеты.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА К ИЗУЧЕНИЮ КУРСА ПО РАЗДЕЛАМ

ВВЕДЕНИЕ

Предмет, задачи курса.

Энергетика страны и ее составляющие.

Социальное и экономическое значение энергетики в современном обществе.

Развитие энергетики в государственных решениях Российской Федерации.

Связь курса «Электроснабжение» со смежными дисциплинами.

1. РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК

Основные понятия и определения.

Краткие сведения по истории развития электроснабжения промышленных установок. Современные проблемы в электроснабжении промышленных установок.

Особенности инженерных и технико-экономических расчетов в электроснабжении.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ

Понятие электрической нагрузки. Технические показатели электроприемников. Нагрев проводников токовой нагрузкой. Электродинамическое действие токов в электроустановках.

Графики нагрузки. Расчетная нагрузка. Центры нагрузок.

Потери мощности. Потери электроэнергии. Потери напряжения.

Регулирование активных и реактивных нагрузок.

3. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Классификация источников питания и основные требования, предъявляемые к ним.

Питание предприятий от энергосистем. Электростанции и генераторные установки предприятий. Выбор силовых трансформаторов. Электрохимические источники питания.

Установки бесперебойного электропитания.

Местные источники реактивной мощности. Выбор местоположения и мощности источников реактивной мощности.

4. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ

Основные понятия и определения.

Выбор напряжения.

Незамкнутые сети. Замкнутые сети. Режимы нейтрали сети. Проводниковые материалы электрических сетей.

Электропроводка с изолированными проводами. Кабельные линии. Шиннопроводы. Воздушные линии и гибкие токопроводы. Выбор типа линий. Выбор проводников.

Выбор заземляющих проводников и устройств заземления.

5. РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Основные понятия и определения.

Показатели качества электроэнергии. Меры обеспечения качества электроэнергии.

Короткие замыкания в электрических сетях. Расчет токов при удаленном КЗ. Расчет токов при близком КЗ. Термическое действие тока КЗ. Электродинамическое действие токов КЗ. Регулирование токов КЗ.

Переходные явления в системах электроснабжения при кратковременных перерывах питания.

Надежность электроснабжения.

6. ЗАЩИТА СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Основные понятия и определения.

Защита плавкими вставками. Защита автоматическими выключателями.

Релейная защита максимального тока. Токовая дифференциальная защита. Направленная защита. Защита минимального напряжения.

Защита сетей низкого напряжения. Защита сетей высокого напряжения. Защита силовых трансформаторов. Защита электродвигателей. Защита синхронных генераторов электростанций.

Молниезащита электроустановок. Защита от грозовых перенапряжений.

Защита подземных сооружений от коррозии. Меры по защите окружающей среды.

7. УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ, ИЗМЕРЕНИЯ И СИГНАЛИЗАЦИИ

Основные понятия и определения.

Управление выключателями высокого напряжения. Автоматическое повторное включение. Автоматическое включение резерва.

Электрические измерения в системах электроснабжения. Выбор измерительных преобразователей тока. Выбор измерительных преобразователей напряжения. Сигнальные устройства. Источники питания вспомогательных устройств.

Централизация устройств управления, измерения и сигнализации.

8. ПОДСТАНЦИИ И СЕТЕВЫЕ УЗЛЫ

Основные понятия и определения.

Схемы цеховых трансформаторных подстанций. Схемы главных понижающих подстанций.

Выбор коммутационных аппаратов. Выбор элементов шинных соединений.

Открытая и закрытая установка трансформаторов.

Закрытые распределительные устройства высокого напряжения. Открытые распределительные устройства высокого напряжения.

Распределительные устройства низкого напряжения.

Общие принципы компоновки трансформаторных подстанций.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под электроснабжением?
2. Чем различаются приемники, потребители и абоненты электроэнергии?
3. Какова в среднем доля характерных групп электроустановок в общем электропотреблении промышленного предприятия?
4. На какие характерные диапазоны делятся номинальные напряжения электрических сетей?

5. Какие разновидности подстанций встречаются на промышленных предприятиях?
6. Что понимается под основными и вспомогательными цепями электроустановок?
7. Каковы основные этапы исторического развития электроснабжения промышленных установок?
8. Какими электротехниками нашей страны и других стран внесен наибольший вклад в развитие техники электроснабжения?
9. Чем определяются границы роста энерго- и электропотребления в промышленности и в народном хозяйстве?
10. Каковы основные пути экономии электроэнергии и материальных ресурсов в электроустановках и в системах электроснабжения промышленных предприятий?
11. Какими соображениями определяется требуемая точность расчетов при проектировании систем электроснабжения промышленных предприятий? Какова реально применяемая точность расчетов?
12. В чем заключаются особенности технико-экономических расчетов в случае проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий?
13. Что понимают под электрической нагрузкой?
14. Какие технические показатели электроустановок являются определяющими при расчете электрических нагрузок?
15. На какие категории по требуемой степени бесперебойности электроснабжения делятся промышленные электроустановки?
16. Каковы основные характерные показатели графиков электрических нагрузок?
17. Что такое эффективное число электроприемников?
18. Как учитываются при выборе проводников и аппаратуры систем электроснабжения толчковые нагрузки электроустановок?
19. Что понимается под расчетными потерями мощности и напряжения?
20. Как определяются расчетные и фактические потери электроэнергии?
21. В чем заключается регулирование активных и реактивных электрических нагрузок на промышленных предприятиях?
22. По каким причинам основным источником электропитания промышленных предприятий стали энергосистемы?
23. Как устроена двухставочная тарифная система и как она используется при оплате за электроэнергию на промышленных предприятиях России?

24. Как выбирают число, тип и мощность трансформаторов цеховых подстанций, главных понизительных подстанций предприятий?

25. В каких случаях требуется применение установок гарантированного бесперебойного электропитания промышленных электроприемников? Каков принцип работы таких установок?

26. Как устроены современные батареи силовых конденсаторов?

27. Какие источники реактивной мощности кроме конденсаторных установок могут использоваться на промышленных предприятиях?

28. Как выбирают мощность и местоположение источников реактивной мощности?

29. Какие принципы и устройства автоматического регулирования реактивной мощности применяются на промышленных предприятиях?

30. Что понимается под электрической сетью?

31. Как выбирается номинальное напряжение электрической сети?

32. Каковы преимущества и недостатки незамкнутых и замкнутых электрических сетей?

33. Какие цели преследует заземление нейтрали в сетях напряжением до 1 кВ и в сетях напряжением более 1 кВ?

34. В каких случаях применяется компенсация токов замыкания на землю?

35. Каковы области применения трех-, четырех- и пятипроводных трехфазных сетей напряжением до 1000 В?

36. В каких случаях не могут использоваться алюминиевые провода или кабели?

37. Каковы основные способы прокладки изолированных проводов низкого напряжения?

38. Какие материалы и в каких случаях используются в качестве изоляции жил кабелей? Каковы основные современные направления развития конструкции кабелей?

39. Каковы основные преимущества шинопроводов перед другими способами канализации электроэнергии и в каких случаях эти преимущества особенно проявляются?

40. Как учитывается тепловое расширение шинопроводов и кабелей при выборе их конструкции и способов прокладки?

41. Что понимается под экономическим сечением проводников?

42. Каковы основные требования к заземляющим устройствам?

43. Какие элементы сооружений могут использоваться в качестве естественных заземлителей?

44. Как выбираются конструкция и число электродов искусственных заземлителей?
45. По каким показателям оценивается качество электроэнергии?
46. В чем заключается нежелательное воздействие колебаний и резких изменений напряжения на электроприемники?
47. Чем вызывается несинусоидальность напряжения и какими способами ограничиваются высшие гармоники напряжения?
48. В каких целях производят расчет токов КЗ? Как зависят применяемые упрощающие допущения от цели расчета?
49. Что понимают под удаленным коротким замыканием и какие упрощающие допущения в расчете токов КЗ в таком случае могут применяться?
50. Каков простейший способ определения тока трехфазного КЗ на выходных зажимах силового трансформатора?
51. Как проводится расчет КЗ (с использованием стандартных типовых кривых вращающихся машин)?
52. Как проверяется сечение проводов на его термическую стойкость при КЗ?
53. Как вычисляется изгибающий момент шин от электродинамического воздействия на них тока КЗ? Как определяется механическое напряжение в шинах?
54. Какие способы используют для ограничения токов КЗ в сетях НН, в сетях ВН?
55. В каких случаях требуется применять меры для увеличения токов КЗ?
56. У каких электроприемников должен предусматриваться самозапуск после кратковременного перерыва электропитания?
57. Каковы характерные особенности переходных процессов в электроприемниках и сетях при кратковременных перерывах электропитания?
58. Каковы основные показатели надежности работы системы электроснабжения?
59. Какие элементы системы электроснабжения характеризуются по сравнению с другими элементами относительно высокой надежностью, относительно низкой надежностью и необходимостью в резервировании?
60. Каковы основные показатели устройства защиты электроустановок?
61. Каковы основные направления развития элементной базы цепей защиты?
62. В чем заключаются преимущества и недостатки плавких предохранителей по сравнению с автоматическими выключателями НН?

63. Какие цели преследует защита от токов утечки?
64. В каких случаях в защите максимального тока предусматривается токовая отсечка?
65. Как влияет коэффициент возврата токовых реле на выбор уставки защиты максимального тока?
66. Как достигается селективность защиты максимального тока в многоступенчатых незамкнутых сетях?
67. Каковы причины появления токов небаланса в цепях токовой дифференциальной защиты?
68. В каких случаях должна применяться отключающая защита минимального напряжения?
69. Как влияет степень замкнутости сети НН на селективность защиты максимального тока, осуществляемой плавкими предохранителями?
70. Каковы особенности защиты сухих трансформаторов по сравнению с маслонаполненными трансформаторами?
71. Чем отличается защита синхронных электродвигателей от асинхронных электродвигателей?
72. Что понимается под зоной защиты молниеотвода? Как определяется эта зона?
73. Каково устройство вентильных разрядников? В каких случаях в разрядниках можно не предусматривать разрядные промежутки?
74. В чем заключается принцип работы катодной защиты подземных сооружений?
75. Какие ядовитые и загрязняющие вещества встречаются в электроустановках электроснабжения? Какие меры применяются для охраны окружающей среды?
76. В чем заключаются преимущества микропроцессорных систем автоматического управления, измерения и сигнализации по сравнению с традиционными релейными системами?
77. Какие основные требования предъявляются к аппаратуре и цепям дистанционного управления выключателями ВН?
78. Какова область применения АПВ в сетях электроснабжения промышленных предприятий?
79. В каких случаях вместо постоянной параллельной работы взаимно резервирующих друг друга цепей или установок должно использоваться автоматическое включение резервирующей цепи при выходе из работы основной?

80. Какие требования с учетом характера тарифной системы предъявляются к приборам и устройствам учета электроэнергии?

81. В каких случаях вместо трансформаторов тока могут использоваться другие более простые или более дешевые измерительные преобразователи тока?

82. В каких случаях требуется применение пятистержневых трехфазных трансформаторов напряжения?

83. При каком характере вспомогательных цепей может потребоваться применение аккумуляторных батарей в качестве источника от их питания?

84. Какие эргономические требования предъявляются к помещениям диспетчерского управления заводским электроснабжением?

85. В каких случаях может использоваться глухое присоединение питающей линии к первичным зажимам цехового трансформатора? Когда может потребоваться применение выключателя ВН?

86. По каким критериям проверяется стойкость выключателя высокого напряжения к отключаемым и сквозным токам КЗ?

87. Как проверяется стойкость шинных изоляторов электродинамическому воздействию на них токов КЗ?

88. В каких случаях может оказаться целесообразным применение изолированных сборных шин или других элементов ошиновки?

89. Как обеспечивается пожаро- и взрывобезопасность силовых трансформаторов и трансформаторных помещений?

90. Какие меры применяют для предотвращения перегрева силовых трансформаторов и другого оборудования?

91. Какими конструктивными мерами обеспечивается безопасность обслуживающего персонала в закрытых РУ высокого напряжения?

92. Какие меры применяются в открытых РУ во избежание прикосновения к неизолированным токоведущим частям?

93. Какие преимущества может дать применение неметаллических корпусов ячеек РУ низкого напряжения?

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Каждому студенту предлагается выполнить для самопроверки одно контрольное задание, состоящее из вопросов и задачи. В таблице 1 представлены три варианта контрольных вопросов, каждый из которых состоит из десяти подвариантов. К исполнению можно принимать любой вариант произвольно, а номер подварианта выбирается по последней цифре шифра зачет-

ной книжки студента (10-й вариант выполняют студенты, шифр которых заканчивается на ноль).

Исходные данные к задаче по вариантам приведены в таблице 2.

Таблица 1

Контрольное задание для самостоятельной работы студентов

Номер подва- рианта	Варианты и номер контрольного вопроса								
ВАРИАНТ 1									
1	1	11	21	31	41	51	61	71	81
2	2	12	22	32	42	52	62	72	82
3	3	13	23	33	43	53	63	73	83
4	4	14	24	34	44	54	64	74	84
5	5	15	25	35	45	55	65	75	85
6	6	16	26	36	46	56	66	76	86
7	7	17	27	37	47	57	67	77	87
8	8	18	28	38	48	58	68	78	88
9	9	19	29	39	49	59	69	79	89
10	10	20	30	40	50	60	70	80	90
ВАРИАНТ 2									
1	4	14	24	34	44	54	64	74	84
2	5	15	25	35	45	55	65	75	85
3	6	16	26	36	46	56	66	76	86
4	7	17	27	37	47	57	67	77	87
5	8	18	28	38	48	58	68	78	88
6	9	19	29	39	49	59	69	79	89
7	10	20	30	40	50	60	70	80	90
8	11	21	31	41	51	61	71	81	91
9	12	22	32	42	52	62	72	82	92
10	13	23	33	43	53	63	73	83	93
ВАРИАНТ 3									
1	2	10	20	33	45	56	68	79	87
2	3	13	24	36	46	58	69	78	90
3	1	12	23	35	49	60	71	80	91
4	6	15	27	38	47	59	70	83	86
5	4	14	25	39	48	63	72	81	87
6	5	16	29	37	51	62	74	82	93
7	8	17	26	40	52	61	73	84	89
8	9	19	30	43	50	65	77	85	93
9	7	18	31	42	55	64	76	88	91
10	11	21	32	41	57	67	75	86	92

Задача

Спроектировать подключение асинхронного электродвигателя вентилятора, запитываемого от шин низшего напряжения электрической подстанции 10/0,4 кВ в соответствии с вариантом исходных данных (табл.2):

- 1 - выбрать и проверить приемлемый способ пуска и аппараты;
- 2 - разработать принципиальную электрическую схему подключения электродвигателя;
- 3 - назначить к установке типы защит электродвигателя и определить уставки этих защит.

Таблица 2

Исходные данные к задаче контрольного задания

Исходные данные	ВАРИАНТЫ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ном. мощность, кВт	300	280	250	225	200	180	160	140	125	315
$\cos\varphi_{\text{ном}}$	0,925	0,92	0,915	0,92	0,81	0,92	0,91	0,915	0,92	0,93
$\text{КПД}_{\text{ном}}$	0,94	0,91	0,93	0,92	0,92	0,94	0,91	0,92	0,925	0,945
Сечение питающего медного кабеля, мм ²	2х70	185	2х50	150	2х50	95	2х35	70	50	2х95
Длина кабельной линии, м	115	110	105	125	130	135	140	145	150	120
Трансформатор: S, кВт	630	630	630	400	630	400	400	400	400	1000
U_K , %	6	5,5	6	4,5	5,5	6	5,5	4,5	8	5,5
P_K , кВт	7,6	8,6	7,8	7,1	8	6	5,7	5,3	4,9	8,1

Библиографический список

Основная литература:

1. Федоров, А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий / А. А. Федоров, В. В. Каменева. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
2. Мукосеев, Ю.Л. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. / Ю.Л. Мукосеев. – М.: Энергия, 1973. - 584 с.
3. Федоров, А.А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий / А.А. Федоров, Л.Е. Старкова. - М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.
4. Старкова, Л.Е. Проектирование цехового электроснабжения: учебное пособие / Л.Е. Старкова, В.В. Орлов. – Вологда: ВоГТУ, 2001. – 172 с.

Дополнительная литература:

5. Вагин, Г.А. Режимы электросварочных машин / Г.А. Вагин. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 192 с.
6. Таубер, Б.А. Подъемно-транспортные машины / Б.А. Таубер. – М.: Лесн.пром., 1988. – 456 с.
7. Электротехнический справочник: в 3-х томах. Т.3: в 2-х кн. Кн. 1: Производство и распределение электрической энергии / под. ред. И.Н. Орлова и др. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 880 с.
8. Глушков, Г.Н. Электроснабжение строительно-монтажных работ. / Г.Н. Глушков. – М.: Стройиздат, 1982. – 232 с.
9. Козлов, В.А. Электроснабжение городов / В.А. Козлов. – М.: Энергия, 1977. – 277 с.
10. Тульчин, И.К. Электрические сети и электрооборудование жилых и общественных зданий и коммунальных предприятий / И.К. Тульчин, Г.Н Нудлер. – М.: Высшая школа, 1987. – 368 с.
11. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. – М.: НЦ ЭНАС, 2002. – 150 с.
12. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. РД 153-34.0-20.527-98 / под ред. Б.Н. Неклепаева. – М.: НЦ ЭНАС, 2002. – 150 с.

Подписано в печать 6.03.2014.	Усл. печ. л. 0,9	Тираж	экз.
Печать офсетная.	Бумага писчая.	Заказ № ____.	

Отпечатано: РИО ВоГУ, г. Вологда, ул. Ленина, 15