	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет»	Приложение к ОПОП ВО
		Методические указания к практическим занятиям

Кафедра электрических машин
и электрооборудования

**Методические указания к практическим занятиям
и самостоятельной работе обучающихся**

**Б1.О.15 Электрические схемы и пассивные элементы электрических
цепей**

Направление подготовки
34.03.06 Агроинженерия

Профили подготовки:
Электрооборудование и электротехнологии,

Квалификация (степень) выпускника
бакалавр

Уфа 2020

Составитель: канд. техн. наук, доцент Мухортова Е.И.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры электрических машин и электрооборудования 26 марта 2020 г. (протокол № 9).

Рекомендовано к опубликованию методической комиссией энергетического факультета 26 марта 2020 г. (протокол № 7).

Ответственный за выпуск: И.о. зав. кафедрой электрических машин и электрооборудования канд. техн. наук, доцент Акчурин С.В.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1 Практическое занятие № 1 Система условных обозначений и маркировка резисторов. Соединение резисторов в схемах.	5
2 Практическое занятие № 2. Система условных обозначений и маркировка конденсаторов. Соединение конденсаторов в схемах.	10
3 Практическое занятие № 3. Основные характеристики и применение в электрических схемах катушек индуктивности и дросселей	14
4 Практическое занятие № 4. Основные характеристики и применение в электрических схемах электрических соединителей и коммутационных устройств	18
5 Практическое занятие № 5. Система графических и буквенно-цифровых обозначений в электрических схемах	24
6 Практическое занятие № 6. Примеры выполнения структурных, функциональных и принципиальных электрических схем	27
7 Практическое занятие № 7. Примеры выполнения перечня элементов	31
8 Методические указания к самостоятельной работе обучающихся	34
Библиографический список	36

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине Б1.О.15 «Электрические схемы и пассивные элементы электрических цепей» призваны способствовать освоению рабочей программы по указанной дисциплине. Структура методических указаний включает восемь разделов, семь из которых отражают содержание соответствующего практического занятия. Тематика практических занятий полностью соответствует содержанию рабочей программы дисциплины Б1.О.15 «Электрические схемы и пассивные элементы электрических цепей» для подготовки бакалавров по направлению 34.03.06 Агроинженерия, по профилю подготовки: Электрооборудование и электротехнологии (очная и заочная формы обучения).

Раздел 8 содержит методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся (СРО) по указанной дисциплине в соответствии с рабочей программой.

Содержание методических указаний направлено на углубленное изучение наиболее важных разделов теоретического курса. Их структура включает: цель занятия, задание, краткие теоретические сведения по теме занятия, необходимые нормативные, информационные и справочные данные, методические рекомендации, примеры решения типовых задач, а также вопросы для самоконтроля.

Практическое занятие №1

СИСТЕМА УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И МАРКИРОВКА РЕЗИСТОРОВ. СОЕДИНЕНИЕ РЕЗИСТОРОВ В СХЕМАХ

Цель занятия: изучение системы условных обозначений и маркировки резисторов.

Задание:

- 1) Изучить условные буквенно-цифровые и графические обозначения и систему маркировки резисторов
- 2) Рассмотреть примеры маркировки резисторов.
- 3) Рассмотреть варианты соединения и подключения резисторов в схемах.

1.1 Краткие теоретические сведения

1.1.1 Система условных обозначений резисторов в КД

Условное обозначение резисторов может быть сокращенным или полным:

1) Сокращенное обозначение определяет **тип резистора** (его наименование) и включает наиболее характерные конструктивные и эксплуатационные признаки, отличающие его от других резисторов.

В соответствии с действующей системой обозначений, начиная с 1978 г. (ОСТ 11.073.009 - 78), сокращенные условные обозначения резисторов состоят из трех элементов. Первый элемент – буква или сочетание букв, обозначающих подкласс резисторов (Р – резисторы постоянные; РП – резисторы переменные; НР – набор резисторов). Второй элемент – цифра, обозначающая группу резисторов по материалу резистивного элемента (1 – непроволочные; 2 – проволочные или металлофольговые). Третий элемент – регистрационный номер конкретного типа резистора. Между вторым и третьим элементами ставится дефис.

2) Полное обозначение резисторов используется при разработке конструкторской документации (КД), например, при составлении спецификаций к сборочным чертежам или перечней элементов к схемам электрическим принципиальным.

Полное условное обозначение резисторов состоит из сокращенного условного обозначения, обозначений основных параметров и характеристик резистора, климатического исполнения (В – всеклиматическое или Т – тропическое) и обозначения документа на поставку (номер ТУ или ГОСТ).

Параметры и характеристики, входящие в полное условное обозначение, для постоянных резисторов указываются в следующей последовательности:

- номинальная мощность рассеяния в ваттах (без указания единицы измерения);
- номинальное сопротивление и буквенное обозначение единицы измерения;
- допускаемые отклонения сопротивления в процентах (допуск);
- группа по уровню шумов (для непроволочных резисторов);
- группа по температурному коэффициенту сопротивления (*ТКС*).

Для переменных резисторов вместо двух последних параметров указывают обозначение функциональной характеристики.

Например, постоянный непроволочный резистор с регистрационным номером 4, номинальной мощностью рассеяния 0,5 Вт, номинальным сопротивлением 10 кОм, с допуском $\pm 1\%$, группой по уровню шумов А, группой по ТКС – Б, всеклиматического исполнения В, выпускаемый по техническим условиям ОЖО.466.157 ТУ, обозначается: P1–4–0,5–10 кОм $\pm 1\%$ А–Б–В ОЖО.466.157 ТУ.

1.1.2 Система условных графических обозначений резисторов

В электрических принципиальных схемах применяют условные графические обозначения резисторов, приведенные на рисунках 1.1...1.3 [11].



Рисунок 1.1 Условное графическое обозначение постоянных резисторов

Если необходимо указать величину номинальной мощности рассеяния резистора на схемах электрических принципиальных, то для постоянных резисторов с величиной $P_n \leq 5$ Вт допускается использовать следующие условные графические обозначения:

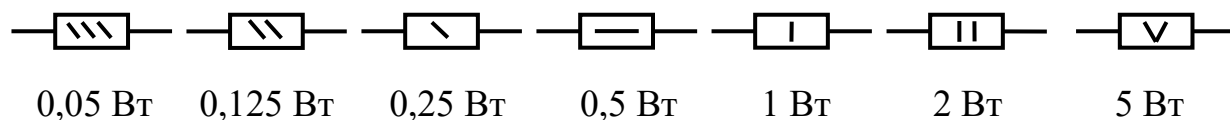


Рисунок 1.2 Условные графические обозначения постоянных резисторов различной мощности рассеяния

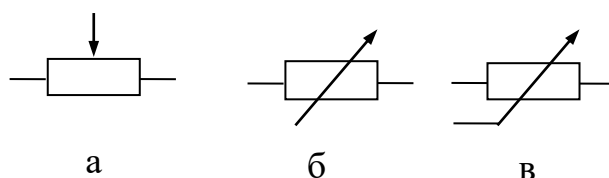


Рисунок 1.3 Условные графические обозначения переменных резисторов: а – резистор переменный; резистор переменный в реостатном включении: б – общее обозначение; в – с нелинейным регулированием

1.1.3 Маркировка резисторов

Маркировка – это система условных обозначений, наносимая непосредственно на резистор при его изготовлении. В зависимости от размеров резистора применяют различные системы маркировки [2, 3]:

1) Буквенно-цифровая маркировка

Для резисторов достаточно больших размеров применяют буквенно-цифровую маркировку, которая включает: сокращенное условное обозначение (тип резистора), номинальную мощность рассеяния в ваттах (без указания единицы измерения); полные обозначения номинального сопротивления и допусков резистора, обозначение климатического исполнения (В – всеклиматическое или Т – тро-

пическое), дату изготовления (обычно указывают год и месяц), товарный знак предприятия – изготовителя.

При малых размерах резисторов в маркировке используется не полное, а сокращенное (кодированное) обозначение номинальных сопротивлений и допусков.

Полное обозначение номинальных сопротивлений состоит из числового значения сопротивления с указанием буквенного обозначения единицы измерения, например: 100 Ом; 6,8 кОм; 2,4МОм; 1,2ГОм.

Полное обозначение допускаемых отклонений от номинального сопротивления состоит из числовых значений допусков, выраженных в процентах, например: $\pm 0,5\%$; $\pm 1\%$; $\pm 2\%$; $\pm 5\%$; $\pm 10\%$.

Сокращенное (кодированное) обозначение номинальных сопротивлений состоит из трех или четырех знаков, включающих две цифры и букву или три цифры и букву. Буква кода из латинского или русского (в скобках) алфавита обозначает множитель, составляющий значение сопротивления, и определяет положение запятой в десятичной дроби. Буквы R(E), K, M, G(Г), T обозначают, соответственно, множители 1, 10^3 , 10^6 , 10^9 , 10^{12} для сопротивлений, выраженных в Омах. Для приведенного выше примера кодированное обозначение величины R_n имеет вид: 100R (100E), 6K8, 2M4 и 1G2 (1Г2).

Сокращенные (кодированные) обозначения допускаемых отклонений от номинального сопротивления совпадают с международными стандартами и приведены в таблице 1.1 [2].

Таблица 1.1 Кодированные обозначения допускаемых отклонений сопротивлений и емкостей

ГОСТ 28883-90 (МЭК 62-74)	
Допуск, %	Кодированное обозначение
$\pm 0,005$	E
$\pm 0,01$	L
$\pm 0,02$	P
$\pm 0,05$	W
$\pm 0,1$	B
$\pm 0,25$	C
$\pm 0,5$	D
± 1 (E96)	F
± 2 (E48)	G
± 5 (E24)	J
± 10 (E12)	K
± 20 (E6)	M
± 30 (E3)	N

Примечания:

- в скобках указаны номера соответствующих стандартных рядов номинальных сопротивлений;
- буквы проставляют после значений сопротивления и емкости.

2) **Маркировка цветным кодом** допускается на постоянных миниатюрных резисторах. Ее наносят знаками в виде колец или полос. Для маркировки цветным кодом величина номинального сопротивления резисторов в омах выражается двумя или тремя значащими цифрами (в случае трех цифр – последняя цифра не равна нулю) и множителем 10^n , где n – любое число от -2 до $+8$.

Маркировка состоит из четырех полос, если значения номинальных сопротивлений соответствуют рядам E12 и E24, т.е. выражены двумя значащими цифрами. Маркировочные знаки располагают слева направо в следующем порядке: первая полоса – первая цифра числового значения R_n ; вторая полоса – вторая цифра; третья полоса – множитель, на который умножается числовое значение; четвертая полоса – допуск, выраженный в процентах.

Маркировка состоит из пяти полос для резисторов, у которых значения R_n соответствуют ряду E48 и выше, т.е. выражены тремя значащими цифрами. Маркировочные знаки располагают слева направо в следующем порядке: первая полоса – первая цифра числового значения R_n ; вторая полоса – вторая цифра; третья полоса – третья цифра; четвертая полоса – множитель, на который умножается числовое значение; пятая полоса – допуск, выраженный в процентах. Цвета знаков маркировки номинального сопротивления и допусков должны соответствовать указанному в таблице 1.2.

Таблица 1.2 Цвета знаков маркировки номинального сопротивления и допусков

Цвет знака	Номинальное сопротивление, Ом				Допуск, %
	Первая цифра	Вторая цифра	Третья цифра	Множитель	
Серебристый	—	—	—	10^{-2}	± 10
Золотистый	—	—	—	10^{-1}	± 5
Черный	0	0	0	1	—
Коричневый	1	1	1	10	± 1
Красный	2	2	2	10^2	± 2
Оранжевый	3	3	3	10^3	$\pm 0,05$
Желтый	4	4	4	10^4	—
Зеленый	5	5	5	10^5	$\pm 0,5$
Голубой	6	6	6	10^6	$\pm 0,25$
Фиолетовый	7	7	7	10^7	$\pm 0,1$
Серый	8	8	8	10^8	—
Белый	9	9	9	10^9	—
Без окраски	-	-	-		± 20

Пример маркировки цветным кодом показан на рисунке 1.4: первая полоса желтого цвета – первая цифра значения R_n (4); вторая полоса фиолетового цвета – вторая цифра значения R_n (7); третья полоса оранжевого цвета – множитель (10^3); четвертая полоса золотистого цвета – допуск ($\pm 5\%$).

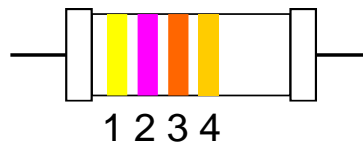


Рисунок 1.4 Пример маркировки миниатюрных резисторов цветным кодом

Первую полосу наносят ближе к одному из торцов резистора. Чтобы избежать недоразумений, ширину последнего знака (кольца или полосы) увеличивают в 1,5...2 раза по сравнению с остальными знаками.

1.2 Примеры типовых задач на расшифровку сокращенных обозначений и цветовой маркировки резисторов

1.3.1 Расшифровать сокращенные (кодированные) обозначения номинальных сопротивлений и допусков, указанных в маркировке резисторов.

1.3.2 Расшифровать маркировку, указанную на резисторе. Используя необходимые справочные данные (по указанию преподавателя), составить полное условное обозначение резистора для записи в перечень элементов.

1.3.3 Для маркировки миниатюрного резистора использована четырехполосная маркировка цветным кодом. Расшифровать маркировку, указанную на резисторе.

1.3 Вопросы для самоконтроля

- 1) Привести УГО постоянных резисторов в электрических схемах.
- 2) Привести УГО переменных резисторов в электрических схемах.
- 3) Пояснить термин «реостатное включение резистора».
- 4) Привести и пояснить структуру сокращенного обозначения резисторов.
- 5) Где используют полное буквенно-цифровое обозначение резисторов?
- 6) Что такое маркировка резисторов?
- 7) Какими способами можно выполнить маркировку резисторов?

Практическое занятие №2

2 СИСТЕМА УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ КОНДЕНСАТОРОВ В КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, СИСТЕМА МАРКИРОВКИ

Цель занятия: изучение системы условных обозначений и маркировки конденсаторов.

Задание:

- 1) Изучить условные буквенно-цифровые и графические обозначения и систему маркировки конденсаторов.
- 2) Рассмотреть примеры маркировки конденсаторов.
- 3) Рассмотреть соединение и подключение конденсаторов в схемах.

2.1 Краткие теоретические сведения

2.1.1 Система условных обозначений конденсаторов в КД

Современная система обозначений конденсаторов для радиоэлектронных устройств соответствует ОСТ 11.073.008–78 и ГОСТ 28883-90 (МЭК 62-74).

Условное обозначение конденсаторов может быть сокращенным и полным [3]. Сокращенное обозначение, позволяющее определить к какому типу относится конкретный конденсатор, содержит три элемента:

Первый элемент - одна или две буквы - обозначает подкласс конденсатора: К – конденсатор постоянной емкости; КТ – конденсатор подстроечный; КП – конденсатор переменной емкости; КН – конденсатор нелинейный; КС – конденсаторная сборка.

Второй элемент – число, обозначающее группу конденсатора в зависимости от материала диэлектрика (таблица 2.1).

Третий элемент – порядковый номер разработки конденсатора конкретного типа.

Пример 1: Сокращенное условное обозначение керамического конденсатора постоянной емкости на номинальное напряжение до 1600 В с порядковым номером разработки 8: К10-7.

Полное условное обозначение устанавливают в документе на поставку конденсаторов, и оно включает:

- сокращенное обозначение конденсатора;
- обозначение основных параметров и характеристик в следующей последовательности: номинальное напряжение (с указанием единицы измерений – в вольтах), номинальная емкость (с указанием единицы измерений), допустимые предельные отклонения величины номинальной емкости (в процентах или в абсолютных единицах для $C_n < 10$ пФ), группа и класс по температурной стабильности емкости (для керамических и стеклокерамических конденсаторов), номинальная реактивная мощность (в некоторых случаях);
- обозначение климатического исполнения;
- обозначение документа на поставку.

Пример 2: Полное условное обозначение комбинированного конденсатора постоянной емкости (К75) с порядковым номером разработки 10 на номинальное напряжение 250 В номинальной емкостью 0,47 мкФ и допускаемым отклонением $\pm 5\%$, всеклиматического исполнения (В), поставляемого по ... ТУ:
 К75-10-250 В-0,47 мкФ $\pm 5\%$ - В...ТУ.

Полные условные обозначения элементов используются в КД, например, при составлении спецификации к сборочным чертежам и перечней элементов к схемам электрическим принципиальным.

Таблица 2.1 Условное обозначение групп конденсаторов

Подкласс конденсаторов	Группа конденсаторов	Обозначение группы
Конденсаторы постоянной емкости	Керамические на номинальное напряжение ниже 1600 В	10
	Керамические на номинальное напряжение 1600 В и выше	15
	Стекланные	21
	Стеклокерамические	22
	Стеклоэмалевые	23
	Тонкопленочные	26
	Слюдяные малой мощности	31
	Слюдяные большой мощности	32
	Бумажные на номинальное напряжение ниже 2 кВ фольговые	40
	Бумажные на номинальное напряжение 2 кВ и выше фольговые	41
	Бумажные металлизированные	42
	Оксидно-электролитические алюминиевые	50
	Оксидно-электролитические танталовые, ниобиевые и др.	51
	Объемнопористые	52
	Оксидно-полупроводниковые	53
	С двойным электрическим слоем (ионисторы)	58
	Воздушные	60
	Вакуумные	61
	Полистирольные	71
	Фторопластовые	72
Полиэтилентерефталатные металлизированные	73	
Полиэтилентерефталатные фольговые	74	
Комбинированные	75	
Лакопленочные	76	
Поликарбонатные	77	
Полипропиленовые	78	
Конденсаторы подстроечные	Вакуумные	1
	Воздушные	2
	С газообразным диэлектриком	3
	С твердым диэлектриком	4
Нелинейные конденсаторы	Вариконды	1
	Термоконденсаторы	2

2.1.2 Система условных графических обозначений конденсаторов

В схемах электрических принципиальных применяют условные графические обозначения конденсаторов, приведенные на рисунке 2.1 [11]:

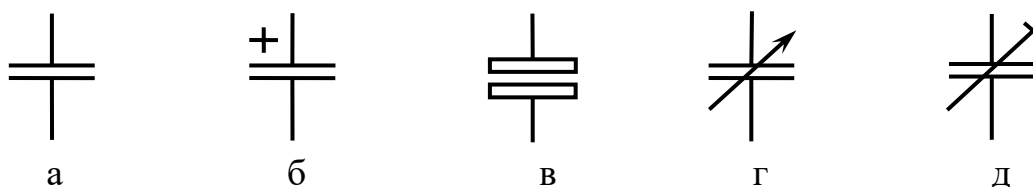


Рисунок 2.1 Условные графические обозначения конденсаторов: а - постоянной емкости; б – электролитический полярный; в – электролитический неполярный; г – переменной емкости; д – подстроечный

2.1.3 Маркировка конденсаторов

В зависимости от размеров конденсаторов применяют различные системы маркировки [3]:

1) Для конденсаторов достаточно больших размеров применяют **буквенно-цифровую маркировку**, которая включает:

- сокращенное обозначение конденсатора;
- величину номинального напряжения в вольтах (с указанием единицы измерения);
- номинальную емкость;
- допускаемые предельные отклонения емкости (если конденсатор определенного типа выпускается только одного класса точности, то допуск не маркируют);
- группу *ТКЕ* (только для керамических, стеклокерамических и некоторых других типов конденсаторов);
- обозначение климатического исполнения (буква «В» – всеклиматическое);
- дату изготовления (обычно указывают год и месяц выпуска);
- товарный знак предприятия – изготовителя.

Для указания номинальных емкостей и допускаемых предельных отклонений могут применяться полные или сокращенные (кодированные) обозначения.

Полное обозначение номинальных емкостей состоит из числового значения емкости и обозначения единицы измерения (пФ – пикофарады, мкФ – микрофарады, Ф – фарады), например: 1,5 пФ, 0,1 мкФ, 10 мкФ, 1 Ф.

Полное обозначение допускаемых предельных отклонений емкостей также состоит из числового значения допуска в процентах (с указанием единицы измерения). Для конденсаторов с $C_n < 10$ пФ допуск указывают в абсолютных значениях, т.е. в пикофарадах: $\pm 0,1$; $\pm 0,25$; $\pm 0,5$ и ± 1 пФ.

Сокращенные (кодированные) обозначения номинальных емкостей и их допускаемых предельных отклонений применяют для маркировки малогабаритных конденсаторов. Эти обозначения установлены ГОСТ 28883-90 (МЭК 62-74).

Кодированное обозначение номинальных емкостей состоит из трех или четырех знаков, включающих две или три цифры и букву. Буква кода обозначает множитель, составляющий значение емкости, и определяет положение запятой десятичной дроби. Буквы *П* (*p*), *Н* (*n*), *М* (μ), *И* (*m*), *Ф* (*F*) обозначают множители 10^{-12} , 10^{-9} , 10^{-6} , 10^{-3} и 1, соответственно, для значений емкостей, выраженных в фарадах. Для приведенного выше примера следует писать: 1П5 (1p5), 10н (10n), 10М (10 μ), 1Ф0 (1F0).

Кодированные значения допусков указывают теми же буквами, что и допуски на величину сопротивлений резисторов (таблица 1.1). Для конденсаторов с $C_n < 10$ пФ допуски кодируют буквами: *B* ($\pm 0,1$ пФ), *C* ($\pm 0,25$ пФ), *D* ($\pm 0,5$ пФ), *F* (± 1 пФ). После буквы допускаемого отклонения емкости в маркировке конденсатора может присутствовать буквенный код группы по температурному коэффициенту емкости *TKE* и (или) номинального, напряжения [2, 3].

2) Для маркировки малогабаритных конденсаторов малой емкости с номинальным напряжением до 63 В применяют **систему цветного кодирования**. Маркировку наносят в виде цветных точек или полос в соответствии с таблицами предприятий-изготовителей.

Незащищенные конденсаторы не маркируются, а их характеристики указывают на упаковке.

2.2 Примеры типовых задач на расшифровку сокращенных обозначений и маркировки конденсаторов

1) Расшифровать сокращенные (кодированные) обозначения номинальных сопротивлений и допусков, указанных в маркировке конденсаторов.

2) Расшифровать маркировку, указанную на конденсаторе. Используя необходимые справочные данные (по указанию преподавателя), составить полное условное обозначение конденсатора для записи в перечень элементов.

2.3 Вопросы для самоконтроля

- 1) Привести УГО постоянных конденсаторов в электрических схемах.
- 2) Привести УГО переменных конденсаторов в электрических схемах.
- 3) Привести и пояснить структуру сокращенного обозначения конденсаторов.
- 4) Где используют полное буквенно-цифровое обозначение конденсаторов?
- 5) Что такое маркировка конденсаторов?
- 6) Какими способами можно выполнить маркировку конденсаторов?

Практическое занятие №3

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРИМЕНЕНИЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ И ДРОССЕЛЕЙ

Цель занятия: изучение основных характеристик катушек индуктивности и дросселей, их применения в электрических схемах.

Задание:

- 1) Изучить основные характеристики катушек индуктивности и дросселей и рекомендации по их выбору в электрические схемы.
- 2) Рассмотреть примеры применения катушек индуктивности и дросселей.

3.1 Краткие теоретические сведения

Катушка индуктивности (КИ) – это катушка, выполненная изолированным проводом, обладающая значительной индуктивностью при относительно малой емкости и малом активном сопротивлении.

КИ применяются в качестве элементов фильтров; элементов защиты от электромагнитных помех, создаваемых импульсными преобразователями; для ограничения величины тока через полупроводниковые приборы и скорости его нарастания; в колебательных контурах электрических цепей; в электромагнитных коммутационных устройствах и для других целей.

Дроссель любого типа представляет собой катушку индуктивности с ферромагнитным сердечником. Различают три основных типа дросселей: дроссели переменного тока; сглаживающие дроссели; дроссели насыщения. Различия между ними заключаются в числе обмоток и форме протекающего через них тока.

3.1.1 Основные параметры катушек индуктивности и дросселей

1) Номинальная величина индуктивности КИ L_n , Гн.

Индуктивность характеризует величину энергии, запасаемой катушкой, при протекании по ней электрического тока. Чем больше индуктивность катушки, тем больше энергия магнитного поля при заданной величине тока. Индуктивность зависит от размеров, формы, числа витков катушки, а также от формы и материала ее сердечника.

Индуктивность однослойной катушки (соленоида) определяется выражением [3]

$$L = \frac{\mu_0}{4\pi} N^2 d \Phi, \text{ Гн}, \quad (3.1)$$

где μ_0 – магнитная постоянная, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м;

N – число витков катушки;

d – диаметр катушки, м;

Φ – безразмерная величина, значения которой приводятся в таблице 3.1 в зависимости от соотношения длины катушки H , м и её диаметра: $\alpha = H/d$.

Например, если диаметр однослойной катушки $d = 0,1$ м, длина катушки $H = 0,5$ м, а число витков $N = 500$, то для того, чтобы использовать для расчета индуктивности катушки формулу (3.1), предварительно определяют параметры

$$\alpha = 0,5/0,1 = 5; \text{ и } 1/\alpha = 0,2.$$

Затем по таблице 3.1 находят значение $\Phi = 1,816$, соответствующее параметру $1/\alpha = 0,2$. Тогда расчетная индуктивность катушки

$$L = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{4\pi} \cdot 250000 \cdot 0,1 \cdot 1,816 = 4,54 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.}$$

Таблица 3.1 Значения величины Φ для вычисления индуктивности соленоида

1/α	Φ	1/α	Φ	1/α	Φ	1/α	Φ
0,00	0,000	0,25	2,225	0,50	4,04	0,75	5,54
01	0,098	26	2,304	51	4,10	76	5,59
2	0,196	27	2,384	52	4,17	77	5,64
3	0,292	28	2,462	53	4,23	78	5,70
4	0,388	29	2,540	54	4,30	79	5,75
0,05	0,483	0,30	2,617	0,55	4,36	0,80	5,80
6	0,577	31	2,693	56	4,42	81	5,86
7	0,671	32	2,769	57	4,48	82	5,91
8	0,763	33	2,844	58	4,55	83	5,96
9	0,855	34	2,919	59	4,61	84	6,01
0,10	0,946	0,35	2,993	0,60	4,67	0,85	6,06
11	1,037	36	3,067	61	4,73	86	6,11
12	1,126	37	3,140	62	4,79	87	6,16
13	1,215	38	3,212	63	4,85	88	6,22
14	1,303	39	3,284	64	4,91	89	6,27
0,15	1,390	0,40	3,355	0,65	4,97	0,90	6,32
16	1,477	41	3,426	66	5,03	91	6,36
17	1,563	42	3,496	67	5,08	92	6,41
18	1,648	43	3,565	68	5,14	93	6,46
19	1,732	44	3,634	69	5,20	94	6,51
0,20	1,816	0,45	3,703	0,70	5,26	0,95	6,56
21	1,899	46	3,771	71	5,31	96	6,61
22	1,982	47	3,838	72	5,37	97	6,65
23	2,063	48	3,905	73	5,42	98	6,70
24	2,144	49	3,972	74	5,48	99	6,75
0,25	2,225	0,50	4,04	0,75	5,54	1,00	6,79

Индуктивность многослойной катушки прямоугольного поперечного сечения определяется выражением [3]

$$L = \mu_0 N^2 \frac{\pi D_{cp}^2}{4H} \cdot k_L, \text{ Гн} \quad (3.2)$$

где D_{cp} – средний диаметр многослойной катушки:

$$D_{cp} = \frac{D_{вн} + D_{н}}{2}$$

$D_{вн}$ и $D_{н}$ – внутренний и наружный диаметры катушки, соответственно, м;
 k_L – коэффициент индуктивности:

$$k_L = \frac{\left(1 - \frac{\beta}{3}\right)^2}{1 + \frac{0,45}{\alpha}},$$

где α и β – безразмерные коэффициенты, определяемые геометрическими размерами катушки:

$$\alpha = \frac{H}{D_{cp}}, \quad \beta = \frac{H}{D_{cp}}.$$

При расчете индуктивностей КИ по формулам (3.1) и (3.2) предполагается, что их витки уложены равномерно как по длине, так и в радиальном направлении. Отличие действительной индуктивности катушки от ее расчетной величины обычно невелико, поэтому в инженерных расчетах им пренебрегают.

2) Допускаемые отклонения величины индуктивности катушки от номинального значения (допуск) $\pm \Delta L_n, \%$ – это максимально допустимые отклонения действительной величины индуктивности катушки от номинального значения, выраженные в процентах. Величина допускаемых отклонений зависит от назначения катушки. Для катушек индуктивности колебательных контуров допуск составляет $\pm (0,2...0,5) \%$, а для катушек индуктивной связи и дросселей – до $\pm 15 \%$. Обеспечить точность в доли процента без дополнительных мер не удастся, поскольку конструктивные элементы катушек, например, каркас или гильза имеют гораздо большие технологические допуски.

Поэтому катушки индуктивности для колебательных контуров должны иметь элемент подстройки величины индуктивности. Таким элементом является подстроечный сердечник, вводимый внутрь катушки. Сердечники изготавливают из различных материалов (магнитных или диамагнитных) и различной формы. Подстроечные сердечники позволяют регулировать величину индуктивности катушек в пределах $\pm 15 \%$.

3) Величина индуктивности дросселя $L_c, Гн$ – это величина индуктивности катушки с ферромагнитным сердечником.

Индуктивность катушек с ферромагнитным сердечником L_c превышает индуктивность L катушек без сердечника в μ_3 раз:

$$L_c = \mu_3 L, \quad Гн, \quad (3.3)$$

где μ_3 – эквивалентная магнитная проницаемость сердечника.

4) Номинальная добротность катушки индуктивности Q_n – это отношение индуктивного сопротивления катушки к активному сопротивлению потерь

$$Q_n = \frac{\omega L_n}{R_\Sigma}, \quad (3.4)$$

т.е. при заданной частоте ω и номинальной индуктивности L_n добротность катушки индуктивности определяется суммарным сопротивлением потерь R_Σ в её конструктивных элементах

$$R_{\Sigma} = R_f + R_{\delta} + R_{\Delta} + R_{CL} + R_C, \quad (3.5)$$

где R_f – сопротивление провода обмотки току высокой частоты, Ом;

R_{δ} – сопротивление диэлектрических потерь в каркасе катушки индуктивности, Ом;

R_{Δ} – сопротивление потерь, вносимых экраном, Ом;

R_{CL} – сопротивление потерь, возникающих за счет резонансных свойств катушки индуктивности, Ом;

R_C – сопротивление потерь в сердечнике, Ом.

На практике обычно учитывают составляющие сопротивления потерь R_f и R_C , поскольку остальные имеют значительно меньшую величину.

Сопротивление провода обмотки току высокой частоты R_f определяют с учетом уменьшения активного сечения провода $S_{пр\ акт}$ за счет проявления поверхностного эффекта [3].

Сопротивление потерь в сердечнике R_C складывается из сопротивлений потерь в магнитном материале сердечника на гистерезис и вихревые токи. В диапазоне высоких частот для уменьшения величины R_C сердечники КИ выполняют из материалов с высоким удельным электрическим сопротивлением – магнитодиэлектриков или ферритов. В таких материалах можно пренебречь потерями на вихревые токи и учитывать только сопротивление потерь на гистерезис

$$R_C \approx R_{\Gamma} = \omega L_n \cdot tg\delta_m, \quad (3.6)$$

где $tg\delta_m$ – тангенс угла магнитных потерь, значения которого приводятся для всех типов магнитных материалов в справочной литературе.

Добротность КИ при их использовании в колебательных контурах характеризует их чувствительность, а добротность дросселей – их КПД.

3.2 Примеры расчета параметров КИ и дросселей

Требуется: определить величину индуктивности КИ.

Исходные данные – по указанию преподавателя:

Примечание: Пример рассматривается на доске с комментариями преподавателя и элементами групповой дискуссии.

3.3 Вопросы для самоконтроля

- 1) Привести определение катушки индуктивности.
- 2) Перечислить и пояснить основные параметры катушек индуктивности.
- 3) От каких параметров зависит величина индуктивности?
- 4) Привести определение дросселя.
- 5) Из каких материалов выполняют сердечники дросселей?
- 6) Из каких материалов выполняют обмотки дросселей?
- 7) Из каких составляющих складывается величина потерь в сердечнике дросселя?

Практическое занятие №4

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРИМЕНЕНИЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ И КОММУТАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ

Цель занятия: изучение основных характеристик электрических соединителей и коммутационных устройств, их применения в электрических схемах.

Задание:

- 1) Изучить основные характеристики электрических соединителей и коммутационных устройств и рекомендации по их применению в электрических схемах.
- 2) Рассмотреть примеры применения электрических соединителей и коммутационных устройств в электрических схемах.

4.1 Краткие теоретические сведения

4.1.1 Основные параметры и характеристики электрических соединителей

Электрический соединитель – это электротехническое устройство, предназначенное для механического соединения и разъединения вручную электрических цепей в различных видах устройств и аппаратуры, отключенных от источников питания.

Электрические соединители могут быть выполнены на основе:

1) Разборных контактных соединений (КС)

К разборным относятся резьбовые КС, которые образуют при помощи болтов, винтов, шпилек и других деталей, снабжённых резьбой. Наиболее распространёнными резьбовыми соединителями являются клеммные колодки винтового типа.

2) Разъёмных контактных соединений

Разъёмные соединители состоят из двух основных частей: приборной (розетки) и кабельной (вилки), соединение которых может осуществляться различными способами. Разъёмные соединители разделяют на:

- соединители электрические штепсельные бытового и аналогичного назначения по ГОСТ Р 51322.1- 2011;

- соединители электрические промышленного назначения по ГОСТ 29145.1 – 91.

Основные параметры и характеристики электрических соединителей указанных типов:

- номинальный ток, А;
- номинальное рабочее напряжение, В;
- обозначение рода тока, переменный или постоянный ток;
- число полюсов;
- степень защиты от воздействия окружающей среды.

Например, для разъёмных соединителей (таблица 4.1):

Таблица 4.1 Основные параметры и характеристики разъемных электрических соединителей

Наименование параметра, ед. измерения	Значение	
	Соединители бытового и аналогичного назначения	Соединители промышленного назначения
Номинальный ток, А	2,5; 6,0; 10; 16; 32	Серия I: 16; 32; 63; 100; 125; 200; 250 Другие типоразмеры: 6; 10; 25; 40; 50; 80; 150; 160
Номинальное рабочее напряжение, В	до 440 В	до 690 В
Обозначение рода тока	постоянный, переменный	постоянный, переменный
Число полюсов *	2, 3, 4	2, 3, 4
Степень защиты	IP20; IP44, IP54 или IP65	IP44, IP67 или IP66/IP67

Примечание: * Соединители могут иметь дополнительные контакты: вспомогательные (для обеспечения фиксации или блокировки соединения) либо защитные заземляющие, которые не считаются полюсами.

4.1.2 Система условных обозначений разъемных электрических соединителей

Включает следующие обязательные элементы:

- наименование соединителя или его части (разъем, вилка, розетка)
- тип соединителя;
- номинальный ток, А;
- номинальное рабочее напряжение, В;
- обозначение рода тока, переменный или постоянный ток;

Например:

Разъем штепсельный РШ/ВШ-32 32А 220В ~ .

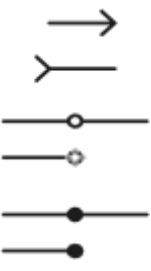
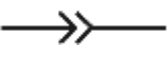
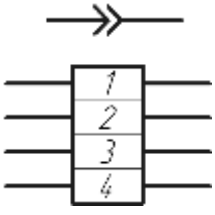
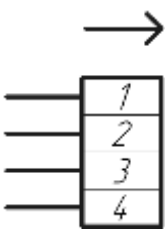
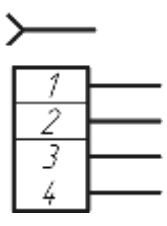
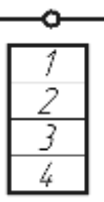
После обязательных элементов предприятием изготовителем могут быть указаны дополнительные сведения.

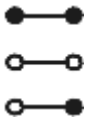
4.1.3 Система условных обозначений разборных электрических соединителей аналогична приведенной выше:

- наименование соединителя (колодка клеммная, блок клеммный и др.);
- тип соединителя;
- количество контактов соединителя (6; 12; 24; 36)
- сечение соединяемых проводников, мм² (например, 2,5-4,0 мм² или 4,0-6,0 мм² и др.);
- номинальный ток, А;
- номинальное рабочее напряжение, В;
- обозначение рода тока, переменный или постоянный ток.

Условные графические и буквенные обозначения электрических соединителей приведены в таблице 4.2 [1, 4, 12].

Таблица 4.2 Условные графические и буквенные обозначения электрических соединителей

Наименование	Обозначение	Примечание	Буквенный код
1	2	3	4
<p>Контакт контактного соединения:</p> <p>а) разъемного соединения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - штырь - гнездо <p>б) разборного соединения</p> <p>в) неразборного соединения</p>			X
Соединение контактное разъемное			X
Соединение контактное разъемное четырехпроводное		Цифры внутри прямоугольников обозначают номера контактов	X
Штырь четырехпроводного контактного разъемного соединения			XP
Гнездо четырехпроводного контактного разъемного соединения			XS
Колодка зажимов с разборными контактами			XT

Перемычки контактные			
----------------------	---	--	--

4.1.4 Основные параметры и характеристики электрических кнопочных выключателей, переключателей и их контактов

Электрические выключатели, переключатели - это электротехнические устройства, предназначенные для механического соединения и разъединения вручную электрических цепей в различных видах устройств и аппаратуры.

Кнопка управления - это электрический аппарат для ручного включения (отключения) электрических цепей управления, сигнализации, блокировки, а также для ручного дистанционного включения электромагнитных аппаратов (магнитных пускателей, контакторов, реле и др.)

При нажатии на кнопку происходит замыкание или размыкание цепи, приводящее к запуску или останову работы устройства.

Нормально открытым (НО) или замыкающим называется электрический контакт, который при отсутствии механического воздействия остается разомкнутым.

Нормально закрытым (НЗ) или размыкающим называется электрический контакт, который при отсутствии механического воздействия на него остается замкнутым.

Кнопки, контакты которых возвращаются в первоначальное положение после прекращения механического воздействия, называются кнопками с самовозвратом. Например, при нажатии на головку кнопки «Стоп» движение кнопки передается стержню, который размыкает подвижный контакт и цепь, в которую он включен. Когда кнопку отпускают, пружина возвращает ее в исходное положение. Подвижный контакт при этом снова замыкается.

При нажатии на кнопку «Пуск» подвижный контакт замыкает электрическую цепь. Затем, при отпускании кнопки, кнопка и контакт возвращаются в исходное положение.

Кнопки, контакты которых фиксируются в требуемом положении после прекращения механического воздействия, называются кнопками с фиксацией положения.

Основные параметры и характеристики кнопок управления:


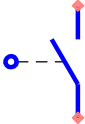

- номинальный ток, А (обычно от 3 до 10 А);
- номинальное напряжение, В (обычно 127, 220 и 380 В);
- состояние после нажатия (с самовозвратом или с фиксацией положения);
- наличие световой индикации и её цвет;
- степень защиты от воздействия окружающей среды;
- коммутационный ресурс;
- диапазон рабочих температур;
- форма (утопленная, грибовидная, цилиндрическая, прочее).
- установочный диаметр, толщина монтажной панели.

Кнопочные посты объединяют в своей конструкции две или более кнопок управления и предназначены для включения, отключения и управления электро-техническими устройствами, например: для изменения направления вращения электроприводов, для ручного экстренного отключения оборудования в аварийных ситуациях и т. д.

Условные графические и буквенные обозначения выключателей, переключателей и их контактов приведены в таблице 4.3 [1, 4, 12].

Таблица 4.3 Условные графические и буквенные обозначения выключателей, переключателей и их контактов

Наименование	Обозначение	Размеры	Буквенный код
1	2	3	5
Выключатель ручной			SB
Выключатель кнопочный с самовозвратом (без фиксации положения)			SB
Выключатель кнопочный с фиксацией положения			SB
Выключатель электромагнитный (реле)			K
Контакт без самовозврата а) замыкающий б) размыкающий			K

Контакт с самовозвратом а) замыкающий б) размыкающий			К
Контакт концевого выключателя: а) замыкающий б) размыкающий			SQ
Переключатель однополюсный многопозиционный (пример: шестипозиционный)			SA

4.2 Примеры применения электрических соединителей и коммутационных устройств в электрических схемах

Рассматриваются:

- 1) Конструкции электрических соединителей различных типов: винтовые клеммные колодки, универсальные соединители WAGO серии 221 с использованием наглядных пособий.
- 2) Конструкции кнопок управления серии КУ и др. и кнопочные посты серии ПКЕ с использованием наглядных пособий.
- 3) Простейшие электрические схемы с применением данных устройств.

4.3 Вопросы для самоконтроля

- 1) Привести определение электрических соединителей.
- 2) Перечислить основные виды электрических соединителей.
- 3) Перечислить основные параметры разъемных электрических соединителей?
- 4) Привести структуру условного обозначения разъемных электрических соединителей.
- 5) Привести определение нормально открытого (НО) или замыкающего контакта.
- 6) Привести определение нормально закрытого (ЗО) или замыкающего контакта.
- 7) Чем отличаются кнопки с самовозвратом и с фиксацией положения?

Практическое занятие №5

СИСТЕМА ГРАФИЧЕСКИХ И БУКВЕННО-ЦИФРОВЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ

Цель занятия: изучение системы графических и буквенно-цифровых обозначений в электрических схемах

Задание:

1) Изучить систему графических и буквенно-цифровых обозначений элементов электрических схем (по заданию преподавателя)

2) Рассмотреть примеры применения графических и буквенно-цифровых обозначений в электрических схемах (по заданию преподавателя).

5.1 Краткие теоретические сведения

ГОСТ 2.702-2011 Правила выполнения электрических схем (ЕСКД) [14] устанавливает требования к графическому изображению элементов устройств и функциональных групп на электрических схемах, а также требования к их позиционным обозначениям.

5.1.1 Графическое изображение элементов, устройств и функциональных групп на электрических схемах

Функциональные части изделия или системы (элементы, устройства и функциональные группы) на схеме изображают в виде условных графических обозначений (УГО), установленных в стандартах ЕСКД. Отдельные функциональные части и устройства допускается изображать в виде прямоугольников.

УГО установлены в стандартами ЕСКД для различных элементов и устройств, которые объединяют в следующие функциональные группы:

- катушки индуктивности, реакторы, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители ГОСТ 2.723 [6];
- машины электрические ГОСТ 2.722 [7];
- приборы полупроводниковые ГОСТ 2.730 [8];
- приборы электроизмерительные ГОСТ 2.729 [9];
- разрядники, предохранители ГОСТ 2.727-68 [10];
- резисторы, конденсаторы ГОСТ 2.728 [11];
- устройства коммутационные и контактные соединения ГОСТ 2.755 [12];
- электронагреватели, устройства и установки электротермические ГОСТ 2.745 [13].

УГО для всех перечисленных функциональных групп элементов и устройств приведены в [1, 4].

Условные графические обозначения (УГО) элементов, устройств, функциональных групп и соединяющие их линии взаимосвязи следует располагать на схеме таким образом, чтобы обеспечивать наилучшее представление о структуре изделия и взаимодействии его составных частей. УГО на схемах следует выполнять линиями той же толщины, что и линии взаимосвязи.

УГО элементов изображают на схеме в положении, в котором они приведены в соответствующих стандартах, или повернутыми против часовой стрелки на угол, кратный 90° . При необходимости допускается УГО изображать зеркально повернутыми.

УГО, имеющие цифровые или буквенно-цифровые обозначения, допускается поворачивать против часовой стрелки только на угол 90°

5.1.2 Позиционные обозначения элементов, устройств и функциональных групп на электрических схемах

Каждый элемент и устройство на электрических схемах должны иметь буквенно-цифровое позиционное обозначение. Это обозначение состоит из буквенного обозначения, которое для всех элементов и устройств определяется ГОСТ 2.710-81 Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах (ЕСКД) [5].

Цифровые обозначения – это порядковые номера элементов (устройств). Их следует присваивать, начиная с единицы, в пределах группы элементов (устройств), которым на схеме присвоено одинаковое буквенное позиционное обозначение, например: R1, R2, R3 и т.д.; C1, C2, C3 и т.д.

Порядковые номера следует присваивать в соответствии с последовательностью расположения элементов или устройств на схеме сверху вниз в направлении слева направо.

При необходимости допускается изменять последовательность присвоения порядковых номеров в зависимости от размещения элементов в изделии, направления прохождения сигналов или функциональной последовательности процесса.

Позиционные буквенно-цифровые обозначения элементам (устройствам) следует присваивать в пределах изделия (установки). Их проставляют на схеме рядом с УГО элементов и (или) устройств с правой стороны или над ними. Не допускается пересечение позиционного обозначения линиями связи, УГО элемента или любыми другими надписями и линиями (рисунок 5.1).

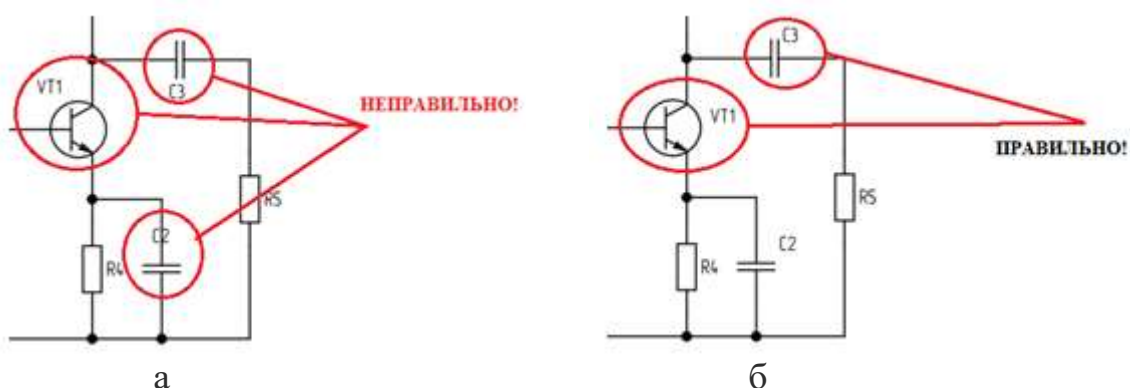


Рисунок 5.1 Расположение позиционных буквенно-цифровых обозначений элементов на схеме: а – неправильное, б - правильное

Если в состав изделия входит несколько одинаковых устройств, то позиционные обозначения элементам следует присваивать в пределах этих устройств.

На схеме изделия, в состав которого входят функциональные группы, позиционные обозначения элементам присваивают по аналогичным правилам, при этом вначале присваивают позиционные обозначения элементам, не входящим в

функциональные группы, а затем элементам, входящим в функциональные группы.

При наличии в изделии нескольких одинаковых функциональных групп позиционные обозначения элементов, присвоенные в одной из этих групп, следует повторять во всех последующих группах.

5.2 Примеры применения электрических соединителей и коммутационных устройств в электрических схемах

Рассматриваются:

- 1) Система графических и буквенно-цифровых обозначений элементов электрических схем (с использованием раздаточных материалов [1]);
- 2) Примеры применения графических и буквенно-цифровых обозначений в электрических схемах (по заданию преподавателя).

5.3 Вопросы для самоконтроля

- 1) Как изображают на схемах функциональные части изделия или системы (элементы, устройства и функциональные группы)?
- 2) Что такое позиционное обозначение элементов и устройств на электрических схемах? Из чего оно состоит?
- 3) Как присваивают цифровые обозначения элементам и устройствам на электрических схемах?
- 4) Где располагают позиционные обозначения элементов?
- 5) Как присваивают позиционные обозначения элементам одинаковых функциональных групп?

Практическое занятие №6

ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ, ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

Цель занятия: изучение правил выполнения структурных, функциональных и принципиальных электрических схем.

Задание: рассмотреть примеры выполнения электрических схем, приведенных в [14, 15] (с использованием раздаточных материалов).

6.1 Краткие теоретические сведения

6.1.1 Основные термины и определения

Схема электрическая - документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия, действующие при помощи электрической энергии, и их взаимосвязи.

Структурная схема определяет структуру изделия (системы), т.е. показывает, из каких функциональных частей они состоят. Структурные схемы используются для общего ознакомления с изделием (системой) и служат основой для разработки функциональных и принципиальных электрических схем.

Функциональная электрическая схема поясняет процессы, протекающие в изделии (системе) или в их частях, т.е. показывает взаимодействие функциональных составных частей изделия (системы).

Принципиальная электрическая схема определяет состав изделия или системы, т. е. полную элементную базу. Она используется для изучения принципа работы изделия или системы, а также при их наладке, контроле и ремонте. Она служит основой для разработки других типов электрических схем, например схем соединения и подключения.

6.1.2 Общие требования к выполнению электрических схем

На электрических схемах всех типов изображают функциональные группы, устройства и элементы, входящие в состав изделия или системы и электрические взаимосвязи между ними.

Схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей изделия (установки) не учитывают или учитывают приближенно.

Линии взаимосвязи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее количество изломов и взаимных пересечений

Расстояние между соседними параллельными линиями взаимосвязи должно быть не менее 3,0 мм. Расстояние между отдельными УГО должно быть не менее 2,0 мм.

Обрывы линий взаимосвязи заканчивают стрелками. Около стрелок указывают места обозначений прерванных линий, например, подключения, и (или) необходимые характеристики цепей, например полярность, потенциал, давление, расход жидкости и т.п.

6.1.3 Требования к выполнению принципиальных электрических схем:

- 1) Если для графического обозначения устройств на схеме используются: прямоугольники, то:
 - устройства, имеющие самостоятельную принципиальную схему, выполняют на схемах в виде прямоугольника сплошной линией, равной по толщине линиям взаимосвязи.
 - устройства, не имеющие самостоятельной принципиальной схемы, выполняют на схемах в виде прямоугольника из контурных штрихпунктирных линий, равных по толщине линиям взаимосвязи.
- 2) Элементы и устройства изображают на схемах совмещенным или разнесенным способом.

При совмещенном способе составные части элементов или устройств изображают на схеме в непосредственной близости друг к другу.

При разнесенном способе составные части элементов и устройств или отдельные элементы устройств изображают на схеме в разных местах таким образом, чтобы отдельные цепи изделия были изображены наиболее наглядно. Позиционное обозначение элемента или устройства проставляют около каждой составной части (рисунок 6.1).



Рисунок 6.1 Способы изображения устройств на схеме:
а - совмещенный способ; б – разнесенный способ

- 3) Схемы выполняют в многолинейном или однолинейном изображении (рисунок 6.2).

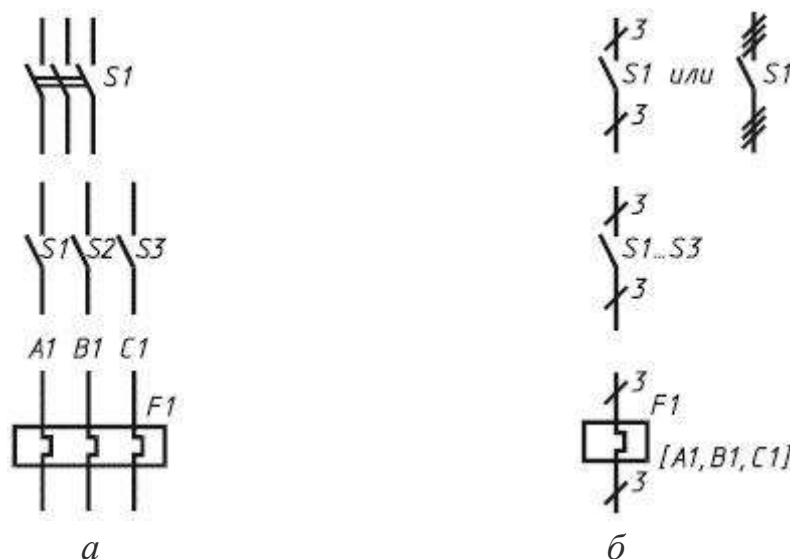


Рисунок 6.2 Способы выполнения схем: а - многолинейное изображение;
б - однолинейное изображение

При многолинейном изображении каждую цепь изображают отдельной линией, а элементы, содержащиеся в этих цепях, - отдельными УГО (см. рисунок 6.2 а).

При однолинейном изображении цепи, выполняющие идентичные функции, изображают одной линией, а одинаковые элементы этих цепей - одним УГО (см. рисунок 6.2 б). При однолинейном изображении около одного УГО, заменяющего несколько УГО одинаковых элементов или устройств, указывают позиционные обозначения всех этих элементов или устройств.

4) На схеме рекомендуется указывать характеристики входных и выходных цепей изделия (частоту, напряжение, силу тока). Если невозможно указать характеристики или параметры входных и выходных цепей изделия, то рекомендуется указывать наименование цепей. Например: 380 В, 3 50 Гц или цепь питания)

6.2 Примеры выполнения электрических схем

1) Рассматриваются основные правила выполнения электрических принципиальных схем, реализованные в схемах, приведенных на рисунках 6.1 и 6.2.

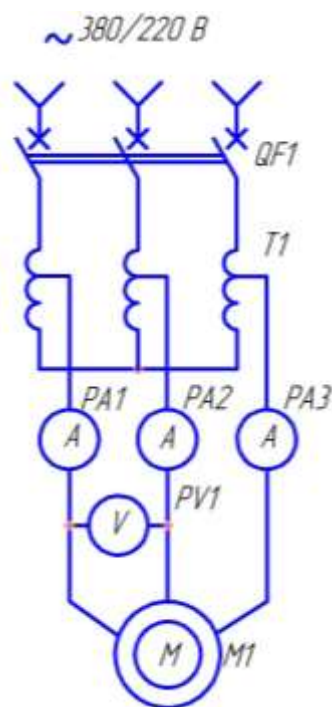


Рисунок 6.1 Принципиальная электрическая схема пуска АД

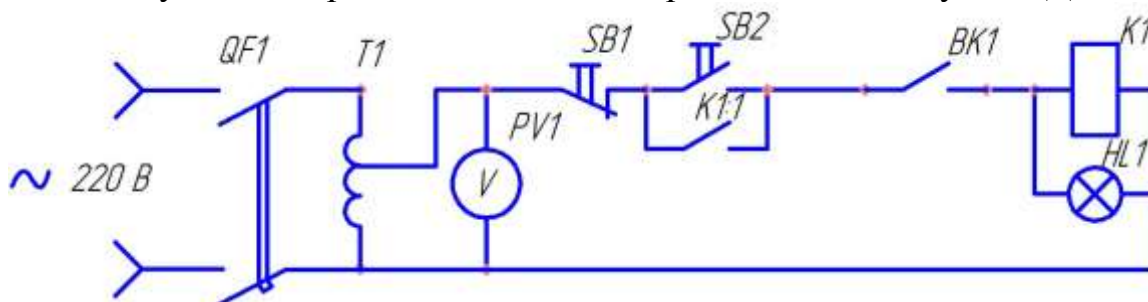


Рисунок 6.2 Принципиальная электрическая схема испытаний термодатчика

2) Рассматриваются примеры выполнения электрических принципиальных схем по п.п. 1)...4) подраздела 6.1.

6.3 Вопросы для самоконтроля

- 1) Привести определение структурной электрической схемы.
- 2) Привести определение функциональной электрической схемы.
- 3) Привести определение принципиальной электрической схемы.
- 4) Для чего используются перечисленные выше виды электрических схем?
- 5) Чем отличаются структурная и функциональная электрические схемы?
- 6) Пояснить графическое изображение устройств совмещенным или разнесенным способом на электрической принципиальной схеме.
- 7) Пояснить многолинейный и однолинейный способы изображения электрических принципиальных схем.

Практическое занятие № 7

ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПЕРЕЧНЯ ЭЛЕМЕНТОВ

Цель занятия: изучение требований ГОСТ ГОСТ 2.702-2011 [14] к выполнению перечня элементов.

Задание:

- 1) Изучить стандартную форму перечня элементов по ГОСТ ГОСТ 2.701-2011 [15] и основные правила ее заполнения.
- 2) Рассмотреть примеры выполнения перечня элементов к электрическим принципиальным схемам (по заданию преподавателя).

7.1 Краткие теоретические сведения

На принципиальной электрической схеме должны быть однозначно определены все элементы и устройства, входящие в состав изделия и изображенные на схеме.

Данные об элементах и устройствах следует записывать в перечень элементов, который оформляют в виде таблицы стандартной формы по ГОСТ 2.701-2008 [15] (рисунок 7.1).

The diagram shows a table with four columns: 'Поз. обозначение', 'Наименование', 'Кол.', and 'Примечание'. The table has a height of 15 mm and a total width of 185 mm. The column widths are: 'Поз. обозначение' is 20 mm, 'Наименование' is 110 mm, and 'Кол.' is 10 mm. The 'Примечание' column is not dimensioned. A vertical dimension of 8 mm is shown on the right side of the table.

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание

Рисунок 7.1 Форма таблицы перечня элементов

В графах таблицы указывают следующие данные:

- в графе «Поз. обозначение» - позиционные обозначения элементов, устройств и функциональных групп;
- в графе «Наименование» - наименование элемента (устройства) в соответствии с документом, на основании которого этот элемент (устройство) применен, и обозначение этого документа (основной конструкторский документ, межгосударственный стандарт, стандарт Российской Федерации, стандарт организации, технические условия); для функциональной группы – ее наименование;
- в графе «Примечание» - рекомендуется указывать технические данные элемента (устройства), не содержащиеся в его наименовании.

Перечень элементов располагают на первом листе схемы, как правило, над основной надписью. Расстояние между перечнем элементов и основной надписью должно быть не менее 12 мм.

Продолжение перечня элементов помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы.

Порядок записи элементов в перечень:

1) Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений.

2) В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров.

3) Для облегчения внесения изменений допускается оставлять несколько незаполненных строк между отдельными группами элементов.

4) Элементы одного типа с одинаковыми параметрами, имеющие на схеме последовательные порядковые номера, допускается записывать в перечень в одну строку. В этом случае в графе «Поз. обозначение» указывают только позиционные обозначения с наименьшим и наибольшим порядковыми номерами, например: R3, R4, C8-C12, а в графе «Кол.» - общее количество таких элементов.

5) При записи элементов одинакового наименования, имеющих одинаковое буквенное позиционное обозначение, но отличающихся техническими характеристиками, допускается в графе "Наименование" записывать:

- наименование этих элементов в виде общего наименования;
- в общем наименовании - тип и обозначение документа (межгосударственный стандарт, технические условия или основной конструкторский документ), на основании которого эти элементы применены.

6) Если в состав изделия входят устройства или функциональные группы, то в перечне элементов приводят наименование устройства или функциональной группы, которое записывают в графе «Наименование» и подчеркивают. Затем производят запись элементов, входящих в его состав.

При этом оставляют одну свободную строку ниже и выше наименования устройства (функциональной группы).

7) Если в изделии имеется несколько одинаковых устройств или функциональных групп, то в перечне указывают количество элементов, входящих в одно устройство (функциональную группу). Общее количество одинаковых устройств (функциональных групп) указывают в графе «Кол.» на одной строке с заголовком.

8) Если на схеме изделия имеются элементы, не входящие в устройства (функциональные группы), то при заполнении перечня элементов вначале записывают эти элементы без заголовка, а затем устройства, не имеющие самостоятельных принципиальных схем, и функциональные группы с элементами, входящими в них.

7.2 Примеры выполнения перечня элементов

Рассматриваются примеры выполнения перечня элементов к электрическим принципиальным схемам по п.п. 1)...8) подраздела 7.1.

7.3 Вопросы для самоконтроля

- 1) Для чего выполняют перечень элементов к электрической принципиальной схеме?
- 2) Какую форму имеет перечень элементов?
- 3) Где располагают перечень элементов на схеме?
- 4) Какие данные указывают в графе «Поз. обозначение»?
- 5) Какие данные указывают в графе «Наименование»?
- 6) Каков порядок записи элементов в перечень?
- 7) Каков порядок записи устройств или функциональных групп в перечень?

8 Методические указания к самостоятельной работе обучающихся

Внеаудиторными видами СРО являются:

- подготовка к практическим занятиям;
- самостоятельное изучение теоретического материала (СИТМ), предусматривающее изучение отдельных разделов и тем дисциплины по заданию преподавателя, чтение учебной литературы, конспектирование текстов;
- подготовка к промежуточной аттестации (к сдаче зачета по дисциплине).

Подготовка к практическим занятиям производится согласно методическим указаниям по соответствующей теме.

Для самостоятельного изучения теоретического материала по дисциплине «Электрические схемы и пассивные элементы электрических цепей» в соответствии с рабочей программой предусмотрены следующие темы (таблица 8.1).

Таблица 8.1 Содержание СРО, темы СИТМ и рекомендуемая литература

№ п/п	№ раздела	Название (содержание) работы	Рекомендуемая литература	Объем, часы
1	2	3	4	5
1	1...7	Подготовка к ПЗ, подготовка к контролю знаний на ПЗ согласно ФОС	Рабочая программа дисциплины с ФОС	28
2	1	Переменные резисторы; схемы включения; дополнительные параметры и характеристики. Полупроводниковые резисторы: терморезисторы прямого и косвенного подогрева; позисторы; варисторы. Принцип работы, основные параметры и характеристики, выбор в электрическую схему, конструктивные исполнения, рекомендации по применению.	Мухортова, Е. И. Пассивные элементы электрических цепей : учебное пособие / Е.И. Мухортова, А.К. Белкин, А.А. Шуляк. – Нефтекамск : ГУП РБ «Нефтекамский дом печати», 2012. -359 с.	3
3	2	Полярные конденсаторы. Конденсаторы переменной емкости: дополнительные параметры и характеристики. Подстроечные конденсаторы. Потери энергии в конденсаторах.	Мухортова, Е. И. Пассивные элементы электрических цепей : учебное пособие / Е.И. Мухортова, А.К. Белкин, А.А. Шуляк. – Нефтекамск : ГУП РБ «Нефтекамский дом печати», 2012. -359 с.	3
4	3	Основные типы сердечников дросселей и магнитные материалы, применяемые для их изготовления. Основные параметры и характеристики, выбор в электрическую схему. Виды потерь в сердечнике дросселя (потери на гистерезис и на вихревые токи).	Мухортова, Е. И. Пассивные элементы электрических цепей : учебное пособие / Е.И. Мухортова, А.К. Белкин, А.А. Шуляк. – Нефтекамск : ГУП РБ «Нефтекамский дом печати», 2012. -359 с.	3

5	4	Основные типы и конструктивные исполнения электрических соединителей. Основные типы коммутационных устройств, виды контактов.	Мухортова, Е. И. Пассивные элементы электрических цепей : учебное пособие / Е.И. Мухортова, А.К. Белкин, А.А. Шуляк. – Нефтекамск : ГУП РБ «Нефтекамский дом печати», 2012. -359 с.	3
6	5	Условные графические обозначения элементов. Буквенно-цифровая маркировка. Однолинейные и многолинейные электрические схемы.	Мухортова, Е. И. Условные графические и буквенные обозначения наиболее распространенных элементов электрических схем. Справочные материалы для дипломного и курсового проектирования [Электронный ресурс] : электронное учебное пособие / Е. И. Мухортова, Д. Е. Валишин. - Уфа: Башкирский ГАУ, 2011. - 24 с. - Режимдоступа: http://biblio.bsau.ru/metodic/10527.pdf	3
7	6	Правила выполнения и чтения структурных схем. Правила выполнения и чтения функциональных схем. Текстовая информация на электрических схемах.	Александров, К. К. Электротехнические чертежи и схемы / К. К. Александров, Е. Г. Кузьмина. – 3-е изд., стереот. – М. : Издательский дом МЭИ, 2006. – 300 с.	3
8	7	Основные требования к выполнению принципиальных электрических схем. Правила выполнения перечня элементов. Техника чтения схем.	Правила выполнения электрических схем [Электронный ресурс] : ГОСТ 2.702-2011 : ЕСКД . – Введ. 2012–01–01; взамен ГОСТ 2.702-75 / ТЕХЭКСПЕРТ. – Режим доступа http://docs.cntd.ru/document/1200086241 Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению [Электронный ресурс] : ГОСТ 2.701-2008 : ЕСКД . – Введ. 2009-07-01; взамен ГОСТ 2.701-84 / ТЕХЭКСПЕРТ. – Режим доступа http://docs.cntd.ru/document/1200069439	4
		Всего:		50

Контроль за ходом СРО осуществляется преподавателем, в том числе при проведении занятий (лекционных и практических), а также на групповых и индивидуальных консультациях.

Контроль результатов СРО осуществляется на практических занятиях, а также при сдаче зачета по дисциплине.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александров, К. К. Электротехнические чертежи и схемы / К. К. Александров, Е. Г. Кузьмина. – 3-е изд., стереот. – М. : Издательский дом МЭИ, 2006. – 300 с.

2. Коды для маркировки резисторов и конденсаторов [Электронный ресурс] : ГОСТ 28883-90 (МЭК 62-74). – Введ. 1992–01–01; переиздан с изм. 2005-01-01 / Электронный фонд «ТЕХЭКСПЕРТ». – Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/gost-28883-90>

3. Мухортова, Е. И. Пассивные элементы электрических цепей : учебное пособие / Е.И. Мухортова, А.К. Белкин, А.А. Шуляк. – Нефтекамск : ГУП РБ «Нефтекамский дом печати», 2012. - 359 с.

4. Мухортова, Е. И. Условные графические и буквенные обозначения наиболее распространенных элементов электрических схем. Справочные материалы для дипломного и курсового проектирования [Электронный ресурс] : электронное учебное пособие / Е. И. Мухортова, Д. Е. Валишин. - Уфа: Башкирский ГАУ, 2011. - 24 с. - Режим доступа: <http://biblio.bsau.ru/metodic/10527.pdf>

5. Обозначения буквенно - цифровые в электрических схемах [Электронный ресурс] : ГОСТ 2.710-81 : ЕСКД . – Введ. 1981–01–07; взамен ГОСТ 2.710 – 75 / Электронный фонд «ТЕХЭКСПЕРТ». – Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/1200001985>

6. Обозначения условные графические в схемах. Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители. [Электронный ресурс] : ГОСТ 2.723-68 : ЕСКД . – Введ. 1971–01–01; взамен ГОСТ 7624-62; переиздан с изм. 2010-04-01 / Электронный фонд «ТЕХЭКСПЕРТ». – Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/gost-2-723-68-eskd>.

7. Обозначения условные графические в схемах. Машины электрические [Электронный ресурс] : ГОСТ 2.722-68 : ЕСКД . – Введ. 1971–01–01; взамен ГОСТ 7624 – 62; переиздан с изм. 2007-11-01 / Электронный фонд «ТЕХЭКСПЕРТ». – Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/1200005960>

8. Обозначения условные графические в схемах. Приборы полупроводниковые [Электронный ресурс] : ГОСТ 2.730-73: ЕСКД . – Введ. 1974–07–01; взамен ГОСТ 2.730 – 68; переиздан с изм. 2010-04-01 / Электронный фонд «ТЕХЭКСПЕРТ». – Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/1200006618>

9. Обозначения условные графические в схемах. Приборы электроизмерительные. [Электронный ресурс] : ГОСТ 2.729-68 : ЕСКД . – Введ. 1971–01–01; взамен ГОСТ 7624 – 62; переиздан с изм. 2010-04-01 / Электронный фонд «ТЕХЭКСПЕРТ». – Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/gost-2-729-68-eskd>

10. Обозначения условные графические в схемах. Разрядники, предохранители [Электронный ресурс] : ГОСТ 2.727-68: ЕСКД . – Введ. 1971–01–01; взамен ГОСТ 7624 – 62; переиздан с изм. 2010-04-01 / Электронный фонд «ТЕХЭКСПЕРТ». – Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/gost-2-727-68-eskd>

11. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы. [Электронный ресурс] : ГОСТ 2.728-74 : ЕСКД . – Введ. 1975–07–01; взамен ГОСТ 2.728 – 68 и ГОСТ 2.729 – 68; переиздан с изм. 2010-04-01 / Электронный фонд «ТЕХЭКСПЕРТ». – Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/gost-2-728-74-eskd>

12. Обозначения условные графические в схемах. Устройства коммутационные и контактные соединения [Электронный ресурс] : ГОСТ 2.755-87 : ЕСКД . – Введ. 1988–01–01; взамен ГОСТ 2.738 – 68; переиздан с изм. 2004-11-01 / Электронный фонд «ТЕХЭКСПЕРТ». – Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/1200007014>

13. Обозначения условные графические в схемах. Электронагреватели, устройства и установки электротермические [Электронный ресурс] : ГОСТ 2.745-68: ЕСКД . – Введ. 1971–01–01; взамен ГОСТ 7624 – 62; переиздан с изм. 2007-11-01 / Электронный фонд «ТЕХЭКСПЕРТ». – Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/1200010865>

14. Правила выполнения электрических схем [Электронный ресурс] : ГОСТ 2.702-2011 : ЕСКД . – Введ. 2012–01–01; взамен ГОСТ 2.702-75 / Электронный фонд «ТЕХЭКСПЕРТ». – Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/1200086241>

15. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению [Электронный ресурс] : ГОСТ 2.701-2008 : ЕСКД . – Введ. 2009-07-01; взамен ГОСТ 2.701-84 / Электронный фонд «ТЕХЭКСПЕРТ». – Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/1200069439>