

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Тепловозы и тепловые двигатели»

В.В. СКРЕЖЕНДЕВСКИЙ

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЗОВ

Учебно-методическое пособие по выполнению
расчетно-графических работ № 1, 2

*Одобрено методическими комиссиями механического
факультета и факультета безотрывного обучения*

Гомель 2007

УДК 629.424.4(075.8)
ББК 39.16
С45

Р е ц е н з е н т – зав. кафедрой «Электрический подвижной состав»
канд. техн. наук, доцент В. С. Могила (УО “БелГУТ”).

Скрежендевский, В. В .

С45 Электрооборудование тепловозов : учеб.-метод. пособие по выполнению расчетно-графических работ № 1, 2 / В. В. Скрежендевский ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 43 с.
ISBN 978-985-468-246-4

В первом разделе изложена методика расчета электромагнитного привода реле (контактора), включающая в себя расчет механической характеристики, расчет магнитной цепи и основных параметров катушки электромагнита. Во втором разделе представлена методика разработки алгоритма поиска неисправности в электрической цепи и методика расчета надежности этой цепи.

Предназначено для студентов, изучающих дисциплину “Электрооборудование тепловозов”, всех форм обучения.

УДК 629.424.4(075.8)
ББК 39.16

ISBN 978-985-468-246-4

© Скрежендевский В.В., 2007
© Оформление. УО “БелГУТ”, 2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1 Расчет электромагнитного привода реле (контактора).....	6
1.1 Принцип действия простейшего электромагнитного реле (контактора).....	6
1.2 Построение механической характеристики реле.....	7
1.3 Расчет электромагнита.....	14
1.3.1 Расчет магнитодвижущей силы катушки.....	14
1.3.2 Расчет размеров катушки электромагнита.....	18
1.3.3 Расчет нагрева катушки электромагнита.....	20
2 Разработка алгоритма поиска неисправности и расчет надежности электрической цепи.....	23
2.1 Принципиальная схема.....	23
2.2 Разработка алгоритма поиска неисправности методом «средней точки».....	24
2.3 Расчет надежности.....	28
Список литературы.....	31
Приложение А Задание на РГР № 1.....	32
Приложение Б Задание на РГР № 2.....	34
Приложение В Рабочая программа по дисциплине «Электрооборудо- вание тепловозов».....	36

ВВЕДЕНИЕ

Программой по дисциплине «Электрооборудование тепловозов» предусмотрено выполнение двух расчетно-графических работ (РГР).

В учебно-методическом пособии изложены методики:

- расчета электромагнитного привода реле (контактора) (РГР № 1);

- разработки алгоритма поиска неисправности в электрической цепи и расчета надежности данной цепи (РГР № 2).

Реле и контакторы с электромагнитным приводом широко используются на тяговом подвижном составе для реализации автоматических, дистанционных систем управления и в качестве исполнительных устройств, коммутирующих мощные индуктивные нагрузки. Несмотря на широкое использование силовой полупроводниковой техники и микропроцессорных систем управления в промышленности и на транспорте, в ближайшее время электромагнитные реле и контакторы не выйдут из применения. *Достоинства* электромагнитных реле заключаются в простоте конструкции и схемотехнической реализации, высокой перегрузочной способности, гальванической развязки и хорошей помехозащищенности коммутируемой и управляющей цепей. *Недостатки* – большие габариты, масса, энергопотребление и относительно низкое быстродействие.

В пособии изложен расчет реле или контактора с электромагнитным приводом. Данная методика не претендует на теоретическую законченность и не учитывает некоторые параметры, например, при расчете механической характеристики не принимались во внимание силы трения и массовые силы, а при расчете магнитной цепи электромагнита пренебрегли магнитными потоками рассеивания и т.д. По ходу изложения методики автор обращает внимание студентов на эти допущения. Несмотря на это, по мнению автора,

изложенная методика отражает основные зависимости физических процессов, протекающих при работе реле или контактора, что позволяет использовать ее в учебных и практических целях.

Целями РГР № 1 являются:

- изучение конструкции и принципа действия контактных коммутационных аппаратов, используемых в цепях управления и силовых цепях тепловозов;
- изучение методики расчета электромагнитного привода реле (контактора);
- закрепление навыков эскизного проектирования.

Расчет выполняется на основании задания выдаваемого студентам преподавателем. В задании указывается номер варианта и некоторые параметры для расчета. Марка реле(контактора)-прототипа и остальные параметры, необходимые для расчета, определяются студентами самостоятельно по приложению А в зависимости от номера варианта.

Эффективность использования тепловозов зависит от многих факторов, в том числе и от своевременного и качественного ремонта электрического оборудования. Повышение качества ремонта и сокращение времени, затрачиваемого на ремонтные работы, возможно при использовании специальных методов диагностики. В РГР № 2 студентам предлагается разработать алгоритм поиска неисправности в заданной электрической цепи методом «средней точки», а также рассчитать надежность этой цепи.

Целями РГР № 2 являются:

- изучение электрических цепей управления и защиты тепловозов;
- освоение методики разработки поиска неисправности в электрической цепи методом «средней точки»;
- изучение методики расчета надежности электрической цепи.

Расчет выполняется на основании исходных данных, принимаемых в соответствии с приложением Б (номер варианта и серия тепловоза указываются в задании на РГР № 2).

1 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРИВОДА РЕЛЕ (КОНТАКТОРА)

Расчет выполняется в следующем порядке:

- изучение конструкции прототипа, разработка чернового эскиза;
- построение механической характеристики реле или контактора, уточнение размеров механизма реле (контактора);
- расчет МДС катушки в определенных точках характеристики;
- расчет размера катушки электромагнита;
- расчет нагрева катушки электромагнита, уточнение размеров катушки (если требуется);
- оформление пояснительной записки.

Пояснительная записка оформляется с соблюдением требований ГОСТ 2.105–95. Пояснительная записка должна содержать лист задания, выданный преподавателем, необходимые расчеты и эскиз реле (контактора) в масштабе с нанесенными размерами. На эскизе реле (контактора) должны быть видны: магнитная цепь, разрез катушки электромагнита, возвращающая и притирающая пружины, подвижные детали механизма, подвижный и неподвижный контакт (минимум одна пара). Детали и сборочные единицы прототипа, не принятые во внимание при расчете, изображать не обязательно.

1.1 Принцип действия простейшего электромагнитного реле (контактора)

Рассмотрим работу простейшего реле с электромагнитным приводом, показанного на рисунке 1.1. Реле имеет одну пару замыкающих контактов, состоящую из подвижного 9 и неподвижного 10 контактов. При подаче питания на обмотку 3 возникает электромагнитное поле, которое воздействует на якорь 1 реле с силой $P_{эм}$. Под действием силы $P_{эм}$ якорь начинает двигаться к

наконечнику сердечника 2, в результате, вокруг точки O_1 начинает поворачиваться рычаг 11 и начнется сближение контактов 9 и 10. В момент соприкосновения контактов воздушный зазор δ не выбран полностью, поэтому рычаг 11 продолжает поворачиваться. Так как подвижный контакт 9 закреплен на притирающем рычаге 8, который, в свою очередь, шарнирно закреплен на рычаге 11, притирающий рычаг начинает поворачиваться вокруг точки O_2 .

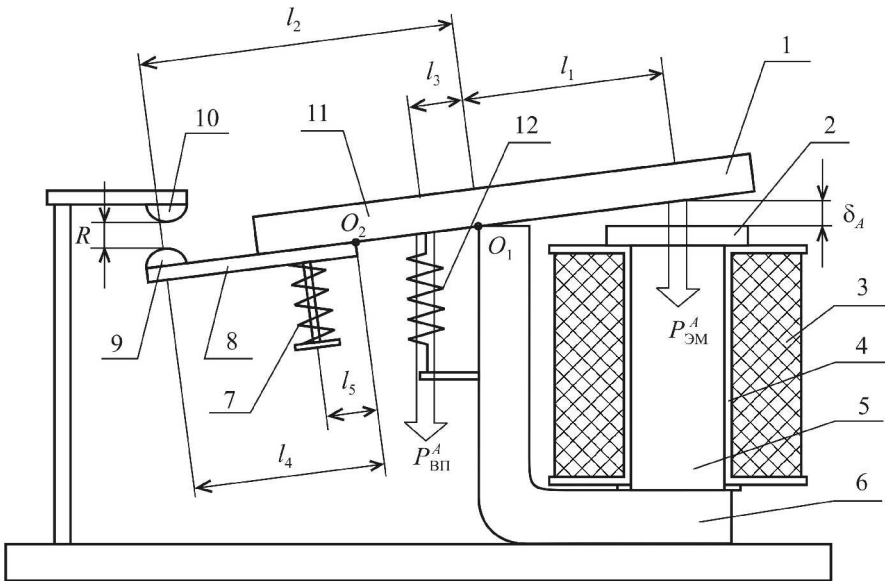
В результате поворота притирающего рычага происходит перекатывание и проскальзывание подвижного контакта по неподвижному, т.е. происходит притирка контактов. При повороте притирающего рычага 8 происходит деформация притирающей пружины 7. Соотношение плеч l_4 ; l_5 , начальная затяжка и жесткость притирающей пружины определяют величину контактного нажатия при полностью включенном реле, когда воздушный зазор δ выбран полностью (равен нулю).

При обесточивании обмотки 3 электромагнитное поле быстро уменьшается до нуля, и под воздействием притирающей 7 и возвращающей 12 пружин механизм реле переходит в выключенное состояние, раствор R и воздушный зазор δ принимают свое максимальное значение.

1.2 Построение механической характеристики реле

При расчете электромагнитного привода необходимо обеспечить величину электромагнитной силы $P_{эм}$, превышающую величину противодействия реле механизма, или контактора. Противодействие механизма, в общем случае, складывается из усилия возвращающей пружины, силы взаимодействия подвижного и неподвижного контактов, сил трения и массовых сил, приложенных к подвижным частям механизма реле или контактора.

Поэтому для расчета привода реле контактора необходимо рассчитать механическую характеристику, которая представляет собой силу противодействия механизма реле $P_{эм}^{пр}$, приведенную к точке приложения электромагнитной силы $P_{эм}$. Вид механической характеристики представлен на рисунке 1.2.



- 1 – яркорь; 2 – наконечник сердечника; 3 – обмотка; 4 – катушка (картон, бумага или пластик); 5 – сердечник; 6 – ярмо (магнитопровод); 7 – притирающая пружина; 8 – притирающий рычаг; 9 – подвижный контакт; 10 – неподвижный контакт; 11 – рычаг; 12 – возвращающая пружина

Рисунок 1.1 – Положение механизма и силы, приложенные к яркорю и рычагам реле в начале движения яркоря (для точки A механической характеристики)

При расчете механической характеристики пренебрегаем массовыми силами и силами трения в шарнирах механизма реле. Расчет будем вести последовательно начиная с точки A механической характеристики. Величина силы приведенной к точке приложения электромагнитной силы определяется начальной затяжкой возвращающей пружины 12. Усилие начальной затяжки возвращающей пружины должно быть достаточным для надежного отключения реле и удержания подвижных частей реле в выключенном состоянии при движении тепловоза.

Величину начальной затяжки рассчитаем по формуле

$$P_{\text{ВП}}^A = K_{\text{ВП}} P_{\text{К}}^D n, \quad (1.1)$$

где $K_{\text{вп}}$ – эмпирический коэффициент, принимаем в пределах от 0,2 до 0,3 согласно заданию в приложении А;
 $P_{\text{к}}^D$ – величина контактного нажатия, Н;
 n – число пар замыкающих контактов, согласно заданию в приложении А.

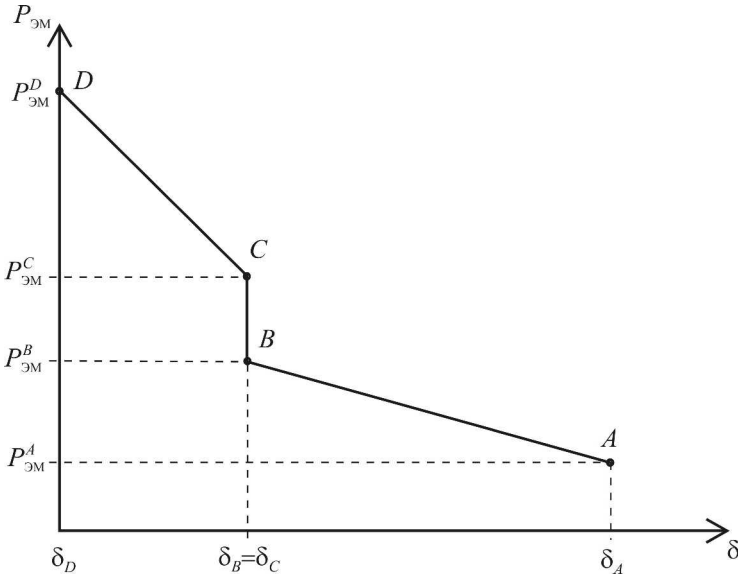


Рисунок 1.2 – Механическая характеристика реле или контактора

Контактное нажатие при полностью включенном реле

$$P_{\text{к}}^D = \frac{I_{\text{н}}}{K_{\text{кн}}}, \quad (1.2)$$

где $I_{\text{н}}$ – номинальный ток контактов по заданию (см. приложение А), А;

$K_{\text{кн}}$ – коэффициент контактного нажатия, изменяется в пределах от 4 до 6 А/Н; принимаем по заданию, выдаваемому преподавателем.

Силу противодействия механизма реле, приведенную к точке

приложения электромагнитной силы, найдем из уравнения моментов относительно точки O_1 (см. рисунок 1.1)

$$P_{\text{ВП}}^A l_3 - P_{\text{ЭМ}}^A l_1 = 0, \quad (1.3)$$

где l_3 и l_1 – плечи приложений соответствующих сил, м.

На рисунке 1.3 показано положение механизма реле, соответствующее точке B механической характеристики (см. рисунок 1.2). Считаем, что контакты только начали соприкасаться и деформация притирающей пружины 7 еще не началась.

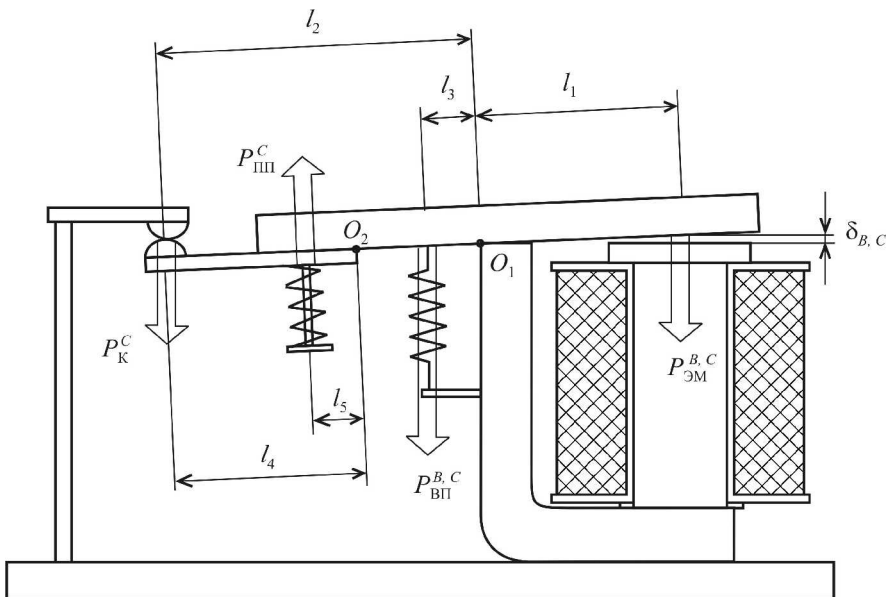


Рисунок 1.3 – Положение механизма и силы, приложенные к якорю и рычагам реле, в момент соприкосновения контактов

Величину силы, приведенной к точке приложения электромагнитной силы, рассчитываем на основании уравнения моментов

$$P_{\text{ВП}}^B l_3 - P_{\text{ЭМ}}^B l_1 = 0. \quad (1.4)$$

Величина силы возвращающей пружины

$$P_{\text{ВП}}^B = \mathcal{J}_{\text{ВП}} X_{\text{ВП}}^B + P_{\text{ВП}}^A, \quad (1.5)$$

где $\mathcal{J}_{\text{ВП}}$ – жесткость возвращающей пружины, принимаем в пределах от 1000 до 3000 Н/м;

$X_{\text{ВП}}^B$ – деформация возвращающей пружины в точке B механической характеристики, м.

Жесткость возвращающей пружины принимается в соответствии с величиной номинального тока контактов контактора: бóльшим значениям тока соответствует бóльшее значение жесткости, а меньшим – меньшее.

Величину деформации возвращающей пружины и воздушного зазора в точке B механической характеристики найдем из геометрических соображений. Деформация возвращающей пружины $X_{\text{ВП}}^B$ связана с раствором и длинами плеч l_3 и l_2 соотношением

$$\frac{X_{\text{ВП}}^B}{l_3} = \frac{R}{l_2}. \quad (1.6)$$

Величину воздушного зазора δ_B в точке B механической характеристики рассчитаем с помощью формулы

$$\frac{R}{l_2} = \frac{\delta_A - \delta_B}{l_1}. \quad (1.7)$$

Точка C (см. рисунок 1.2) механической характеристики характеризуется началом деформации притирающей пружины, при этом пренебрегаем величиной изменения воздушного зазора и считаем, что $\delta_B = \delta_C$, т. е. положение деталей механизма, как на рисунке 1.3.

Запишем уравнение моментов

$$n P_{\text{к}}^C l_2 + P_{\text{ВП}}^C l_3 - P_{\text{эм}}^C l_1 = 0, \quad (1.8)$$

где $P_{\text{к}}^C$ – сила взаимодействия контактов в точке C механической характеристики (начало притирки), Н.

Так как $\delta_B = \delta_C$, считаем, что $P_{\text{ВП}}^B = P_{\text{ВП}}^C$. Сила взаимодействия

контактов P_K^C определяется величиной начальной затяжки притирающей пружины $P_{\text{пп}}^C$. Силу P_K^C рассчитаем при помощи уравнения моментов относительно точки O_2

$$P_K^C l_4 - P_{\text{пп}}^C l_5 = 0, \quad (1.9)$$

Силу $P_{\text{пп}}^C$ найдем по формуле

$$P_{\text{пп}}^C = K_{\text{пп}} P_K^D, \quad (1.10)$$

где $K_{\text{пп}}$ – эмпирический коэффициент, принимаем в пределах от 0,2 до 0,3.

Составим уравнение моментов относительно точки O_1 для нахождения $P_{\text{эм}}^D$ в точке D механической характеристики (рисунок 1.4)

$$n P_K^D l_2 + P_{\text{вп}}^D l_3 - P_{\text{эм}}^D l_1 = 0. \quad (1.11)$$

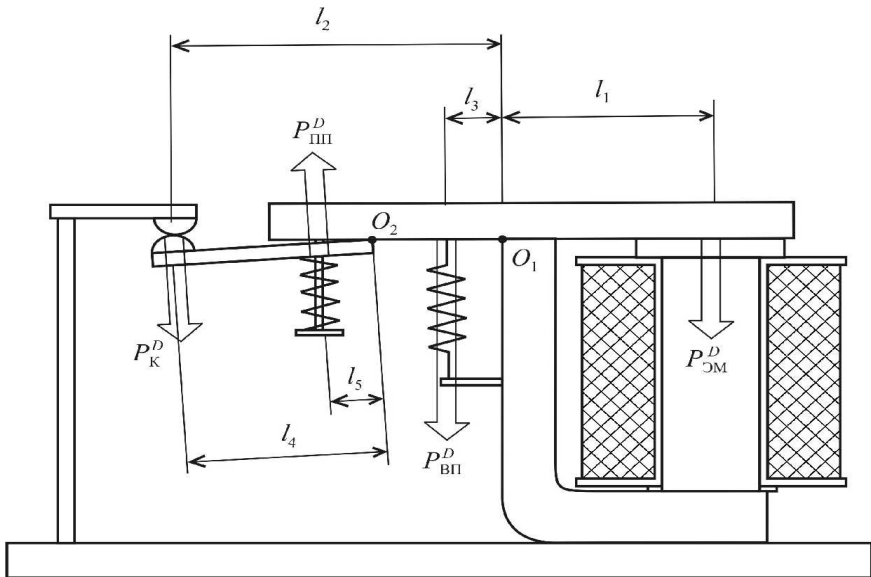


Рисунок 1.4 – Положение механизма и силы, приложенные к якорю и рычагам реле при полном включении реле или контактора

Силу $P_{\text{вп}}^D$ найдем по формуле

$$P_{\text{вп}}^D = \mathcal{J}_{\text{вп}} X_{\text{вп}}^D + P_{\text{вп}}^A . \quad (1.12)$$

Деформацию возвращающей пружины $X_{\text{вп}}^D$ в точке D найдем из геометрических соотношений по формуле

$$\frac{X_{\text{вп}}^D}{l_3} = \frac{\delta_A}{l_1} . \quad (1.13)$$

Необходимая жесткость притирающей пружины

$$\mathcal{J}_{\text{пп}} = \frac{P_{\text{пп}}^D - P_{\text{пп}}^C}{X_{\text{пп}}^D} , \quad (1.14)$$

где $P_{\text{пп}}^D$ – усилие притирающей пружины для точки D механической характеристики, Н;

$X_{\text{пп}}^D$ – деформация притирающей пружины в точке D механической характеристики, м.

Усилие $P_{\text{пп}}^D$ найдем из уравнения моментов (1.9) относительно точки O_2 (см. рисунок 1.4):

$$P_{\text{к}}^D l_4 - P_{\text{пп}}^D l_5 = 0 . \quad (1.15)$$

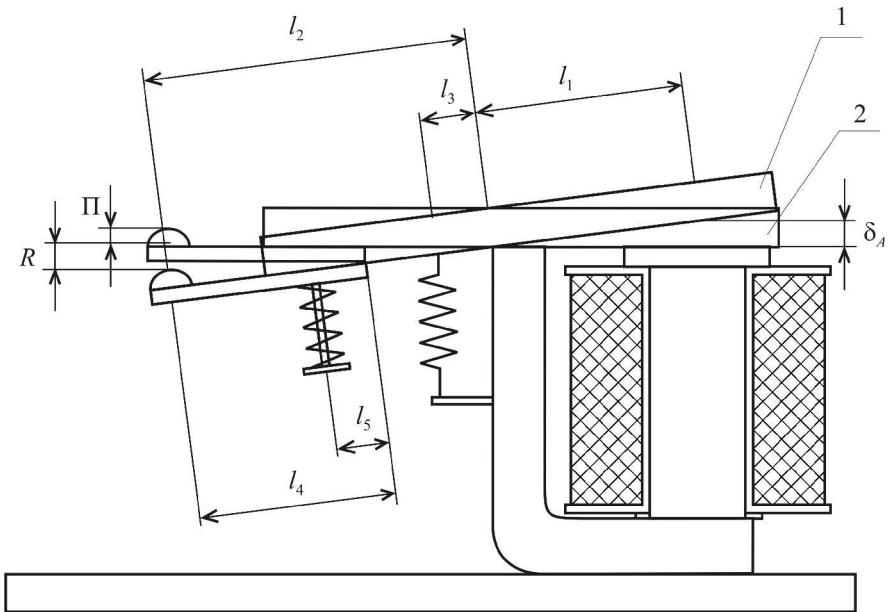
Для расчета величины $X_{\text{пп}}^D$ из геометрических соотношений (рисунок 1.5) найдем провал Π из формулы

$$\frac{R + \Pi}{l_2} = \frac{\delta_A}{l_1} . \quad (1.16)$$

Аналогично найдем деформацию притирающей пружины в точке D механической характеристики:

$$\frac{\Pi}{l_4} = \frac{X_{\text{мп}}^D}{l_5}. \quad (1.17)$$

По полученным значениям $P_{\text{эм}}^A$, $P_{\text{эм}}^B$, $P_{\text{эм}}^C$ и $P_{\text{эм}}^D$ строим механическую характеристику, аналогичную представленной на рисунке 1.2.



- 1 – положение якоря в выключенном состоянии;
2 – положение якоря во включенном состоянии

Рисунок 1.5 – Схема расчета провала (неподвижный контакт не показан)

1.3 Расчет электромагнита

1.3.1 Расчет магнитодвижущей силы катушки

Для нормальной работы рассчитываемого реле (контактора) необходимо, чтобы тяговая характеристика электромагнита проходила выше механической характеристики. То есть усилие,

создаваемое электромагнитом, должно превышать усилие сопротивления механизма реле (контактора). Тяговое усилие электромагнита практически пропорционально квадрату величины воздушного зазора, поэтому, если тяговая характеристика проходит выше точек A и C механической характеристики, можно с уверенностью полагать, что точки B и D будут также ниже тяговой характеристики, и тем самым будет обеспечено включение реле (контактора). Поэтому необходимую магнитодвижущую силу (МДС) катушки электромагнита найдем для точек A и C механической характеристики, и затем выберем ее наибольшую величину. Для расчета МДС катушки находим необходимый магнитный поток в веберах при помощи формулы Максвелла [1]

$$\Phi_i = \sqrt{0,2 P_{эм}^i} \cdot \pi d_n \cdot 10^{-3}, \quad (1.18)$$

где $P_{эм}^i$, – сила, которую должен развивать электромагнит для преодоления сопротивления механизма реле (контактора) для i -й точки механической характеристики, Н;

d_n – диаметр наконечника, м.

Следует иметь в виду, что формула (1.18) справедлива для однородного магнитного поля. В нашем случае из-за применения поворотного якоря магнитное поле неоднородно. Кроме этого, здесь и при дальнейшем расчете магнитной цепи, мы пренебрегаем магнитными потоками рассеивания, наличием воздушного зазора между якорем и магнитопроводом (ярмом). Поэтому для обеспечения работоспособности электромагнитного привода рассчитаем величину $P_{эм}^i$, с использованием коэффициента запаса $1,2 \leq K^3 \leq 1,5$ по формуле

$$P_{эм}^i = K^3 P_{эм}^i. \quad (1.19)$$

Коэффициент запаса K^3 принимают по заданию, выдаваемому студентам преподавателем.

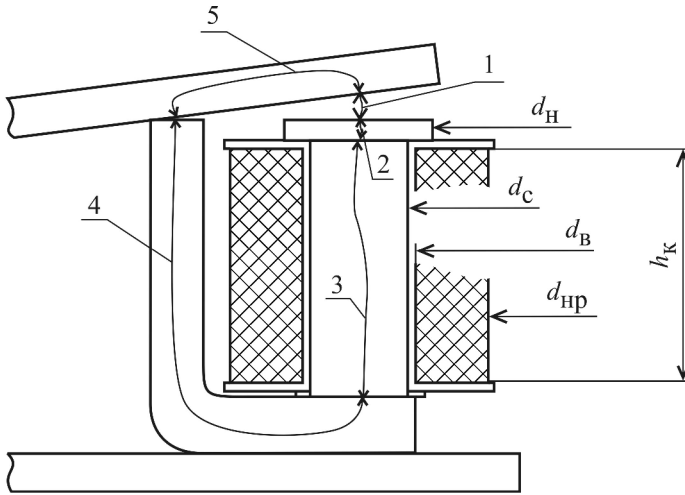
По рассчитанным значениям магнитного потока Φ_i через индукцию найдем значения падения МДС для различных участков магнитной цепи реле (контактора), просуммировав которые, рассчитаем необходимую МДС катушки электромагнита. Схема

электромагнита с обозначением участков магнитной цепи и основных размеров катушки показана на рисунке 1.6.

Падение МДС на воздушном зазоре для i -й точки механической характеристики

$$F_{\delta i}^{\text{МДС}} = \frac{\Phi_i}{G_{\delta i}}, \quad (1.20)$$

где $G_{\delta i}$ – проводимость воздушного зазора, Гн.



Средняя силовая линия воздушного зазора (1), наконечника (2), сердечника (3), ярма (магнитопровода) (4), якоря (5)

Рисунок 1.6 – Схема для расчета магнитной цепи и катушки электромагнита реле

Проводимость воздушного зазора

$$G_{\delta i} = \mu_0 \frac{\pi d_H^2}{4 \delta_i}, \quad (1.21)$$

где μ_0 – магнитная проницаемость вакуума, $\mu_0 = 1,25 \cdot 10^{-6}$ Гн/м ;

δ_i – величина воздушного зазора в i -й точке механической

характеристики.

Падение МДС на ярме, сердечнике, наконечнике и якоре находим следующим образом:

- рассчитываем индукцию магнитного поля для каждого участка;
- при помощи индукции по характеристике намагничивания стали находим напряженность магнитного поля для каждого участка;
- по значению напряженности магнитного поля и длине средней силовой линии рассчитываем падение МДС для каждого участка.

Индукцию на j -м участке магнитной цепи (наконечник сердечника, сердечник, ярмо, якорь) рассчитаем по формуле

$$B_{ji} = \frac{\Phi_i}{f_j}, \quad (1.22)$$

где f_j – поперечное сечение j -го элемента магнитной цепи, м^2 .

Из опыта проектирования электромагнитного привода известно, что значение магнитной индукции должно лежать в пределах от 0,4 до 0,8 Тл. Меньшие значения магнитной индукции указывают на излишнюю площадь поперечного сечения элементов магнитной цепи, а это при изготовлении данного реле (контактора) приведет к нерациональному расходу металла, в том числе цветного, сравнительно бóльшим габаритам и массе. Бóльшие значения магнитной индукции потребуют бóльшего значения магнитодвижущей силы, создаваемой катушкой электромагнита, что приведет к увеличению габаритов катушки и потребляемой мощности электромагнита.

При помощи значения индукции B_{ji} по характеристике намагничивания стали (таблица 1.1) находим величину напряженности магнитного поля H_{ji} в j -м участке магнитной цепи для i -й точки механической характеристики. Промежуточные значения магнитной индукции и напряженности магнитного поля, не заданные в таблице, можно найти линейной интерполяцией или графическим методом.

Таблица 1.1 – Зависимость индукции от напряженности магнитного поля для стали 20 [2]

$H, \text{А/см}$	1	2	4	8	10	20	40	90
$B, \text{Тл}$	0,01	0,1	0,4	0,8	0,92	1,3	1,6	1,8

Падение МДС на j -м участке для i -й точки механической характеристики

$$F_{ji}^{\text{МДС}} = H_{ji} l_j, \quad (1.23)$$

где l_j – средняя длина магнитной силовой линии j -го участка магнитной цепи, см (см. рисунок 1.6).

МДС катушки электромагнита находим как сумму падения МДС в магнитной цепи реле (контактора):

$$F_i^{\text{МДС}} = F_{\delta i}^{\text{МДС}} + \sum_{j=1}^n F_{ji}^{\text{МДС}}, \quad (1.24)$$

где n – число участков магнитной цепи электромагнита, выполненных из ферромагнитного материала.

Для дальнейшего расчета принимается максимальное значение МДС из двух рассчитанных значений $F_A^{\text{МДС}}$ и $F_C^{\text{МДС}}$, которое обозначим как $F_{\text{max}}^{\text{МДС}}$.

1.3.2 Расчет размеров катушки электромагнита

Средняя длина витка катушки рассчитывается по формуле

$$l_{\text{cp}} = \frac{\pi(d_{\text{нр}} + d_{\text{в}})}{2}, \quad (1.25)$$

где $d_{\text{нр}}$, $d_{\text{в}}$ – наружный и внутренний диаметры катушки электромагнита (см. рисунок 1.6), м.

Сечение проводника «по меди» (без изоляции)

$$q_{\text{медь}} = \frac{F_{\text{max}}^{\text{МДС}} \rho_t l_{\text{cp}}}{U}, \quad (1.26)$$

где $F_{\text{max}}^{\text{МДС}}$ – максимальное значение МДС, рассчитанное по формуле (1.24) на основании построенной ранее механической характеристики реле (контактора), А;

ρ_t – удельное сопротивление меди при принятой температуре обмотки, Ом·м;

U – рабочее напряжение катушки согласно заданию (см. приложение А), В.

Удельное сопротивление меди при принятой температуре обмотки

$$\rho_t = \rho_0 (1 + \alpha t_{\text{кат}}), \quad (1.27)$$

где ρ_0 – удельное сопротивление меди при $t = 0$ °С,

$$\rho_0 = 1,55 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м};$$

α – температурный коэффициент для меди, $\alpha = 0,0041 \text{ 1/}^\circ\text{С}$;

$t_{\text{кат}}$ – температура обмотки, °С. Температурой обмотки задаемся в пределах от 50 до 100 °С. При дальнейшем расчете эта величина будет уточнена.

На основании рассчитанного сечения проводника $q_{\text{медь}}$ по сортаменту, например из [1] или другого литературного источника, выбирается ближайший (большой) диаметр проводника – d_1 и прово-да – $d_{\text{п}}$. Диаметр провода больше диаметра проводника на величину толщины изоляции.

Число витков в катушке найдем по формулам:

- при рядовой намотке (рисунок 1.7)

$$w = K_y \frac{h_k r_k}{d_{\text{п}}^2}; \quad (1.28)$$

- при шахматной намотке (см. рисунок 1.7)

$$w = K_y \frac{h_k r_k}{0,86 d_{\text{п}}^2}, \quad (1.29)$$

где K_y – коэффициент укладки, учитывает неплотности, возникающие при намотке провода, обычно лежит в пределах от 0,90 до 0,95. Принимается по заданию, выдаваемому студентам преподавателем;

h_k – высота катушки, м (см. рисунок 1.6);

r_k – толщина катушки, м.

Способ намотки катушки определяется по приложению А в

зависимости от варианта. Поперечное сечение катушек с рядовой и шахматной намоткой показано на рисунке 1.7.

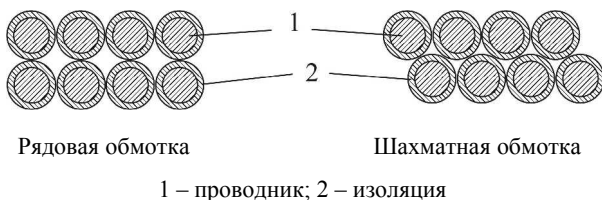


Рисунок 1.7 – Расположение проводов при рядовой и шахматной намотке электромагнита реле

Толщина катушки рассчитывается по формуле

$$r_{\text{к}} = \frac{d_{\text{нр}} - d_{\text{в}}}{2}. \quad (1.30)$$

Ток в катушке электромагнита

$$I_{\text{кат}} = \frac{Uq_1}{\rho_t l_{\text{ср}} w}, \quad (1.31)$$

где q_1 – сечение проводника («по меди»), принятого по сортаменту для диаметра d_1 , м².

Уточняем МДС обмотки:

$$F_{\text{кат}}^{\text{МДС}} = I_{\text{кат}} w. \quad (1.32)$$

Величина $F_{\text{кат}}^{\text{МДС}}$ должна быть равной или больше соответствующего значения $F_{\text{max}}^{\text{МДС}}$. В противном случае, изменением сечения провода, количества витков и размеров катушки необходимо добиться нужного значения $F_{\text{кат}}^{\text{МДС}}$, удовлетворяющего условию

$$F_{\text{max}}^{\text{МДС}} \leq F_{\text{кат}}^{\text{МДС}} \leq 1,2 F_{\text{max}}^{\text{МДС}}. \quad (1.33)$$

1.3.3 Расчет нагрева катушки электромагнита

Допустимая максимальная температура многослойных катушек с

изоляционными материалами зависит от класса нагревостойкости изоляции. Для таких катушек предусмотрены пять классов нагревостойкости: А – 85 °С; Е – 95 °С; В – 105 °С; F – 125 °С; Н – 150 °С.

Расчетная температура обмотки находится по формуле

$$t_{\text{кат}}^p = t_{\text{окр}} + \theta, \quad (1.34)$$

где $t_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды, °С;

θ – превышение температуры катушки над температурой окружающей среды, °С.

При выборе температуры окружающей среды необходимо учитывать место установки реле или контактора на тепловозе (пульт управления, высоковольтная камера, машинное помещение и т.п.) и принимать к расчету наихудшие условия.

ГОСТ 9219–95 предусматривает:

- для электрических аппаратов, устанавливаемых в местах кузова подвижного состава, в которых имеются источники сильного дополнительного нагрева, – $t_{\text{окр}} = 60$ °С;

- для электрических аппаратов, устанавливаемых на дизеле подвижного состава, – $t_{\text{окр}} = 70$ °С.

В данной РГР принимаем $t_{\text{окр}} = 40$ °С.

Превышение температуры катушки над температурой окружающей среды рассчитывается по формуле (1.35) методом последовательных приближений, так как удельный коэффициент теплоотдачи зависит от температуры перегрева:

$$\theta = \frac{I_{\text{кат}}^2 R_{\text{кат}}}{\alpha_0 (S_{\text{н}} + K S_{\text{в}})}, \quad (1.35)$$

где $R_{\text{кат}}$ – сопротивление обмотки электромагнита, Ом;

α_0 – удельный коэффициент теплоотдачи, зависит от температуры перегрева катушки, значение этого коэффициента принимаем по таблице 1.2, Вт/(м²·°С);

$S_{\text{н}}$, $S_{\text{в}}$ – соответственно наружная и внутренняя поверхности катушки, м²;

K – коэффициент, учитывающий расположение катушки; для катушки, намотанной на картон, $K = 0,9$; для катушки, намотанной на стальной сердечник, $K = 2,4$, на стальной трубчатый сердечник – $K = 1,7$.

Следует иметь в виду, что в формуле (1.35) не учтены площади торцевых поверхностей катушки, такое упрощение возможно при условии $d_{\text{нр}} < l_{\text{к}}$. Если $d_{\text{нр}} \geq l_{\text{к}}$, то в знаменателе формулы (1.35) необходимо учесть площади торцевых поверхностей катушки.

Таблица 1.2 – Зависимость удельного коэффициента теплоотдачи от температуры перегрева катушки [1]

Расположение катушки	Удельный коэффициент теплоотдачи, Вт/(м ² ·°C), при температуре перегрева, °C									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
На стальном сердечнике	9,68	10,11	10,54	11,00	11,41	11,80	12,25	12,68	13,10	13,53
На изоляционном материале	8,67	9,05	9,43	9,84	10,19	10,54	10,99	11,35	11,72	12,10

Сопротивление обмотки электромагнита

$$R_{\text{кат}} = \frac{\rho_t w l_{\text{ср}}}{q_1} . \quad (1.36)$$

Если $t_{\text{кат}}^p$ отличается больше, чем на 5 % от принятой ранее $t_{\text{кат}}$, необходимо задаться новой температурой обмотки и повторить расчет, начиная с определения сечения проводника (формула (1.26)). При пересчете рекомендуется брать среднюю температуру между принятой первоначально и рассчитанной по формуле (1.34). В пояснительной записке достаточно привести последний вариант данного расчета, кроме этого, необходимо указать класс нагревостойкости рассчитанной обмотки.

2 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТИ И РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Выполнение РГР № 2 осуществляется в следующем порядке:

- изучение заданного участка электрической принципиальной схемы тепловоза (составление описания, вычерчивание схемы);
- разработка алгоритма поиска неисправности методом «средней точки» (составление текстового описания и вычерчивание блок-схемы);
- расчет надежности заданного участка электрической принципиальной схемы тепловоза;
- оформление пояснительной записки с соблюдением требований ГОСТ 2.105–95.

Пояснительная записка должна содержать лист задания, выданный преподавателем, описание и принципиальную схему заданного участка электрической цепи, блок-схему алгоритма поиска неисправности, расчет надежности этой цепи.

2.1 Принципиальная схема

При изучении заданного участка электрической схемы тепловоза необходимо составить описание его назначения и принципа работы, вычертить его принципиальную схему с соблюдением действующих условных обозначений элементов электрических принципиальных схем. Схема должна быть вычерчена от общей плюсовой клеммы до общей минусовой клеммы. Желательно проанализировать работу данной схемы и внести свои предложения по ее совершенствованию. Участок цепи определяется по приложению Б в соответствии с вариантом задания, серия тепловоза – по заданию, выдаваемому студентам преподавателем.

2.2 Разработка алгоритма поиска неисправности методом «средней точки»

В процессе эксплуатации тепловоза возможны отказы в работе электрического оборудования тепловозов. Специфика электрических систем заключается в том, что на поиск причины отказа или отказавшего элемента затрачивается время сопоставимое или даже большее, чем на устранение выявленного отказа (замену отказавшего элемента). Время, затраченное на поиск неисправности, существенно зависит от квалификации персонала, от знания электрической схемы, от умения применять специальные методы поиска неисправностей в электрических цепях. Одним из таких методов является метод «средней точки», который позволяет существенно сократить время поиска неисправности по сравнению, например, с методом последовательной проверки. Проверка выполняется с помощью контрольной лампы, которую обычно подключают одним контактом к минусу, а другим как щупом проверяют наличие (лампа загорелась) или отсутствие потенциала (лампа не загорелась) в отдельных точках электрической схемы. Наличие потенциала говорит о том, что цепь от плюса аккумуляторной батареи до точки подключения контрольной лампы исправна.

Для электрических схем управления и защиты тепловоза характерна последовательная структура, например, такая как на рисунке 2.1. Схема содержит исполнительное устройство – катушку электромагнита реле, контактора, электропневматического вентиля и т.п. В плюсовой цепи питания исполнительного устройства находятся замыкающие и размыкающие контакты.

Рассмотрим метод «средней точки» на следующем примере, предположим, что катушка реле РУ104 (см. рисунок 2.1) не включается. Причиной этого может быть отказ любого элемента последовательной цепи питания РУ104, а также выход из строя самой катушки реле РУ104. Будем исходить из того, что одновременный выход из строя двух элементов схемы маловероятен.

Сущность метода «средней точки» заключается в том, что проверяемый участок схемы на каждом этапе проверки разделяют на два равных участка. В схеме, представленной на рисунке 2.1, девять элементов (включая провода), поэтому для первой проверки можно выбрать клемму 12/8 или клемму РУ171 со стороны провода 1721,

остановимся на последней. Если контрольная лампа ЛН1 при включении, показанном на рисунке 2.1, загорится, значит, цепь от клеммы 11/2 (+) до точки подключения лампы ЛН1 исправна. Дальнейшую проверку необходимо осуществлять на участке от клеммы РУ171 со стороны провода 1721 до клеммы 1/7 (-). Если контрольная лампа не загорелась – неисправность находится на участке от клеммы 11/2 (+) до точки подключения контрольной лампы и дальнейшую проверку необходимо выполнять там.

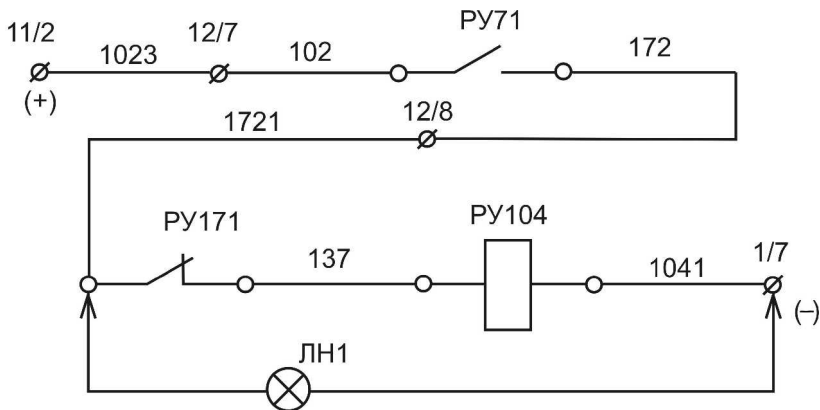


Рисунок 2.1 – Принципиальная электрическая схема питания катушки реле РУ104 с подключенной к схеме контрольной лампой ЛН1

Допустим, что контрольная лампа загорелась, тогда следующую проверку выполняем, присоединив лампу ЛН1 к клемме РУ104 со стороны провода 137. То есть участок схемы, где предположительно находится неисправность, снова делим пополам. Допустим, лампа не загорелась – неисправность находится на участке между клеммой РУ171 со стороны провода 1721 и клеммой РУ104 со стороны провода 137. Тогда следующая проверка на клемме РУ171 со стороны провода 137. Если лампа горит – обрыв провода 137, если не горит – неисправен (разомкнут) контакт РУ171. Проверка закончена.

Блок-схема алгоритма, реализующего проверку всей схемы, показанной на рисунке 2.1, методом «средней точки» представлена на рисунке 2.2.

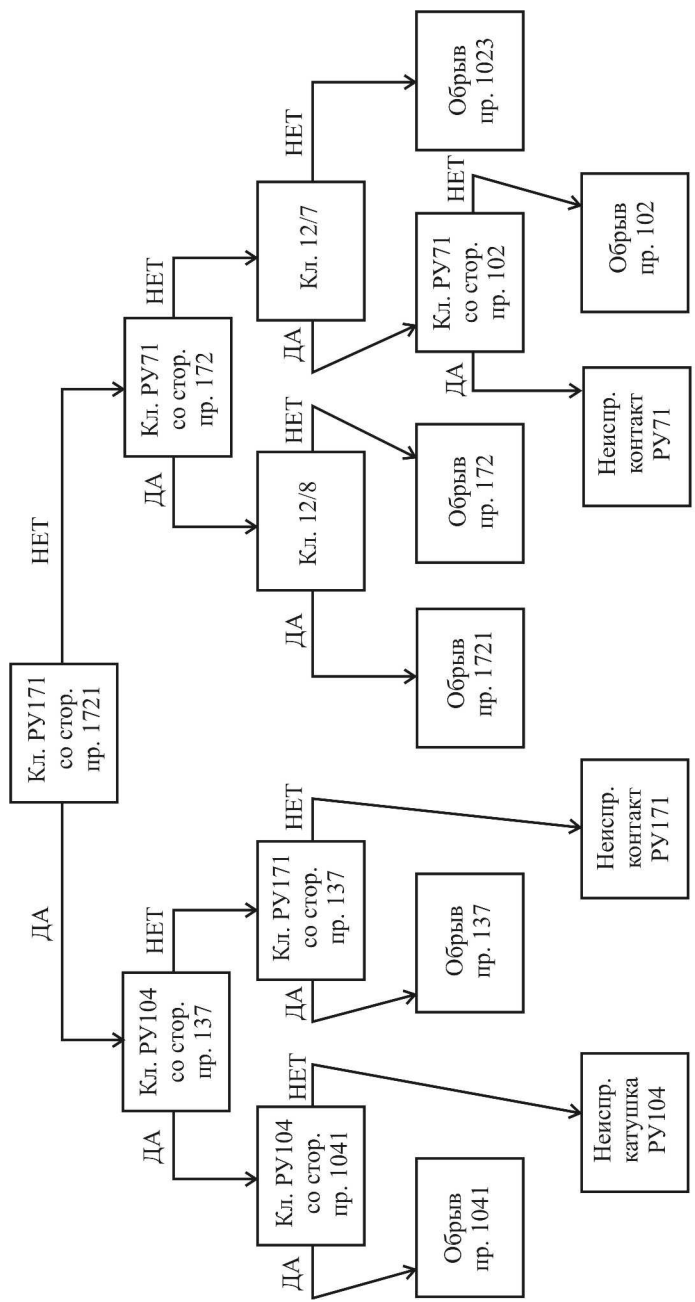


Рисунок 2.2 – Блок-схема алгоритма поиска неисправности в цепи питания катушки РУ104

В блок-схеме приняты следующие сокращения: запись «кл. РУ171 со стор. пр. 1721» следует читать, как «клемма реле РУ171 со стороны провода 1721», «неиспр. контакт РУ71» – «неисправен контакт реле РУ71». Слово «ДА» означает, что при проверке данной точки контрольная лампа загорелась, «НЕТ» – контрольная лампа не загорелась. Обратите внимание на то, что количество прямоугольников, которыми заканчивается блок-схема, совпадает с количеством элементов в схеме на рисунке 2.1.

При разработке алгоритма поиска неисправности, пригодного к практическому использованию в условиях локомотивного депо, необходимо принимать во внимание следующие обстоятельства:

- в первую очередь проверить места наиболее вероятного отказа;
- проверку осуществлять в местах, где есть свободный доступ к клеммам и контактам электрических аппаратов.

В нашем случае, при разработке алгоритма поиска неисправности в учебных целях, сделаем следующие допущения:

- в проверяемой цепи отказал только один элемент;
- вероятность отказа для всех элементов (включая провода) одинаковая;
- ко всем клеммам заданной схемы есть свободный доступ.

Разработка алгоритма поиска неисправности выполняется для участка электрической цепи, заданного в приложении Б.

Если заданный участок электрической цепи содержит несколько параллельных ветвей, то для разработки алгоритма принимается наиболее длинная (содержащая большее число элементов) ветвь. В пояснительной записке должны быть:

- схема электрическая принципиальная заданного участка цепи с ее описанием;
- описание алгоритма с расшифровкой не общепринятых сокращений и обозначений;
- блок-схема поиска неисправности в заданном по приложению Б участке электрической цепи.

2.3 Расчет надежности

Надежность является комплексным свойством, включающим в себя в зависимости от назначения объекта или условий его эксплуатации ряд простых свойств. Наиболее важные показатели надежности – показатели безотказности, к которым относятся:

- вероятность безотказной работы – $P(t)$;
- плотность распределения отказов – $f(t)$;
- интенсивность отказов – λ ;
- среднее время наработки до отказа – T_o .

Вышеупомянутые величины взаимосвязаны между собой. Вероятность безотказной работы рассчитывается по формуле

$$P(t) = e^{-\lambda t} . \quad (2.1)$$

Плотность распределения отказов

$$f(t) = \frac{dP(t)}{dt} . \quad (2.2)$$

Среднее время наработки до отказа зависит от интенсивности отказов

$$T_o = \frac{1}{\lambda} . \quad (2.3)$$

При последовательном соединении элементов схемы интенсивность отказов рассчитывается по формуле

$$\lambda^{лр} = \sum_{i=1}^n \lambda_i^{лр} , \quad (2.4)$$

где n – число элементов в заданной схеме, включая провода и клеммы;

$\lambda_i^{лр}$ – интенсивность отказов i -го элемента схемы в лабораторных условиях, $ч^{-1}$.

Интенсивность отказов зависит от условий эксплуатации аппаратов и элементов электрической схемы, которые учитываются поправочным коэффициентом K_λ [3]. При эксплуатации

электроаппаратуры на подвижном составе в [3] рекомендуется принимать K_λ в пределах от 25 до 30. Откуда интенсивность отказов электрической системы, эксплуатируемой на подвижном составе,

$$\lambda^{пс} = K_\lambda \lambda^{лр}. \quad (2.5)$$

Для заданного участка электрической схемы (для которого разрабатывался алгоритм поиска неисправности) необходимо рассчитать вероятность безотказной работы и среднее время наработки до отказа.

Расчет ведется следующим образом:

- определить интенсивности отказов $\lambda_i^{лр}$ для всех элементов заданного участка схемы по таблице 2.1 ;
- рассчитать интенсивность отказов заданного участка схемы по формулам (2.4) и (2.5);
- рассчитать вероятность безотказной работы и среднее время наработки до отказа соответственно по формулам (2.1) и (2.3);
- вычертить график $P(t)$.

Таблица 2.1 – Средние значения интенсивности отказов в лабораторных условиях для некоторых элементов электрических схем [4]

Наименование элемента	$\lambda_i^{лр} \cdot 10^6, ч^{-1}$
Резистор проволочный: постоянный	0,028
переменный	0,091
Резистор МЛТ, Вт: 0,25	0,400
0,50	0,500
1,00	1,000
2,00	1,600
Конденсатор: бумажный	0,050
слюдяной	0,037
электролитический алюминиевый	0,135
Диод кремниевый	0,200
Транзистор кремниевый	0,500
Лампа накаливания	0,640
Трансформатор: силовой	0,025
импульсный	0,170

Окончание таблицы 2.1

Наименование элемента	$\lambda_i^{\text{др}} \cdot 10^6, \text{ч}^{-1}$
Автотрансформатор	0,060
Дроссель	0,175
Обмотка электрической машины	0,080
Реле	0,300
Контактор	0,250
Переключатель: кнопочный	0,070
поворотный	0,175
Тумблер	0,060
Клемма, зажим	0,0005
Провод соединительный	0,008
Кабель	0,475
Предохранитель плавкий	0,500
Паяное соединение	0,010
Элемент аккумуляторной батареи	1,400
Электродвигатель: постоянного тока	9,360
асинхронный	8,600
синхронный	0,359

В пояснительной записке должны быть представлены исходные данные для расчета надежности (перечислены элементы заданной схемы с указанием интенсивности отказов для каждого из них), расчет надежности и вычерчен график $P(t)$ от $t=0$ до $t=3T_0$.

Список литературы

1 Электрические машины и электрооборудование тепловозов : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Е. Я. Гаккель [и др.] ; под ред. Е. Я. Гаккель. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1981. – 256 с.

2 **Фоков, К. И.** Электрические аппараты : метод. пособие к выполнению курсового проекта / К. И. Фоков ; Дальневост. гос. ун-т путей сообщения. – Хабаровск : ДВГУПС, 2000. – 37 с.

3 Теория надежности радиоэлектронных систем в примерах и задачах : учеб. пособие для студентов радиотехнических специальностей вузов / под ред. Г. В. Дружинина. – М.: Энергия, 1976. – 448 с.

4 **Костромин, А. М.** Выбор и расчет узлов электрической схемы тепловозов: метод. указания к курсовому проекту по дисциплине «Электрооборудование и электросхемы тепловозов» для студентов спец. «Локомотивы» / А. М. Костромин, В. В. Рафаловский. – Гомель : БелИИЖТ, 1989. – 31 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

ЗАДАНИЕ НА РГР № 1

Таблица А.1 – Исходные данные для расчета электромагнитного привода реле (контактора)

Вариант	Марка реле (контактора)-прототипа	Число пар замыкающих контактов	$K_{вп}$	Рабочее напряжение электромагнита, В	Номинальный ток контактов, А	Способ намотки катушки*
1	КПВ	1	0,20	65	350	р
2	ТРПУ	1	0,20	65	4,0	ш
3	РЭВ-812	1	0,20	65	4,2	р
4	МК	1	0,20	65	75	ш
5	Р-45	1	0,20	65	8,8	р
6	ТКПМ	1	0,20	65	81	ш
7	КПВ	2	0,20	75	380	р
8	ТРПУ	2	0,20	75	4,5	ш
9	РЭВ-812	2	0,20	75	4,7	р
10	МК	2	0,20	75	85	ш
11	Р-45	2	0,20	75	9,8	р
12	ТКПМ	2	0,20	75	91	ш
13	КПВ	1	0,25	85	410	р
14	ТРПУ	1	0,25	85	5,0	ш
15	РЭВ-812	1	0,25	85	5,2	р
16	МК	1	0,25	85	95	ш
17	Р-45	1	0,25	85	10,8	р
18	ТКПМ	1	0,25	85	101	ш
19	КПВ	2	0,25	95	440	р
20	ТРПУ	2	0,25	95	5,5	ш
21	РЭВ-812	2	0,25	95	5,7	р
22	МК	2	0,25	95	105	ш
23	Р-45	2	0,25	95	11,8	р
24	ТКПМ	2	0,25	95	111	ш
25	КПВ	1	0,30	110	470	р
26	ТРПУ	1	0,30	110	6,0	ш
27	РЭВ-812	1	0,30	110	6,2	р
28	МК	1	0,30	110	115	ш
29	Р-45	1	0,30	110	12,8	р
30	ТКПМ	1	0,30	110	121	ш
31	КПВ	2	0,30	120	500	р

Окончание таблицы А.1

Вариант	Марка реле (контактора)-прототипа	Число пар замыкающих контактов	$K_{вп}$	Рабочее напряжение электромагнита, В	Номинальный ток контактов, А	Способ намотки катушки*
32	ТРПУ	2	0,30	120	6,5	ш
33	РЭВ-812	2	0,30	120	6,7	р
34	МК	2	0,30	120	125	ш
35	Р-45	2	0,30	120	13,8	р
36	ТКПМ	2	0,30	120	131	ш

* р – рядовая; ш – шахматная

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

ЗАДАНИЕ НА РГР № 2

Таблица Б.1 – Задание на разработку алгоритма поиска неисправности и расчет надежности электрической цепи

Вариант	Участок электрической цепи
1	Цепь питания электропневматических вентилях поездных контакторов
2	Цепь питания катушки контактора возбуждения возбудителя
3	Цепь питания катушки контактора возбуждения тягового генератора
4	Цепь питания электропневматических вентилях групповых контакторов ослабления поля тяговых электродвигателей
5	Цепь питания электропневматических вентилях реверсора
6	Цепь питания катушек пусковых контакторов
7	Цепь питания реле времени предпусковой прокачки масла
8	Цепь питания катушки контактора масляного насоса
9	Цепь питания катушки контактора топливоподкачивающего насоса
10	Цепь питания катушек тяговых электромагнитов регулятора частоты вращения дизеля
11	Цепь питания катушки реле контроля обрыва тормозной магистрали
12	Цепь питания катушки блок-магнита при нормальной работе дизеля
13	Цепь питания катушки блок-магнита при провороте коленчатого вала дизеля
14	Цепь питания электропневматических вентилях песочниц
15	Цепь питания катушки реле блокировки первой позиции
16	Цепь питания катушки реле контроля давления масла на высоких позициях контроллера машиниста
17	Цепь питания обмотки возбуждения синхронного подвозбудителя
18	Цепь заряда аккумуляторной батареи
19	Цепь питания катушки реле контроля разряжения в картере дизеля
20	Цепь питания электропневматического вентиля ускорителя пуска дизеля
21	Питание размагничивающей обмотки возбудителя при аварийном возбуждении
22	Цепь питания электропневматического вентиля управления верхними жалюзи охлаждающего устройства
23	Цепь питания электропневматического вентиля управления боковыми жалюзи охлаждающего устройства
24	Цепь питания электропневматического вентиля управления вентилятором охлаждающего устройства
25	Цепь питания катушек реле холостого хода
26	Цепь питания катушки реле пожарной сигнализации

Окончание таблицы Б.1

Вариант	Участок электрической цепи
27	Цепь питания катушки реле включения пусковых контакторов (при запуске дизеля)
28	Цепь питания катушки реле обеспечения нормальной работы дизеля
29	Цепь питания электропневматических вентилях частичного отключения топливных насосов высокого давления
30	Цепь подключения обмотки управления трансформатора постоянного напряжения
31	Цепь индуктивного датчика и регулировочной обмотки амплитата возбуждения
32	Цепь питания задающей обмотки амплитата возбуждения
33	Цепь подключения катушки реле заземления
34	Цепь подключения катушки реле буксования
35	Цепь подключения катушек напряжения реле перехода
36	Цепь подключения токовых катушек реле перехода

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(*справочное*)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОВЗОВ»**

Цель преподавания дисциплины

Преподавание дисциплины “**Электрооборудование тепловозов**” имеет своей целью подготовить студентов к квалифицированному обслуживанию электрических схем и аппаратов современных перспективных магистральных и маневровых тепловозов.

Задачи изучения дисциплины

Изучив дисциплину, студент должен:

знать принцип действия, конструктивное исполнение, основные технические характеристики, условия работы и требования нормативных документов к тепловозному электрооборудованию, назначение элементов и логику работы основных электрических схем, принципы построения силовых цепей, цепей возбуждения и управления основных серий тепловозов;

уметь читать принципиальные схемы, делать анализ работы элементов и узлов, находить отклонения от нормальной логики работы по отдельным признакам, обеспечить получение заданных эксплуатационных и технико-экономических показателей;

иметь представление о влиянии работы электрооборудования на технико-экономические показатели и надежность работы тепловоза, перспективе развития электрооборудования и применении новых средств автоматики в схемах тепловозов.

Содержание дисциплины

Введение

Общие сведения об электрооборудовании и электрических схемах тепловозов. Краткий исторический обзор и перспективы развития электрооборудования тепловозов. Классификация электрических аппаратов и условия их работы на тепловозе. Разновидности и особенности электрических схем локомотивов.

Т е м а 1 Электрические контакты

Разновидности электрических контактов. Основные термины и определения. Переходное сопротивление. Тепловые явления в электрических контактах. Коммутация контактов. Износ контактов. Материалы для контактных электрических соединений. Расчет контактов.

Т е м а 2 Основы теории горения и гашения электрической дуги в аппаратах коммутации

Условия возникновения и горения электрической дуги. Время горения дуги и перенапряжения в коммутируемой цепи. Способы гашения электрической дуги, применяемые в тепловозных электрических аппаратах. Особенности гашения электрической дуги в плавких предохранителях.

Т е м а 3 Электромагнитные механизмы

Определение силы притяжения электромагнита. Статические и динамические тяговые характеристики электромагнитов и механические характеристики электромагнитных механизмов. Расчет катушки электромагнита постоянного тока. Способы замедления и ускорения действия электромагнитов. Реле времени.

Т е м а 4 Электропневматические механизмы

Статические и динамические характеристики пневматического привода. Особенности расчета поршневого и диафрагменного пневмоприводов. Назначение и особенности конструкции аппаратов коммутации тяговой цепи. Силовые контактные элементы кулачковых и барабанных реверсоров. Групповые электропневматические контакторы.

Т е м а 5 Бесконтактные магнитные аппараты

Преимущества и область применения бесконтактных магнитных аппаратов. Магнитные усилители. Разновидности, устройство, принцип действия и основные характеристики магнитных усилителей. Характеристики амплистатов и их использование в схемах возбуждения. Принципы расчета амплистата и анализ полученных характеристик. Трансформаторы постоянного тока и трансформаторы постоянного напряжения. Бесконтактное тахометри-

ческое устройство. Индуктивный датчик.

Т е м а 6 Датчики Холла. Силовые полупроводниковые приборы

Принцип действия, основные характеристики, назначение и преимущества датчиков Холла. Лавинный диод, незапираемый тиристор, стабилитрон, силовые транзисторы, применяемые на современном тяговом подвижном составе.

Т е м а 7 Электрические цепи возбуждения тягового генератора тепловозов с передачей мощности постоянного тока

Выбор и расчет параметров аппаратов цепей возбуждения. Расчет элементов селективного узла. Способы настройки селективной характеристики. Связь режимов работы тяговой цепи и цепи возбуждения. Цепи аварийного возбуждения тягового генератора.

Т е м а 8 Электрические цепи возбуждения тягового генератора тепловозов с передачей мощности переменного постоянного тока

Элементы и блоки цепей возбуждения. Особенности расчета и выбор элементов управляемого выпрямителя возбуждения. Цепи аварийного возбуждения. Особенности цепей возбуждения тягового генератора тепловозов с реостатным торможением.

Т е м а 9 Селективный узел тепловозов с передачей мощности переменного постоянного тока

Устройство и принцип работы селективного узла. Расчет элементов селективного узла. Методика настройки селективной характеристики. Объединенное регулирование частоты вращения коленчатого вала дизеля и параметров внешней характеристики тягового генератора. Цепи аварийного снижения мощности и напряжения тягового генератора.

Т е м а 10 Аварийные режимы и схемы защиты тяговой цепи

Перегрузочная способность тяговой цепи и основные параметры аварийных режимов. Схемы обнаружения замыкания тяговой цепи на корпус тепловоза. Схемы защиты выпрямительной установки от перегрузок и коротких замыканий. Защита от обратных токов и обрыва обмоток возбуждения тяговых электродвигателей. Основные параметры и устройство электромагнитных реле для цепей защиты.

Т е м а 11 Системы регулирования, повышающие тяговые

возможности тепловозов

Проблема повышения использования сцепного веса тепловозов. Жесткость тяговой характеристики. Способы и схемы повышения жесткости тяговой характеристики. Датчики и схемы обнаружения буксования. Системы снижения мощности тягового генератора при буксовании колесных пар.

Т е м а 12 Тепловозные регуляторы напряжения

Принципы действия и особенности работы регуляторов напряжения в тепловозных схемах. Принципиальные схемы и работа бесконтактных полупроводниковых регуляторов напряжения, их основные параметры.

Т е м а 13 Аппараты и схемы управления, контроля и защиты оборудования тепловоза

Схема управления тепловозом и ее функции. Защита дизеля от аварийных режимов. Цепи управления устройством охлаждения дизеля, пожарной сигнализации, питания АЛСН и радиостанции. Неисправности цепей управления и методы их определения. Указатель повреждений цепей управления. Методы устранения неисправностей в цепях управления.

Т е м а 14 Надежность, диагностика и перспективы развития схем тепловозов

Показатели надежности работы электрических схем тепловозов. Факторы, влияющие на надежность электрических аппаратов и схем. Диагностика электрооборудования. Бортовые и стационарные устройства, предназначенные для диагностики электрических схем тепловозов. Современные микропроцессорные системы управления электрической передачей тепловоза.

Контрольные вопросы

Введение

1 Для чего предназначены электрические аппараты, какие электрические аппараты используются на тепловозах?

2 Что называется электрической схемой?

3 Перечислите требования, предъявляемые к электрическим аппаратам тепловозов.

4 Какие бывают по назначению схемы тепловозов?

Т е м а 1

- 1 Что называют притиркой контактов?
- 2 Что называют электрическим контактом? Перечислите виды контактных соединений.
- 3 Какие по форме бывают контактные поверхности?
- 4 Что называют раствором контактов?
- 5 Что называют провалом контактов?
- 6 От чего зависит электрическое сопротивление контактного соединения? Как его можно уменьшить?

Т е м а 2

- 1 При каких условиях возникает электрическая дуга?
- 2 Что такое дугогасительная решетка и принцип ее действия?
- 3 В чем заключается механический способ гашения дуги?
- 4 Что такое магнитное дутье?
- 5 Почему необходимо гасить электрическую дугу, возникающую в электрических аппаратах?
- 6 Назначение дугогасительной камеры.
- 7 Чем и для чего заполняют трубчатые предохранители?
- 8 Для чего предназначены клинообразные вырезы на плавкой вставке трубчатого предохранителя?

Т е м а 3

- 1 Каким отношением определяется постоянная времени электромагнитного реле времени?
- 2 Почему рабочая точка магнитопровода электромагнитного реле времени находится в зоне глубокого насыщения?
- 3 Опишите конструкцию и принцип действия электромагнитного реле (контактора).
- 4 Опишите конструкцию, назначение и принцип действия электромагнитного реле времени.
- 5 Опишите конструкцию, назначение и принцип действия электронного реле времени.

Т е м а 4

- 1 В каких электрических тепловозных аппаратах используется пневматический привод?
- 2 Опишите конструкцию, назначение и принцип действия группового контактора ослабления поля ТЭД.
- 3 Опишите конструкцию, назначение и принцип действия реверсора.
- 4 Опишите конструкцию, назначение и принцип действия

поездного контактора.

5 Опишите конструкцию, назначение и принцип действия электропневматического вентиля.

Т е м а 5

1 Что называют рабочей обмоткой магнитного усилителя?

2 Опишите принцип действия магнитного усилителя с внешней положительной обратной связью и с нагрузкой, включенной на постоянном токе.

3 Каким образом можно повысить коэффициент усиления магнитного усилителя?

4 Опишите принцип действия простого магнитного усилителя с нагрузкой, включенной на постоянном токе.

5 Опишите принцип действия магнитного усилителя с внутренней положительной обратной связью и с нагрузкой, включенной на постоянном токе.

6 Опишите принцип действия простого магнитного усилителя с нагрузкой, включенной на переменном токе.

7 Для чего предназначен магнитный усилитель?

8 Какое устройство называют магнитным усилителем?

9 Какие виды магнитных усилителей вы знаете?

Т е м а 6

1 Тиристор. Его вольт-амперная характеристика и назначение.

2 Стабилитрон. Его вольт-амперная характеристика и назначение.

3 Полупроводниковый диод. Его вольт-амперная характеристика и назначение. Лавинный диод.

4 Опишите назначение и принцип действия датчиков Холла.

Т е м а 7

1 Опишите процесс ограничения максимального напряжения тягового генератора в схеме возбуждения с амплистатом.

2 Опишите процесс ограничения мощности тягового генератора в схеме возбуждения с амплистатом.

3 Для чего предназначена обмотка задания амплистата возбуждения?

4 Для чего предназначена регулировочная обмотка амплистата возбуждения?

5 Для чего предназначена обмотка управления амплистата возбуждения?

6 Опишите процесс ограничения максимального тока тягового генератора в схеме возбуждения с амплистатом.

7 Селективный узел тепловоза с передачей постоянного тока. Селективная характеристика.

9 Схема аварийного возбуждения тягового генератора тепловоза с передачей постоянного тока.

10 Каким образом осуществляется объединенное регулирование мощности тепловозного дизель-генератора?

Т е м а 8

1 Назначение и принцип действия управляемого выпрямителя возбуждения тепловоза с передачей переменного-постоянного тока.

2 Нарисуйте структурную схему передачи тепловоза переменного-постоянного тока и опишите назначение каждого элемента схемы.

3 Назначение и принцип действия блока управления возбуждением тепловоза с передачей переменного-постоянного тока.

4 Схема аварийного возбуждения тягового генератора тепловоза с передачей переменного-постоянного тока.

5 Работа тяговой цепи тепловоза с передачей переменного-постоянного тока при реостатном торможении.

Т е м а 9

1 Опишите устройство и принцип действия селективного узла тепловоза с передачей переменного-постоянного тока.

2 Опишите работу канала регулирования тока тягового генератора селективного узла тепловоза с передачей переменного-постоянного тока.

3 Опишите работу канала регулирования мощности тягового генератора селективного узла тепловоза с передачей переменного-постоянного тока.

4 Опишите работу канала регулирования напряжения тягового генератора селективного узла тепловоза с передачей переменного-постоянного тока.

Т е м а 10

1 Чем опасен обрыв обмотки возбуждения ТЭД при работе на ослабленном поле?

2 Для чего предназначено реле обрыва полюсов, и каков принцип обнаружения данной аварийной ситуации?

3 Реле заземления. Схема включения, принцип действия и назначение. Принцип действия электромагнитной «защелки».

4 Каким образом реализована защита выпрямительной установки от перегрузок и коротких замыканий?

5 Каким образом реализована защита тяговой цепи от обратных

токов?

Т е м а 11

1 Опишите принцип действия системы формирования жестких динамических характеристик тягового генератора?

2 Система уравнительных соединений. Принцип действия и назначение.

3 Опишите принцип действия системы снижения мощности тягового генератора при буксовании колесных пар (реле буксования)?

4 Каким образом и для чего осуществляется формирование наклонных характеристик тягового генератора?

5 Каким образом ограничена максимальная частота вращения одновременно буксующих всех колесных пар тепловоза?

Т е м а 12

1 Опишите назначение и принцип действия тепловозного бесконтактного регулятора напряжения.

2 Объясните, почему необходимо регулировать ток возбуждения вспомогательного генератора.

Т е м а 13

1 Опишите назначение и принцип действия указателя повреждений цепей управления тепловоза.

2 Каким образом и по каким параметрам, с помощью электрической схемы, реализована защита тепловозного дизеля?

3 Опишите назначение и принцип действия пожарной сигнализации.

Т е м а 14

1 Основные показатели надежности электрических элементов. Их взаимосвязь.

2 Перспективные направления развития электрооборудования тепловозов.

3 Приведите примеры современных микропроцессорных систем управления тепловозом, перечислите их функциональные возможности.

Учебное издание

СКРЕЖЕНДЕВСКИЙ Виктор Владимирович

Электрооборудование тепловозов

Учебно-методическое пособие по выполнению
расчетно-графических работ № 1, 2

Редактор *Т.М.Ризевская*
Технический редактор *В.Н.Кучерова*
Корректор *М.П.Дежко*

Подписано в печать 05.06.2007 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Гарнитура Times. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 1,95. Тираж 150 экз.
Зак. № 1804. Изд. № 4

Издатель и полиграфическое исполнение
Белорусский государственный университет транспорта:
ЛИ № 02330/0133394 от 19.07.2004 г.
ЛП № 02330/0148780 от 30.04.2004 г.
246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.

