

С. Н. Антонов

Д. В. Данилов

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ЭЛЕКТРОПРИВОДА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
НАЗНАЧЕНИЯ**

Ставрополь

«АГРУС»

2010

УДК 621.315
ББК

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор кафедры «Электроснабжения и эксплуатации электрооборудования ФГОУ ВПО СтГАУ

В.Я. Хорольский

кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы и электроснабжение» ФГОУ ВПО СевКавГТУ

А.В. Петров

Антонов, С. Н.

Проектирование электропривода сельскохозяйственного назначения: учебное пособие / С. Н. Антонов, Д. В. Данилов; ФГОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет – Ставрополь: АГРУС, 2010 – 272 с.

Изложены положения по проектированию электропривода в сельскохозяйственном производстве. Рассматриваются вопросы выбора электродвигателей к рабочим машинам по условиям эксплуатации и мощности, а так же для различных режимов работы. Приведена методика расчета некоторых рабочих машин. Рассмотрены правила выполнения и условные обозначения в электрических схемах.

Учебное пособие предназначено для студентов очной и заочной формы обучения, по специальностям 110302.65 – Электрификация и автоматизация сельского хозяйства, 110300 – Агроинженерия, 140200 – Электроэнергетика.

УДК 621.315
ББК

ВВЕДЕНИЕ

Современное сельскохозяйственное производство это совокупность разнообразных технологических процессов, для реализации которых созданы разнообразные рабочие машины, например: навозоуборочные транспортеры, кормораздатчики, вентиляционные установки, зерноочистительные агрегаты, дробилки, сепараторы, стригальные агрегаты и т.д. С помощью этих устройств выполняются уборка навоза, дробление и раздача кормов, поддержание микроклимата, сушка и сепарация зерна, сепарирование молока и т.д. Рабочая машина, как правило состоит из многих взаимосвязанных узлов и деталей. Элемент агрегата который непосредственно выполняет технологический процесс называется исполнительным органом.

В некоторых технологических процессах существует необходимость управлять движением исполнительного органа т.е. регулировать скорость движения, ее направление, осуществлять остановку в требуемом положении. В процессе движения рабочая машина преодолевает разнообразные сопротивления, которые обусловлены наличием трения, перемещением материалов и другими факторами. Источниками механической энергии рабочих органов могут служить: пневматический, гидравлический и электрический привод. В настоящее время все большее распространение в сельскохозяйственном производстве находит электропривод.

Основой электропривода является электрический двигатель. Соответствие его конструктивных, механических и энергетических параметров условиям работы производственного механизма обеспечивает заданную производительность, качество продукции, надежность и экономичность.

При выборе электродвигателя для рабочей машины приходится решать широкий круг вопросов, а именно рассчитать его мощность, выбрать род тока, напряжение, угловую скорость, конструктивное исполнение электродвигателя. Для этого необходимо знать условия работы электрифицируемой машины, которые должны быть сформулированы в задании на проектирование.

Кинематическая схема и даже конструкция машинного устройства в значительной степени определяются типом примененного электропривода, который, с одной стороны, сам зависит от свойств рабочей машины, а с другой, влияет на ее конструктивные особенности. В связи с этим проектирование электропривода осуществляется параллельно с проектированием рабочей машины в самой начальной стадии.

В производственных условиях при эксплуатации электроприводов необходимость выбора электродвигателя чаще всего возникает при замене слабозагруженных асинхронных двигателей, модернизации оборудования, изменении технологического процесса. Здесь приходится решать значительно меньше задач, чем при проектировании электропривода, однако требуются знания и навыки по определению оптимальных нагрузок, пусковых свойств и перегрузочных способностей электродвигателя.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Электроприводы (ГОСТ Р 50369-92)

1. **Электропривод:** Электромеханическая система, состоящая в общем случае из взаимодействующих преобразователей электроэнергии, электромеханических и механических преобразователей, управляющих и информационных устройств и устройств сопряжения с внешними электрическими, механическими, управляющими и информационными системами, предназначенная для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением в целях осуществления технологического процесса
2. **Преобразователь электрической энергии, преобразователь электроэнергии:** Электротехническое устройство, преобразующее электрическую энергию с одними значениями параметров и/или показателей качества в электрическую энергию с другими значениями параметров и/или показателей качества
3. **Электродвигатель (электропривода):** Электромеханический преобразователь, предназначенный для преобразования электрической энергии в механическую
4. **Механическая передача (электропривода):** Механический преобразователь, предназначенный для передачи механической энергии от электродвигателя к исполнительному органу рабочей машины и согласованию вида и скоростей их движения
5. **Управляющее устройство (электропривода):** Устройство, предназначенное для формирования управляющих воздействий в электроприводе
6. **Информационное устройство (электропривода):** Устройство, предназначенное для получения, преобразования, хранения, распределения и выдачи информации о переменных электропривода, технологического процесса и сопредельных систем для использования в системе управления электропривода и внешних информационных системах
7. **Устройство сопряжения (электропривода):** Совокупность электрических и механических элементов, обеспечивающих взаимодействие электропривода с сопредельными системами и отдельных частей электропривода
8. **Система управления электропривода:** Совокупность управляющих и информационных устройств и устройств сопряжения электропривода, предназначенных для управления электромеханическим преобразованием энергии с целью обеспечения заданного движения исполнительного органа рабочей машины
9. **Система управления электроприводом:** Внешняя по отношению к электроприводу система управления более высокого уровня, поставляющая необходимую для функционирования электропривода информацию

Виды электропривода по функциональному назначению

10. **Электропривод вращательного движения:** Электропривод, обеспечивающий вращательное движение исполнительного органа рабочей машины
11. **Электропривод поступательного движения:** Электропривод, обеспечивающий поступательное линейное движение исполнительного органа рабочей машины
12. **Электропривод возвратно-поступательного [вибрационного] движения:** Электропривод, обеспечивающий возвратно-поступательное [вибрационное] движение исполнительного органа рабочей машины
13. **Электропривод непрерывного движения:** Электропривод, обеспечивающий непрерывное движение исполнительного органа рабочей машины
14. **Электропривод дискретного движения:** Электропривод, обеспечивающий дискретное перемещение исполнительного органа рабочей машины
15. **Моментный электропривод:** Электропривод, обеспечивающий заданный момент или усилие на исполнительном органе рабочей машины
16. **Позиционный электропривод:** Электропривод, обеспечивающий перемещение и установку исполнительного органа рабочей машины в заданное положение
17. **Реверсивный электропривод:** Электропривод, обеспечивающий движение исполнительного органа рабочей машины в любом из двух противоположных направлениях
18. **Нереверсивный электропривод:** Электропривод, обеспечивающий движение исполнительного органа рабочей машины только в одном направлении
19. **Регулируемый электропривод:** Электропривод, обеспечивающий управляемое изменение координат движения исполнительного органа рабочей машины
20. **Нерегулируемый электропривод:** Электропривод, не обеспечивающий управляемое изменение координат движения исполнительного органа рабочей машины
21. **Многоскоростной электропривод:** Электропривод, обеспечивающий движение исполнительного органа рабочей машины с любой из двух или более фиксированных скоростей
22. **Многокоординатный электропривод:** Электропривод, обеспечивающий движение исполнительного органа рабочей машины по двум или более пространственным координатам
23. **Электропривод согласованного движения:** Электропривод, обеспечивающий согласованное движение двух или более исполнительных органов рабочей машины
24. **Главный электропривод:** Электропривод, обеспечивающий движе-

ние исполнительного органа рабочей машины, выполняющего главную технологическую операцию

25. **Вспомогательный электропривод:** Электропривод, обеспечивающий движение исполнительного органа рабочей машины, выполняющего вспомогательную технологическую операцию
26. **Следящий электропривод:** Электропривод, обеспечивающий перемещение исполнительного органа рабочей машины в соответствии с произвольно изменяющимися задающими сигналами
27. **Программно-управляемый электропривод:** Электропривод, обеспечивающий перемещение исполнительного органа рабочей машины в соответствии с заданной программой
28. **Адаптивный электропривод:** Электропривод, автоматически избирающий структуру и/или параметры своей системы управления при изменении возмущающих воздействий
29. **Электропривод с регулированием энергетических показателей:** Электропривод, работающий с заданным законом изменения одного или нескольких своих энергетических показателей
30. **Неавтоматизированный электропривод:** Электропривод, все операции управления которым выполняет оператор
31. **Автоматизированный электропривод:** Электропривод, часть операций управления в котором выполняют соответствующие устройства управления без участия оператора

Виды электроприводов по физическим принципам преобразования электрической энергии в механическую

32. **Электромашинный электропривод:** Электропривод, в котором преобразование электрической энергии в механическую осуществляется электрическими машинами на основе взаимодействия электромагнитных полей и проводников с током
33. **Электромагнитный электропривод:** Электропривод, в котором преобразование электрической энергии в механическую осуществляется устройством на основе взаимодействия электромагнитного поля и ферромагнитных тел
34. **Электростатический электропривод:** Электропривод, в котором преобразование электрической энергии в механическую осуществляется устройством на основе взаимодействия электростатического поля и электрических зарядов
35. **Пьезоэлектрический (магнитострикционный) электропривод:** Электропривод, в котором преобразование электрической энергии в механическую осуществляется устройствами на основе пьезоэлектрического (магнитострикционного) эффекта

Структуры электропривода

36. **Электропривод с разомкнутой (замкнутой) системой управления:** Электропривод, в котором отсутствует (имеется) обратная связь по регулируемой координате электропривода или по возмущению, воздействующая на управляющее устройство
37. **Электрический вал:** Взаимосвязанный электропривод, обеспечивающий синхронное движение двух или более исполнительных органов рабочей машины, не имеющих механической связи
38. **Редукторный (безредукторный) электропривод:** Электропривод, механическая передача которого содержит (не содержит) редуктор
39. **Маховичный электропривод:** Электропривод вращательного движения, механическая передача которого содержит маховик
40. **Дифференциальный электропривод:** Многодвигательный электропривод, у которого скорость и момент на исполнительном органе рабочей машины алгебраически суммируются с помощью механического дифференциала
41. **Групповой электропривод:** Электропривод с одним электродвигателем, обеспечивающий движение исполнительных органов нескольких рабочих машин или нескольких исполнительных органов одной рабочей машины
42. **Индивидуальный электропривод:** Электропривод, обеспечивающий движение одного исполнительного органа рабочей машины
43. **Взаимосвязанный электропривод:** Два или несколько электрически или механических связанных между собой электроприводов, при работе которых поддерживается заданное соотношение их скоростей и/или нагрузок, и/или положения исполнительных органов рабочих машин
44. **Многодвигательный электропривод:** Электропривод, содержащий несколько электродвигателей, механическая связь между которыми осуществляется через исполнительный орган рабочей машины
45. **Электрический каскад:** Регулируемый электропривод с асинхронным двигателем с фазным ротором, в котором энергия скольжения возвращается в электрическую сеть
46. **Электромеханический каскад:** Регулируемый электропривод с асинхронным двигателем с фазным ротором, в котором энергия скольжения преобразуется в механическую и передается на вал этого двигателя
47. **Электропривод с общим преобразователем:** Электропривод, преобразователь электроэнергии которого питает два или несколько двигателей
48. **Электропривод с общим суммирующим усилителем:** Регулируемый электропривод, в преобразовательном информационном устрой-

стве которого сигналы управляющего воздействия и обратных связей по регулируемым координатам электропривода суммируются на одном общем усилителе

49. **Электропривод с подчиненным регулированием координат:** Регулируемый электропривод, в управляющем устройстве которого регуляторы по числу регулируемых координат электропривода соединяются последовательно, образуя систему замкнутых контуров регулирования, в которой выходной сигнал регулятора внешнего контура является входным сигналом регулятора внутреннего, подчиненного ему, контура
50. **Электропривод с диалоговым преобразователем:** Электропривод, выходные координаты преобразователя электроэнергии которого принимают любые значения от нуля до максимально допустимого
51. **Электропривод с релейным преобразователем:** Электропривод, выходные координаты преобразователя электроэнергии которого принимают два или три фиксированных значения
52. **Электропривод с импульсным преобразователем:** Электропривод, преобразователь электроэнергии которого периодически с регулируемой скважностью включает и отключает подводимое к электродвигателю напряжение или изменяет параметры электрической цепи двигателя
53. **Электропривод с инвертором тока (напряжения):** Электропривод переменного тока, преобразователь электроэнергии которого содержит инвертор тока (напряжения)
54. **Электропривод с источником тока:** Электропривод, преобразователь которого обладает свойствами источника тока

Техническая реализация электроприводов

55. **Электропривод постоянного (переменного) тока:** Электропривод, содержащий электродвигатель постоянного (переменного) тока
56. **Взрывозащищенное электрооборудование:** Электрооборудование специального назначения, которое выполнено таким образом, что устранена или затруднена возможность воспламенения окружающей его взрывоопасной среды вследствие эксплуатации этого изделия ГОСТ 18311
57. **Система "генератор-двигатель" ("статический преобразователь-двигатель"):** Электропривод, имеющий электромашинный преобразователь (статический преобразователь электроэнергии)
58. **Электропривод с электромеханотронным преобразователем:** Электропривод, содержащий устройство, объединяющее электромеханический преобразователь с обеспечивающим его функционирование электронными компонентами управления, диагностики и защиты

59. **Тиристорный электропривод:** Электропривод, содержащий тиристорный преобразователь электроэнергии
60. **Электропривод с релейно-контакторным (бесконтактным) управлением:** Электропривод, управляющее устройство которого реализуется на основе релейно-контакторной (бесконтактной) аппаратуры
61. **Электропривод с силовыми резисторами:** Электропривод, координаты которого регулируются путем изменения сопротивления резисторов, включаемых в силовую цепь электродвигателя
62. **Электропривод с жесткой программой:** Электропривод, в состав устройства управления которого входят средства, не допускающие изменения программы без изменения аппаратуры и структуры электропривода
63. **Электропривод с тормозным устройством (с управляемой муфтой):** Электропривод, механическая передача которого содержит тормозное устройство (управляемую муфту)

Математическое описание электропривода

64. **Координата электропривода:** Любая электрическая, механическая, магнитная, тепловая переменная, принятая для описания состояния электропривода и управления его состоянием
65. **Элемент приведения (электропривода):** Один из движущихся элементов механической части электропривода, как правило, вал электродвигателя, к которому приводятся значения параметров и переменных всех других элементов
66. **Номинальная скорость электропривода:** Скорость элемента приведения электропривода при номинальном статическом моменте или силе
67. **Скорость холостого хода электропривода:** Скорость элемента приведения электропривода при моменте или силе, равным нулю
68. **Одномассовая схема электропривода:** Расчетная схема механической части электропривода, представленная элементом приведения с моментом инерции, равным сумме приведенных моментов инерции и масс всех движущихся элементов механической части электропривода
69. **Многомассовая схема электропривода:** Расчетная схема механической части электропривода, представленная двумя или более элементами приведения
70. **Статический перепад координаты электропривода:** Разность двух значений координаты электропривода, соответствующая двум значениям статического режима
71. **Динамический перепад координаты электропривода:** Максимальная разность между мгновенным и конечным значениями координаты электропривода, возникающая в процессе его перехода от одного ста-

тического режима к другому

72. **Электромеханическая постоянная времени электропривода:** Отношение момента инерции электропривода к статической жесткости механической характеристики электродвигателя
73. **Момент инерции электропривода:** Сумма моментов инерции всех движущихся масс электропривода при приведении их к скорости элемента приведения электропривода
74. **Динамический момент (сила) электропривода:** Момент (сила), приложенный к элементу приведения, электропривода, равный разности моментов (сил) электродвигателя и статической нагрузки
75. **Допустимая по нагреву нагрузка электропривода:** Зависимость момента или силы статической нагрузки от времени, допустимая по условиям нагрева лимитирующего элемента электропривода при данных условиях охлаждения
76. **Статическая жесткость механической характеристики электропривода:** Отношение разности моментов или сил, соответствующих двум статическим режимам к разности скоростей электропривода в этих режимах при линеаризации механической характеристики электропривода на этом участке
77. **Диапазон регулирования координаты электропривода:** Отношение средних максимального и минимального значений регулируемой координаты электропривода при заданном диапазоне изменения возмущающих воздействий
78. **Плавность регулирования координаты электропривода:** Отношение разности двух соседних значений координаты электропривода к ее номинальному значению
79. **Точность регулирования координаты электропривода:** Отношение изменения регулируемой координаты электропривода при изменении возмущения в заданном диапазоне к ее среднему значению
80. **Средневзвешенный коэффициент полезного действия электропривода:** Отношение полезной механической работы исполнительного органа рабочей машины за заданный интервал времени к электрической энергии, потребленной за этот же интервал времени
81. **Динамическая жесткость механической характеристики электропривода:** Передаточная функция, связывающая момент и скорость электродвигателя электропривода

Функционирование электропривода

82. **Механическая характеристика электропривода:** Зависимость, связывающая скорость и момент или силу элемента приведения электропривода
83. **Электромеханическая характеристика электропривода:** Зависи-

мость, связывающая скорость электродвигателя электропривода и ток якоря

84. **Статический режим работы электропривода:** Режим электропривода, в котором значение основной координаты электропривода, обычно скорости, неизменно
85. **Динамический режим работы электропривода:** Режим электропривода, в котором значение основной координаты электропривода изменяется
86. **Динамическая характеристика электропривода:** Зависимость между мгновенными значениями двух координат электропривода для одного и того же момента времени переходного режима работы электропривода
87. **Переходный режим работы электрооборудования:** Режим перехода от одного установившегося режима работы электрооборудования к другому ГОСТ 18311
88. **Установившийся режим работы электрооборудования:** Режим работы электрооборудования, при котором значения всех параметров режима практически неизменны или изменяются периодически ГОСТ 18311
89. **Допустимая по нагреву частота включения электропривода:** Частота следующих друг за другом включений электропривода с последующим отключением, при которой температура электродвигателя не превышает допустимой

Термины и определения общетехнических понятий, используемых в области электроприводов

90. **Рабочая машина:** Машина, осуществляющая изменение формы, свойств, состояния и положения предмета труда
91. **Исполнительный орган рабочей машины:** Движущийся элемент рабочей машины, выполняющий технологическую операцию
92. **Полезный статический момент-сила:** Значение отнесенного к элементу приведения момента-силы, определяемого полезной нагрузкой исполнительного органа рабочей машины
93. **Динамический момент-сила:** Сумма отнесенных к элементу приведения моментов-сил, вызванных изменением скорости всех движущихся масс
94. **Момент-сила трения:** Значение отнесенного к элементу приведения момента-силы, определяемого трением в механической передаче
95. **Механическая характеристика исполнительного органа рабочей машины:** Зависимость, связывающая скорость движения исполнительного органа рабочей машины и момент-силу, создаваемый при выполнении им технологической операции

96. **Нагрузочная диаграмма исполнительного органа рабочей машины:** Зависимость момента-силы от времени на исполнительном органе рабочей машины
97. **Диаграмма скорости исполнительного органа рабочей машины:** Зависимость скорости движения исполнительного органа рабочей машины от времени в технологическом цикле
98. **Естественная характеристика электродвигателя:** Характеристика, соответствующая номинальным параметрам питающего электродвигатель напряжения, основной схеме его включения и отсутствию добавочных электротехнических элементов в цепях электродвигателя
99. **Искусственная характеристика электродвигателя:** Характеристика электродвигателя, получаемая при изменении параметров питающего напряжения, при изменении схемы его включения или включения в его цепи добавочных электротехнических элементов
100. **Нагрузочная диаграмма электродвигателя:** Зависимость развиваемого вращающимся электродвигателем момента или силы линейного электродвигателя от времени в технологическом цикле

1 МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

1.1 ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Для проектирования рационального электропривода сельскохозяйственных машин необходимо знать их приводные характеристики. К ним относятся: технологические; кинематические; энергетические; механические; нагрузочные; инерционные.

Технологические характеристики. Технологические характеристики машины обычно приводятся в виде технологических схем с указанием последовательности операций по обработке и перемещению продукта внутри машины. Они определяют требования к электроприводу со стороны качества продукции (необходимость регулирования режима работы, скоростной режим машины, величина допускаемых ускорений, удельные расходы энергии, возможность и необходимость автоматизации). Сюда относятся также требования к электроприводу в зависимости от условий окружающей среды (пыльность, сырость, загазованность и т.д.).

Кинематические характеристики. Кинематические характеристики машин представляются обычно в виде схем, показывающих последовательность передачи движения от двигателя к рабочим органам, а также дают представление о траекториях и скоростях движения всех элементов электромашинного преобразователя.

Энергетические характеристики. Энергетические характеристики отражают распределение энергии между отдельными узлами машины и дают представление о потерях в передаточных звеньях и коэффициенте полезного действия.

Механические характеристики. Механические характеристики машин представляют собой графическое изображение зависимости моментов или сил сопротивления от угловой скорости рабочей машины. С помощью этих характеристик проводят анализ переходных процессов и режимов работы электропривода.

В общем случае механические характеристики описываются уравнением:

$$M_c = M_{mp} + (M_{сн} - M_{mp}) \cdot \left(\frac{\omega_i}{\omega_n} \right)^X,$$

где ω_n – номинальная угловая скорость двигателя, рад/с;

ω_i – текущее значение угловой скорости, рад/с;

M_c – момент сопротивления при угловой скорости ω_i , Н·м;

$M_{сн}$ – момент сопротивления при номинальной скорости, Н·м;

$M_{тр}$ – момент трогания механизма, Н·м;

x – показатель степени, характеризующий изменение момента сопротивления при изменении скорости.

Для навозоуборочных транспортеров (штангового, кареточного, кругового движения), телескопического кормораздаточного транспортера, самоходных бункеров-кормораздатчиков, кран-балки следует принимать момент сопротивления постоянным, не зависящим от скорости ($x = 0$).

Для насосов и вентиляторов $x = 2$, для дробилки агрегата витаминной муки $x = 1,7$.

Момент трогания насосов, вентиляторов и дробилки ориентировочно можно принять:

$$M_{тр} = (0,2 \dots 0,3) \cdot M_{сн},$$

для транспортеров и других механизмов с постоянным моментом сопротивления:

$$M_{тр} = (1,1 \dots 1,2) \cdot M_{сн}.$$

Номинальный момент сопротивлений определяется из анализа усилий, возникающих в механизме при его работе. В зависимости от того, при какой нагрузке производится пуск рабочего органа, механическая характеристика может быть рассчитана и построена для холостого хода или полной нагрузки.

Нагрузочные характеристики. Нагрузочные характеристики или нагрузочные диаграммы показывают зависимость усилия F_c , момента M_c , мощности P_c сопротивлений и угловой скорости ω рабочей машины от времени или пути: $F_c, M_c, P_c, \omega = f(t, L)$. При постоянной скорости зависимость $F_c, M_c, P_c = f(L)_c$ равноценна зависимости $F_c, M_c, P_c = \varphi(t)$.

Характер нагрузочной диаграммы машины в значительной степени зависит от ее технологической и кинематической характеристик. Необходимо проанализировать эти характеристики и установить величины и длительность действия тех или иных моментов или усилий сопротивлений.

Анализируя технологическую и кинематическую схемы, следует рассчитать и построить нагрузочную диаграмму рабочей машины за период одного цикла.

Инерционные характеристики. Эти характеристики определяют величину и характер изменения момента инерции подвижных частей элек-

тропривода.

Величина момента инерции машин определяется массой движущихся деталей, и весом грузов, радиусами инерции, и зависит от кинематической характеристики системы двигатель – рабочая машина.

Величину приведенного к валу двигателя момента инерции рабочей машины необходимо определять как для холостого хода, так и для работы под нагрузкой.

Приведенный к валу двигателя момент инерции определяется исходя из равенства запасов кинетической энергии:

$$J = J_m \cdot \frac{\omega^2}{\omega_\partial^2} + m \cdot \frac{v^2}{\omega_\partial^2},$$

где J_m – момент инерции частей машины, совершающих вращательное движение с угловой скоростью относительно оси вращения, $\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$;

m – масса деталей и грузов, совершающих поступательное движение, Н ;

v – скорость поступательного движения, м/с ;

ω_∂ – угловая скорость вала двигателя, рад/с .

Для деталей цилиндрической формы (см. телескопический кормо-раздаточный транспортер, кресло передвижения оператора доильной установки, агрегат витаминной муки, зерноочистительный агрегат ЗАВ–20) момент инерции относительно оси вращения определяется по формуле:

$$J = m \cdot \frac{R^2}{2},$$

где m – масса вращающейся детали, равная ее весу, Н ;

R – геометрический радиус детали, м .

При работе под нагрузкой момент инерции увеличивается за счет перемещения материала.

Момент инерции редукторов следует принимать ориентировочно $J_p = 1,1 \cdot J_{\partial в}$ момента инерции двигателя. Момент инерции двигателя внутреннего сгорания (ДВС) (обкаточно-испытательный стенд) принимается равным моменту инерции электродвигателя.

В каталогах на электродвигатели, в настоящее время, приводится величина махового момента. Для получения момента инерции в системе СИ необходимо воспользоваться соотношением:

$$J = \frac{G \cdot D^2}{2},$$

где $G \cdot D^2$ – маховый момент цилиндрических тел вращения, кг м².

При расчетах приводных характеристик рабочих машин следует учитывать только сведения, приведенные в задании. Отсутствие некоторых данных для определения усилий или моментов инерции отдельных деталей указывает на то, что этими величинами в процессе расчета можно пренебречь, либо необходимо воспользоваться дополнительной литературой.

1.2 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОПРИВОДУ

На начальном этапе проектирования электропривода изучается место рабочей машины в технологическом процессе, ее основные функции и задачи. На основании этого изучения формулируются требования к рабочей машине со стороны технологии.

Принцип действия рабочей машины или ее рабочего органа изучается по кинематической схеме. На основании изучения принципа действия рабочей машины определяются требования к электроприводу рабочей машины.

Основные требования, которые должны быть выполнены при проектировании электропривода:

Надежность – электропривод обязан выполнить заданные функции в оговоренных условиях в течение определенного промежутка времени. Если, это не обеспечено, то все остальные качества окажутся бесполезными;

Точность – главная функция привода – осуществлять управляемое движение с заданной точностью;

Быстродействие – способность системы достаточно быстро реагировать на различные воздействия;

Качество динамических процессов – обеспечение определенных закономерностей их протекания во времени;

Энергетическая эффективность – любой процесс преобразования и передачи энергии сопровождается потерями. Неоправданно большие потери – это зря затраченные энергетические ресурсы и труды людей по превращению их в энергию;

Совместимость электропривода с системой электроснабжения;

Ресурсоемкость – материалоемкость и энергоемкость, заложенная в конструкцию и технологию производства, трудоемкость изготовления,

наладки, ремонта, эксплуатации. Этот показатель – самый сложный, комплексно связан как с предыдущими показателями, так и с уровнем технологии, экономической ситуацией и другими факторами.

Выбор двигателя для проектируемого электропривода включает в себя:

- выбор по роду тока и напряжению;
- выбор по конструкции (исполнению);
- выбор по мощности.

1.3 ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПО РОДУ ТОКА, НАПРЯЖЕНИЮ И ПРИНЦИПУ ДЕЙСТВИЯ

В связи с развитием техники преобразования одного рода электрического тока в другой, в ряде случаев, для получения более качественных результатов технологического процесса целесообразно выбирать параметры источника электроснабжения. Эта задача должна решаться на основе технико-экономических сравнений вариантов.

При выборе рода тока в первую очередь оценивают требования технологии к диапазону и качеству изменения скоростей рабочих органов машины. При потребности в глубоком и плавном регулировании предпочтение следует отдавать двигателям постоянного тока. Подобные приводы используются в мобильных кормораздатчиках, а также на испытательных стендах.

При ступенчатом регулировании или незначительном его диапазоне предпочтительны электродвигатели, работающие на переменном токе. В этих случаях возникает вопрос, какими средствами обеспечить изменение частоты вращения двигателя? Возможны варианты: регулирование за счет параметров двигателя или за счет параметров питающего напряжения, то есть, приходится решать вопрос о предварительном выборе, точнее об оценке преобразовательного устройства. В ряде случаев здесь подбирают необходимое передаточное звено.

Следует отметить, что выбор рода тока практически предварительно определяет структуру подключения двигателя к сети. Эта задача должна решаться на основе технико-экономического сравнения вариантов структурных схем.

Если же привод нерегулируемый, то предпочтение следует отдать двигателям переменного тока.

При выборе частоты тока приходится учитывать технологическое назначение машины (механизма). Если речь идет о переносных инструментах (стригальные машинки, дрели, гайковерты и пр.), то предпочтение следует отдать повышенной частоте, так как при этом значительно улуч-

шаются массо-габаритные характеристики инструмента. Если машина стационарная или мобильная, но не переносная, то обычно принимают стандартную частоту сети 50 Гц.

При выборе напряжения можно рекомендовать следующий подход: для постоянного тока использовать стандартные значения 12, 24, 48, 110 и 220 В, а для переменного тока - систему 380/220 В. Однако для привода машин и механизмов, у которых возможен затяжной разгон, необходимо для облегчения запуска применять переключение обмоток двигателя со звезды на треугольник. В последнем случае следует рекомендовать электродвигатель, обмотки которого рассчитаны на напряжение 660/380 В. Для электродвигателей мощностью более 400 кВт, используемых в системе орошения, напряжения питающей сети принимают 6...10 кВ.

Под рациональной структурой электропривода машины подразумевается число двигателей, необходимых для привода рабочих органов, сокращение числа передаточных звеньев, обеспечивающее повышение надежности, экономичности системы электропривод - рабочая машина.

Очевидно, возникает необходимость сравнивать варианты структурных схем привода. Исходными материалами к этому этапу служат кинематическая и энергетическая характеристики. На основе совместного их анализа выявляют основные энергетические узлы агрегата (машины) и решают задачу либо обеспечить привод каждого узла, в ряде случаев группы узлов, самостоятельными приводами, либо осуществить привод сложной машины от одного электродвигателя. В первом случае привод многодвигательный, во втором - одиночный.

При одиночном приводе усложняется кинематика машины, снижается надежность и увеличиваются эксплуатационные затраты. При многодвигательном варианте существенно возрастают капитальные вложения. Следует заметить, что приведенные рассуждения справедливы для агрегатов и машин, имеющих группу рабочих органов (механизмов). Например, измельчитель кормов «Волгарь-5» включает в себя два рабочих органа для измельчения кормов и питающий транспортер, приводимые от одиночного двигателя. Кинематика машины достаточно разветвлена и, очевидно, далека от рациональной.

При наличии одного рабочего органа задача значительно упрощается, так как снимается вопрос о числе электродвигателей. Наиболее рациональное решение достигается при непосредственном соединении двигателя и рабочей машины. Этот вариант возможен лишь в редких случаях, так как рабочие скорости исполнительных механизмов большинства сельскохозяйственных машин не совпадают со стандартной частотой вращения электродвигателей, в последних случаях возникает задача по выбору частоты вращения вала двигателя и оптимальному передаточному числу.

Частота вращения вала электродвигателя определяет массогабаритные характеристики двигателя. Чем она ниже, тем больше масса и габаритные размеры. С другой стороны, чем она выше, тем большим коэффициентом передачи должно обладать передаточное звено при одинаковых скоростях рабочего органа. Поэтому при выборе оптимального передаточного звена необходимо также рассматривать различные варианты системы двигатель - передаточное звено, добиваясь наилучших энергетических показателей привода в целом.

В общем случае эту задачу можно решить путем сравнения коэффициентов полезного действия передач, выбирая наибольший.

Для зубчатых передач:

$$\eta = \eta_{\text{ш}} \left[1 - \mu \pi \left(\frac{1}{Z_1} - \frac{1}{Z_2} \right) \right]$$

где $\eta_{\text{ш}}$ – КПД соединений, принимаемый в пределах от 0,94 до 0,99;

μ – коэффициент трения, равный 0,03...0,15;

Z_1 и Z_2 – число зубьев малого и большого колес.

Для ременной передачи:

$$\eta_{\text{р.п.}} = \eta_{\text{с}} \eta_{\text{р}} \eta_{\text{в}}$$

где $\eta_{\text{с}}$ – КПД, учитывающий потери на скольжение и принимаемый равным 0,98;

$\eta_{\text{р}}$ – КПД, учитывающий потери в ремне и равный 0,98;

$\eta_{\text{в}}$ – КПД, учитывающий потери на трение о воздух и равный 0,99.

Обычно частоту вращения вала двигателя принимают 1000...1500 об/мин, а затем решают вопрос о наиболее выгодном передаточном звене. При этом необходимо в первую очередь рассматривать варианты по использованию мотор-редукторов, а уже в дальнейшем варианты с применением других типов передач: ременных, цепных, редукторных, фрикционных.

Необходимо заметить, что в тех случаях, когда передаточное звено наряду с основными функциями выполняет и другие, например, облегчает разгон системы за счет фрикционных свойств различного типа муфт или служит для изменения скольжения системы в процессе работы (электромагнитные или фрикционные муфты), технико-экономический анализ вариантов проводится с учетом всех элементов привода.

1.4 ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПО КОНСТРУКТИВНОМУ ИСПОЛНЕНИЮ

При выборе электродвигателей по конструктивному исполнению учитывается режим работы электропривода и условия эксплуатации оборудования, под которым следует понимать условия окружающей среды (содержание пыли, коррозионно-активных элементов, взрыво- и пожароопасных смесей и т.д.), воздействие климатических факторов.

**Таблица 1.1 – Характеристика климатических исполнений
электрических машин**

Буквенное обозначение		Климатическое исполнение для микроклиматического района с климатом
Русское	Латинское	
У	N	умеренным
УХЛ	NF	умеренным и холодным
Т	N	как сухим, так и влажным тропическим
М	M	умеренно холодным морским
ОМ	MU	как умеренно холодным, так и тропическим морским

Изделия исполнений У, УХЛ и Т предназначены для эксплуатации на суше, реках и озерах, М и ОМ предназначены для эксплуатации в районах с морским климатом.

В зависимости от места размещения при эксплуатации в воздушной среде на высотах до 4300 метров, электрические машины изготавливают по категориям размещения.

Таблица 1.2 – Категории размещения оборудования

Обозначение категории	Характеристика категории изделия для эксплуатации
1	на открытом воздухе (воздействие совокупности климатических факторов, характерных для данного микроклиматического района)
2	под навесом или в помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе, но нет прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков
3	в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры, влажности воздуха, воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе
4	в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями
5	в помещениях с повышенной влажностью

Электрические машины выпускаются в защитных оболочках, обеспечивающих защиту обслуживающего персонала, а так же самой машины от попадания в нее посторонних предметов. Для обозначения степени защиты применяются латинские буквы IP (International Protection) и следующие за ними две цифры (ГОСТ 14254-80). Первая цифра обозначает степень защиты персонала от соприкосновения с находящимися под напряжением частями или приближения к ним и от соприкосновения с движущимися частями, расположенными внутри оболочки, а так же степень защиты машины от попадания внутрь нее твердых посторонних тел таблица 1.3.

Таблица 1.3 – Степень защиты электрических машин от попадания твердых тел

Первая цифра	Степень защиты	
	Краткое описание	Определение
0	защита отсутствует	специальная защита отсутствует
1	защита от твердых тел размером более 50 мм	защита от проникновения внутрь оболочки большого участка поверхности тела (например, рука) и проникновения твердых тел размером свыше 50 мм
2	защита от твердых тел размером более 12 мм	защита от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной не более 80 мм от проникновения твердых тел размером свыше 12 мм
3	защита от твердых тел размером более 2,5 мм	защита от проникновения внутрь оболочки инструментов, проволоки и т.д. толщиной более 2,5 мм и проникновения твердых тел размером свыше 2,5 мм
4	защита от твердых тел размером более 1 мм	защита от проникновения внутрь оболочки проволоки и твердых тел размером свыше 1 мм
5	защита от пыли	проникновение внутрь оболочки пыли не предотвращено полностью, однако пыль не может проникать в количестве достаточным для нарушения работы изделия
6	пыленепроницаемость	проникновение внутрь оболочки пыли предотвращено полностью

Вторая цифра обозначает степень защиты от попадания воды таблица 1.4.

Таблица 1.4 – Степень защиты электрических машин от попадания воды

Вторая цифра	Степень защиты	
	Краткое описание	Определение
0	защита отсутствует	специальная защита отсутствует
1	защита от капель воды	капли воды, вертикально попадающие на оболочку не должны оказывать вредного воздействия на изделие
2	защита от капель воды при наклоне до 15°	капли воды, вертикально попадающие на оболочку при наклоне изделия на любой угол до 15° относительно нормального положения, не должны оказывать вредного воздействия на изделие
3	защита от дождя	дождь, падающий на оболочку под углом 60° от вертикали, не должен оказывать вредного воздействия на изделие
4	защита от брызг	вода, разбрызгиваемая на оболочку в любом направлении, не должна оказывать вредного воздействия на изделие
5	защита от водяных струй	струя воды, выбрасываемая в любом направлении на оболочку, не должна оказывать вредного воздействия на изделие
6	защита от волн воды	вода при волнении не должна попасть внутрь оболочки в количестве, достаточном для повреждения изделия
7	защита при погружении в воду	вода не должна проникать в оболочку, погруженную в воду, при определенных условиях давления и времени в количестве, достаточном для повреждения изделия
8	защита при длительном погружении в воду	изделия пригодны для длительного погружения в воду при условиях, установленным изготовителем

Электродвигатели, устанавливаемые в помещениях с нормальной средой, как правило, должны иметь исполнение IP20. При установке электродвигателей на открытом воздухе они должны иметь исполнение не ниже IP44. В случае эксплуатации электродвигателей в помещениях, где могут иметь место химически активные пары или газы, возможно оседание на обмотках пыли и других веществ, нарушающих естественное охлаждение, исполнение должно быть не менее IP44 или необходимо продуваемое исполнение с подводом чистого воздуха. Корпус продуваемого электродвигателя, воздуховоды, все сопряжения и стыки должны быть тщательно уплотнены для предотвращения присоса воздуха в систему вентиляции. При продуваемом исполнении электродвигателя рекомендуется предусматривать задвижки для предотвращения всасывания окружающего воздуха при остановке электропривода.

Электродвигатели, устанавливаемые в сырых или особо сырых местах, должны иметь исполнение не менее IP43 и изоляцию, рассчитанную на действие сырости и пыли (со специальной обмазкой, влагостойкую и т.д.).

Соответствие защиты по системе ПУЭ и IP

Открытое – IP 00;

Защищенное – IP 10, 20, 30, 40, 11, 12, 33, 44;

Водозащищенное – IP 55, 56, 65, 66;

Брызгозащищенное – IP 34, 44, 54;

Каплезащищенное – IP01, 11, 21, 31, 41, 51, 12, 22, 32, 42, 13, 23, 33, 43;

Пылезащищенное – IP 50, 51, 54, 55, 56, 65, 66, 67, 68;

Закрытое – IP 44, 54;

Термическое – IP 60, 65, 66, 67, 68;

Взрывозащищенное – IP 55, 56, 57, 58;

Герметическое – IP 65, 66, 67, 68.

Особое внимание необходимо обращать на выбор исполнения двигателей для установок, размещаемых в пожароопасных и взрывоопасных зонах.

Таблица 1.5 – Классификация пожароопасных зон

Класс зоны	Условия, определяющие класс зоны	Применяемое электрооборудование
П-I	зоны в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C	брызгозащищенное, закрытое, закрытое обдуваемое и продуваемое
П-II	зоны в помещениях, в которых выделяются горючие пыли или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м ³ к объему воздуха	закрытое, закрытое обдуваемое и продуваемое
П-IIa	зоны в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества	защищенное или брызгозащищенное
П-III	зоны вне помещений, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C или твердые горючие вещества	закрытое или закрытое обдуваемое

Пожароопасной зоной называется пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества и в котором могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях. Классификация пожароопасных зон приведена в таблице 1.5. В пожароопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины с классами

напряжения до 10 кВ при условии, что их оболочки имеют степень защиты не менее IP44. Лишь в зонах класса П-II в случае использования искрящих машин или с искрящими по условиям работы частями степень защиты оболочки должна быть IP 54. В пожароопасных зонах любого класса могут применяться электрические машины, продуваемые чистым воздухом по замкнутому и разомкнутому циклам. В последнем случае выброс отработанного воздуха в пожароопасную зону не допускается.

Взрывоопасной – является помещение или ограниченное пространство в помещении или наружной установке, в котором имеются или могут образоваться взрывоопасные смеси. Под последними понимаются смеси с парами горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), горючих частиц пыли или волокон с нижним концентрационным пределом воспламенения не более 65 г/м^3 при переходе их во взвешенное состояние, которые при определенной концентрации способны взрываться при возникновении источника инициирования взрыва. Классификация взрывоопасных зон приведена в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Классификация взрывоопасных зон

Класс зоны	Условия, определяющие класс зоны	Применяемое электрооборудование
В-I	зоны в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы	взрывоопасное
В-Ia	зоны в помещениях, в которых опасные состояния характерные для зон класса В-I, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей	повышенной надежности против взрыва
В-Iб	зоны в помещениях, в которых опасные состояния характерные для зон класса В-I, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей имеющих следующие особенности: 1) горючие газы обладают высоким нижним концентрированным пределом воспламенения (1% и более) и резким запахом; 2) помещения производств, связанных с газообразным водородом, в которых исключается образование взрывоопасной смеси в объеме, превышающим 5% свободного объема помещения; 3) зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ имеются в небольших количествах, недостаточных для создания взрывоопасной смеси в зоне, превышающей 5% свободно-	без средств взрывозащиты, оболочка со степенью защиты не менее IP44

	го объема помещения, причем работа проводится без применения открытого пламени	
В-Iг	пространства у наружных установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ	повышенной надежности против взрыва
В-II	зоны в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие частицы пыли или волокон в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы	взрывобезопасное
В-IIа	зоны в помещениях, в которых опасные состояния характерные для зон класса В-II, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей	без средств взрывозащиты, оболочка со степенью защиты IP54

Для эксплуатации во взрывоопасных зонах следует применять специальное взрывозащищенное оборудование, выпускаемое промышленностью. Установлены следующие уровни взрывозащиты электрооборудования:

электрооборудование повышенной надежности против взрыва – взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается только в признанном нормальном режиме работы, знак уровня – 2;

взрывобезопасное электрооборудование – взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при признанных вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме повреждения средств взрывозащиты, знак уровня – 1;

особовзрывобезопасное электрооборудование – в котором по отношению к взрывоопасному электрооборудованию приняты дополнительные средства взрывозащиты, знак уровня – 0.

Взрывоопасное оборудование может иметь следующие виды взрывозащиты:

- d – взрывопроницаемая оболочка;
- p – заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением защитным газом;
- i – искробезопасная электрическая цепь;
- q – кварцевое заполнение оболочки с токоведущими частями;
- o – масляное заполнение оболочки с токоведущими частями;
- s – специальный вид взрывозащиты;
- e – защита вида «е».

1.5 ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПО МОЩНОСТИ

1.5.1 Основные критерии выбора электродвигателей по мощности

Задача правильного выбора мощности электродвигателя связана с одной стороны с необходимостью безусловного обеспечения требований технологии, с другой стороны – с обеспечением надежности его продолжительной работы, а также с выполнением требований энергосбережения.

При выборе электродвигателя заниженной мощности:

- нарушается нормальный режим рабочей машины;
- снижается ее производительность;
- возникают аварии;
- электродвигатель преждевременно выходит из строя.

При выборе электродвигателя завышенной мощности:

- снижаются энергетические показатели η и $\cos\varphi$;
- увеличиваются капитальные затраты;
- повышаются потери энергии;
- преждевременно выходит из строя рабочая машина;
- увеличиваются затраты на ремонт.

Если длительная нагрузка электродвигателя больше номинальной, то выше потери энергии, двигатель перегревается, снижается механическая прочность изоляции обмоток и как следствие снижается их электрическая прочность, повышается вероятность пробоя изоляции. Таким образом, основным критерием выбора электродвигателя по мощности является температура его обмоток, его нагрев. Номинальная нагрузка электродвигателя определяется заводом-изготовителем из условий нагрева. Существует «восьмиградусное правило» - повышение температуры изоляции от номинальной на 8–10°C сокращает срок службы изоляции в два раза.

Задача выбора электродвигателя по мощности осложняется тем, что нагрузка на его валу в процессе работы, как правило, изменяется во времени $P_{pm} = f(t)$, вследствие чего изменяются греющие потери и температура двигателя.

Если выбирать двигатель $P_{дв} = P_{max\ pm}$, то при снижении нагрузки двигатель не будет использован по мощности. Очевидно, что недопустимо выбирать номинальную мощность $P_{дв} = P_{min\ pm}$.

Для обоснования выбора мощности электродвигателя нужно знать характер изменения нагрузки во времени. Для рабочих машин, работающих в циклических режимах, строится нагрузочная диаграмма $P_{pm} = f(t)$ или $M_c = f(t)$ или $F_c = f(t)$ за цикл работы, которая позволяет судить об изменении потерь в электродвигателе, что в свою очередь позволяет снизить его температуру при известном характере процесса нагрева.

Данный подход позволяет выбрать электродвигатель таким образом, чтобы минимальная температура изоляции обмоток не превышала допустимого значения. Это условие является одним из основных критериев для обеспечения надежной работы электропривода в течение всего срока его эксплуатации.

Второе условие выбора электродвигателя по мощности заключается в том, что его перегрузочная способность должна быть достаточной для устойчивой работы электропривода в периоды максимальной загрузки.

1.6.2 Основы теории нагрева и охлаждения электродвигателей

Потери энергии в электродвигателе вызывают его нагрев. Допустимый нагрев определяется нагревостойкостью используемых изоляционных материалов. Чем выше нагревостойкость, тем при одинаковой мощности меньше размеры электродвигателя или же при таких размерах можно увеличить его мощность. Для более эффективного использования электродвигателя необходима система охлаждения.

Изоляционные материалы, которые используются в электрических машинах, делятся на следующие основные классы нагревостойкости:

Класс А – к этому классу относятся хлопчатобумажные ткани, пряжа, бумага, волокнистые материалы из целлюлозы и шелка, пропитанные или погруженные в жидкий диэлектрик. Допустимая предельная температура 105°C .

Класс Е – этот класс включает синтетические эмали (для изоляции проводов) на основе полиэфирных эпоксидных и подобных смол, синтетические органические пленки и т.п., синтетические материалы. Допустимая предельная температура нагрева 120°C .

Класс В – к этому классу относятся слюда, асбест, стеклянное волокно и другие неорганические материалы со связывающими материалами органического происхождения. Допустимая предельная температура нагрева 130°C .

Класс F – к этому классу относятся слюда, асбест, стеклянное волокно и другие неорганические материалы со связывающими материалами органического происхождения, сочетающиеся с синтетическими связующими и пропитывающими составами, модифицированными кремнийорганическими соединениями. Допустимая предельная температура нагрева 155°C .

Класс H – к этому классу относятся слюда, асбест, стеклянное волокно и другие неорганические материалы со связывающими материалами органического происхождения в сочетании с кремнийорганическими

связующими и пропитывающими составами. Допустимая предельная температура нагрева 180°C.

Класс С – данный класс включает слюду, керамические материалы, стекло, кварц, применяемые с неорганическими связующими состава или без связующих составов. Допустимая предельная температура нагрева более 180°C.

Соблюдение данных ограничений по допустимой температуре нагрева позволяет обеспечить срок службы электрической машины до 20 лет. Превышение допустимых температур ведет к снижению свойств изоляционных материалов и как следствие к сокращению срока службы электродвигателя.

Предельные значения температуры для различных классов изоляции, достигаются при номинальной нагрузке и температуре окружающей (охлаждающей) среды 40°C и при высоте над уровнем моря до 1000 м.

Необходимо отметить, что для электродвигателей нормируется не допустимая температура обмотки и других частей машины, а допустимое превышение температуры обмотки над температурой окружающей среды.

Уравнение теплового баланса электродвигателя при неизменной нагрузке имеет вид:

$$Q = A\tau dt + Cd\tau,$$

где Q – количество теплоты (мощность потерь в электродвигателе) выделяемое электродвигателем в единицу времени, Дж/с;

A – теплоотдача электродвигателя – количество теплоты отдаваемой двигателем в охлаждающую среду в единицу времени при разности температур в 1°C, Дж/(с·°C);

τ – превышение температуры электродвигателя над температурой охлаждающей среды, °C, равно:

$$\tau = \theta_d - \theta_{oc},$$

где θ_d, θ_{oc} – температура электродвигателя и охлаждающей среды;

C – теплоемкость электродвигателя – количество теплоты, необходимое для повышения температуры электродвигателя на 1°C, Дж/°C.

Решив уравнение теплового баланса относительно τ получим:

$$\tau = \tau_y (1 - e^{-t/T_n}) + \tau_o e^{-t/T_n},$$

где τ_y, τ_o – конечное (установившееся) и начальное значения превышения температуры электродвигателя над температурой окружающей среды:

$$\tau_y = Q / A.$$

T_n – постоянная времени нагрева электродвигателя – время, в течение которого превышение температуры от $\tau = 0$ достигло бы установившегося значения τ_y при $Q = \text{const}$ и отсутствии теплоотдачи в окружающую среду,

$$T_n = C / A.$$

Если $\tau_o = 0$, то формула примет вид:

$$\tau = \tau_y (1 - e^{-t/T_n})$$

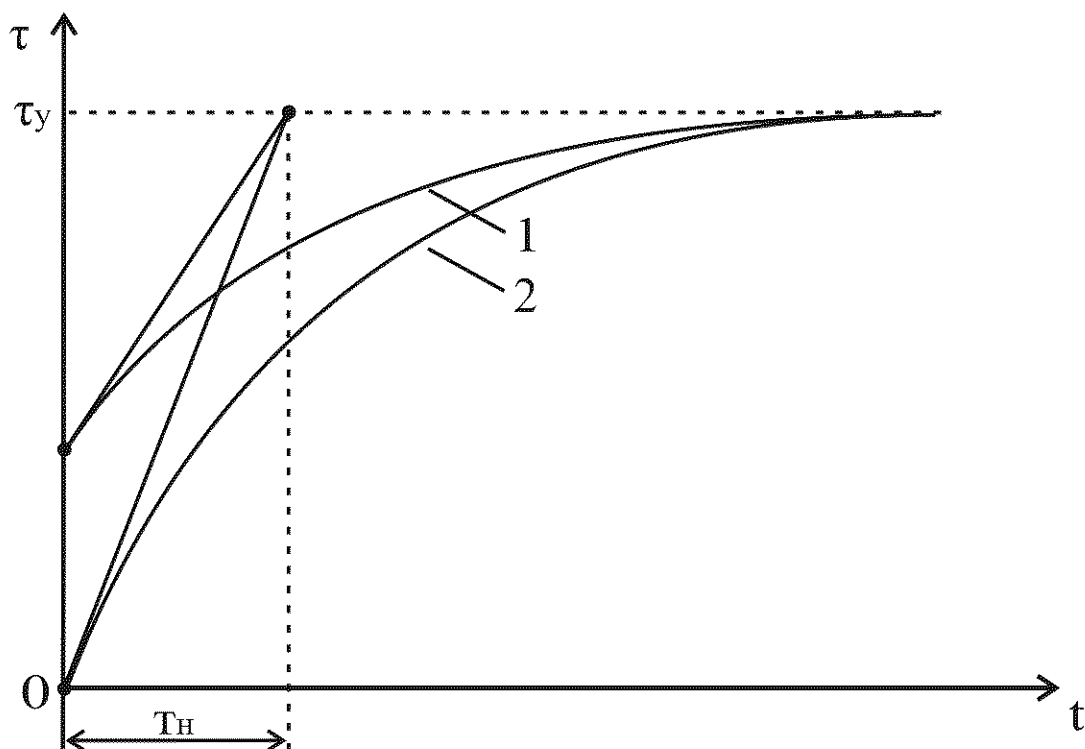


Рисунок 1.1 – Кривые нагрева электродвигателя

Кривая 1 соответствует $\tau_o > 0$, кривая 2 для $\tau_o = 0$ при одной и той же нагрузке.

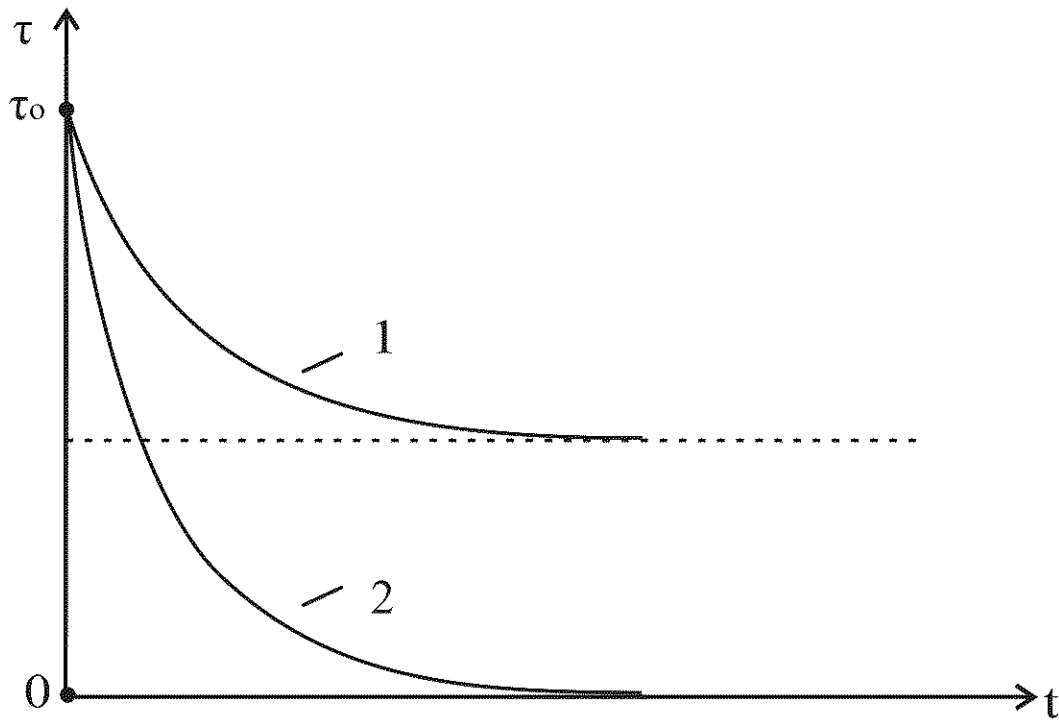


Рисунок 1.2 – Кривые охлаждения электродвигателя

На рисунке 1.2 кривая 1 соответствует уменьшению нагрузки, а кривая 2 отключению электродвигателя от сети.

Если предположить, что процесс нагрева электродвигателя происходит без отдачи теплоты в окружающую среду, то превышение температуры изменяется по линейному закону. Откуда следует, что постоянная времени нагрева (охлаждения) электродвигателя равна отрезку, заключенному между перпендикуляром к оси абсцисс, проведенным через точку касания, касательной к кривой $\tau(t)$, и точкой пересечения этой касательной с асимптотой.

Реально же вследствие теплоотдачи электродвигателя за время T_n превышение температуры электродвигателя достигает значения

$$\tau = 0,632\tau_y.$$

Время нагрева электродвигателя до установившейся температуры равно бесконечности. Нагрев электродвигателя можно считать законченным, в том случае если превышении температуры достигает значения $(0,95-0,98)\tau_y$ через время от начала нагрева, равное $(3-4)T_n$.

1.5.3 Классификация режимов работы двигателей по условиям нагрева

В процессе работы электропривода его температура увеличивается через $t = (3...4)T_n$ достигает установившегося значения, т.е. когда количество тепла, которое выделяется электродвигателем, будет равно количеству тепла, отдаваемого в окружающую среду. Это возможно при продолжительном режиме работы с постоянной нагрузкой.

Условия работы производственных механизмов обуславливают различные режимы работы электроприводов, которые классифицируются на восемь режимов с условными обозначениями от S1 до S8, что позволяет точно рассчитать мощность электродвигателя.

S1 – продолжительный номинальный режим работы электродвигателя. Режим работы электродвигателя при неизменной нагрузке, продолжающейся столько времени, что превышения температуры всех ее частей достигают установившихся значений.

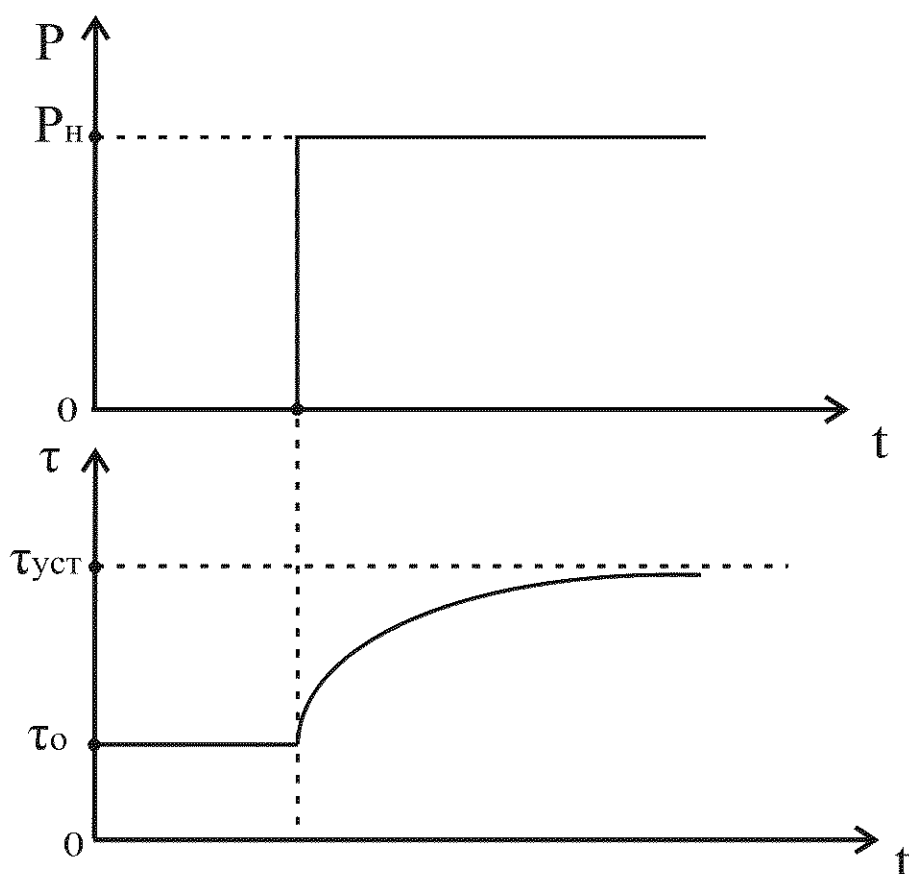


Рисунок 1.3 – Зависимость мощности на валу электродвигателя и температуры от времени в режиме S1

S2 – кратковременный номинальный режим работы электродвигателя. Режим работы электродвигателя, при котором периоды неизменной номинальной нагрузки чередуются с периодами отключения машины. Пе-

риоды нагрузки не настолько длительны, чтобы превышения температуры машины могли достигнуть установившихся значений, а периоды остановки настолько длительны, что все ее части охлаждаются до температуры окружающей среды. Рекомендуемые продолжительности рабочего периода 10, 30, 60, и 90 мин.

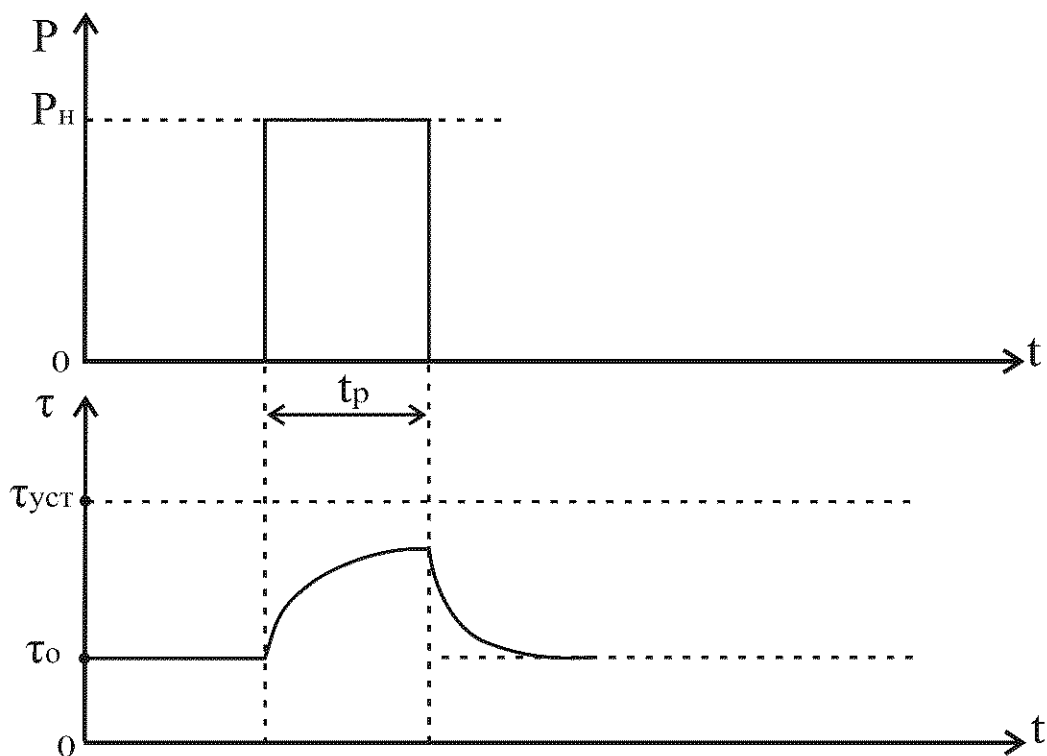


Рисунок 1.4 – Зависимость мощности на валу электродвигателя и температуры от времени в режиме S2

S3 – повторно-кратковременный номинальный режим работы электродвигателя. Режим работы электродвигателя, при котором кратковременные периоды неизменной номинальной нагрузки (рабочие периоды) чередуются с периодами отключения машины (паузами), причем как рабочие периоды, так и паузы не настолько длительны, чтобы превышения температуры могли достигнуть установившихся значений.

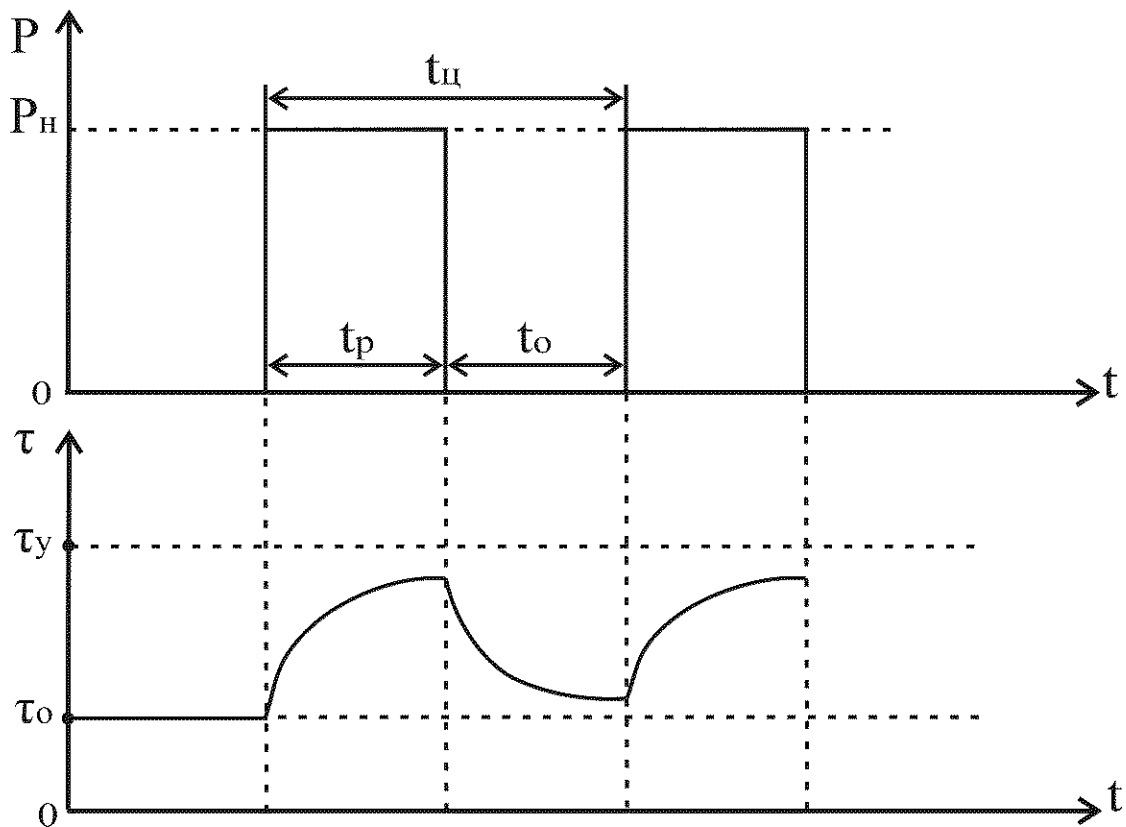


Рисунок 1.5 – Зависимость мощности на валу электродвигателя и температуры от времени в режиме S3

В этом режиме работы продолжительность цикла не превышает 10 мин., и режим характеризуется относительной продолжительностью включения, $ПВ = 15, 25, 40$ и 60% , которая определяется по формуле:

$$ПВ = \frac{t_p}{t_p + t_o} \cdot 100 = \frac{t_p}{t_o} \cdot 100$$

где t_p – время работы, с;
 t_o – время паузы, с;
 $t_ц$ – время цикла, с.

Пусковые потери в этом режиме практически не оказывают влияние на превышение температуры частей машины.

S4 – повторно-кратковременный режим работы электродвигателя с частыми пусками. Режим работы электродвигателя, при котором периоды пуска и кратковременной неизменной номинальной нагрузки чередуются с периодами отключения машины, причем как рабочие периоды, так и паузы не настолько длительны, чтобы превышения температуры частей машины могли достигнуть установившихся значений. В данном режиме

пусковые потери оказывают существенное влияние на превышение температуры частей машины. Данный режим характеризуется относительной продолжительностью включения, числом пусков в час и коэффициентом инерции привода. Относительная продолжительность включения, % определяется по формуле:

$$ПВ = \frac{t_n + t_p}{t_n + t_p + t_o} \cdot 100$$

где t_n – время пуска, с.

Нормируемые значения $ПВ = 15, 25, 40$ и 60% . Нормируемое число пусков в час $30, 60, 120$ и 240 .

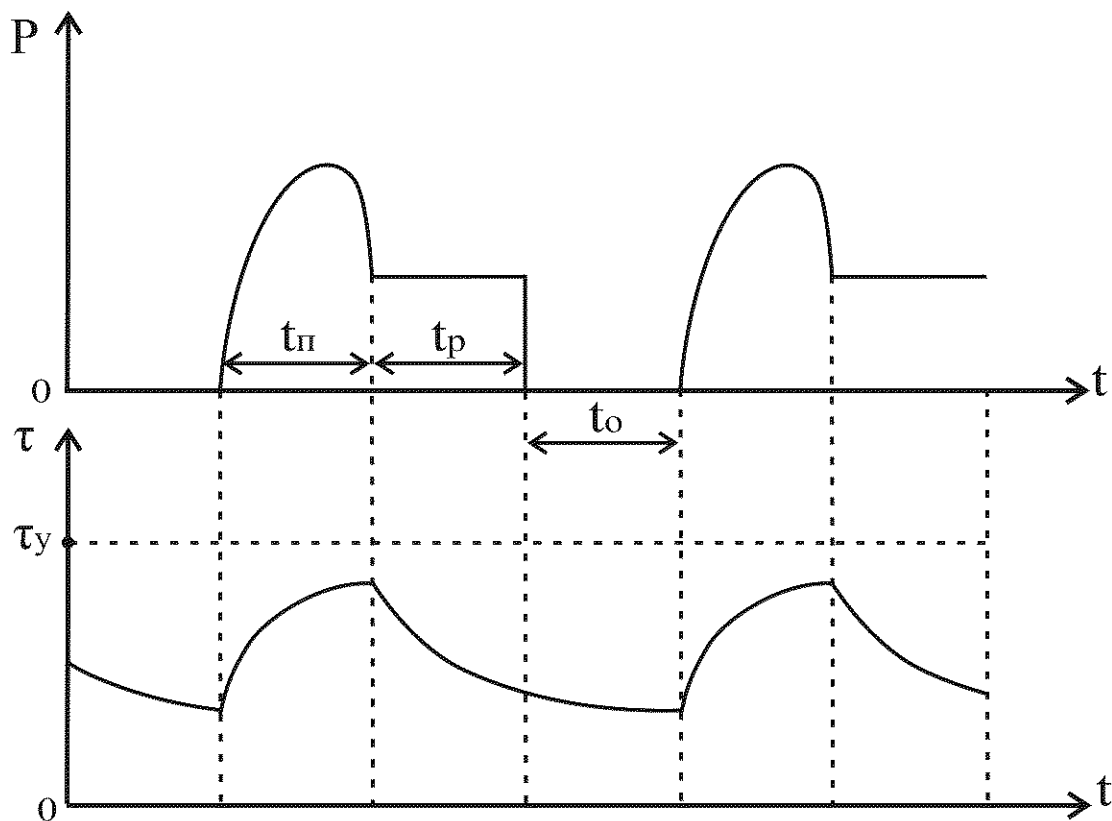


Рисунок 1.6 – Зависимость мощности на валу электродвигателя и температуры от времени в режиме S4

S5 – повторно-кратковременный номинальный режим работы электродвигателя с частыми пусками и электрическим торможением. Режим работы электродвигателя, при котором периоды пуска, кратковременной неизменной номинальной нагрузки и электрического торможения чередуются с периодами отключения машины, причем как рабочие периоды, так и паузы не настолько длительны, чтобы превышения температуры

частей машины могли достигнуть установившихся значений. В этом режиме пусковые потери и при электрическом торможении оказывают существенное влияние на превышение температуры частей машины. Данный режим характеризуется относительной продолжительностью включения, числом пусков в час и коэффициентом инерции. Относительная продолжительность включения, %

$$ПВ = \frac{t_n + t_p + t_m}{t_n + t_p + t_m + t_o} \cdot 100$$

где t_m – время торможения, с.

S6 – перемежающийся номинальный режим работы электродвигателя. Режим работы электродвигателя, при котором кратковременные периоды неизменной номинальной нагрузки (рабочие периоды) чередуются с периодами холостого хода, во время которых электродвигатель не отключается, причем как рабочие периоды, так и периоды холостого хода не настолько длительны, чтобы превышения температуры частей машины могли достигнуть установившихся значений. Продолжительность одного цикла не должна превышать 10 минут. Относительная продолжительность нагрузки, %.

$$ПН = \frac{t_p}{t_p + t_{xx}} \cdot 100$$

где t_{xx} – время холостого хода, с.

Нормируемые значения $ПН = 15, 25, 40, \text{ и } 60\%$.

S7 – перемежающийся номинальный режим работы электродвигателя с частыми реверсами. Режим работы электродвигателя, при котором периоды реверса чередуются с периодами неизменной номинальной нагрузки, причем периоды последней не настолько длительны, чтобы превышения температуры частей машины могли достигнуть установившихся значений. В этом режиме потери при реверсировании оказывают существенное влияние на превышение температуры частей машины, которая работает без остановки, находясь постоянно под напряжением. Данный режим характеризуется числом реверсов в час (30, 60, 120, и 240) и коэффициентом инерции.

S8 – перемежающийся номинальный режим работы электродвигателя с двумя или более угловыми скоростями. Режим работы электродвига-

теля, при котором периоды с одной нагрузкой на одной угловой скорости чередуются с периодами работы на другой угловой скорости при соответствующей этой угловой скорости нагрузке. Периоды нагрузки на каждой из угловых скоростей не настолько длительны, чтобы превышения температуры частей машины могли достигнуть установившихся значений. В этом режиме потери при переходе с одной угловой скорости на другую оказывают существенное влияние на превышения температуры частей машины. Данный режим с двумя или более угловыми скоростями характеризуется числом циклов в час, коэффициентом инерции и относительной продолжительностью нагрузки. Нормируемые значения числа циклов в час: 30, 60, 120, 240; коэффициента инерции: 1,2; 1,6; 2; 2,5; 4.

Режимы S1–S3 являются в настоящее время основными, номинальные данные на которые включаются в паспорт электродвигателя и каталоги. Номинальные режимы S4–S8 введены для того, чтобы впоследствии упростить задачу выбора мощности произвольного режима, расширив номенклатуру последних. В настоящее время эти режимы не нормируются.

1.5.4 Выбор мощности двигателя для различных режимов работы

Выбор электродвигателя при работе в режиме S1

Электропривод работает в режиме S1, если длительность действия нагрузки превышает $(3-4)T_n$ при этом нагрузка может быть неизменная либо изменяется циклически при времени цикла $T_{\text{ц}} > 10$ минут. В этом цикле целесообразно выбирать электродвигатель, для которого режим S1 является номинальным. При неизменной статической нагрузке должны выполняться условия:

$$M_c \leq M_{\text{ном}}; P_c \leq P_{\text{ном}}$$

где M_c, P_c – момент и мощность статической нагрузки, Н·м, Вт;
 $M_{\text{ном}}, P_{\text{ном}}$ – момент и мощность, развиваемые электродвигателем при номинальном режиме S1, Н·м, Вт.

При циклическом характере нагрузки и $T_{\text{ц}} \leq T_n$ условия выбора электродвигателя следующие:

$$M_{\text{э}} \leq M_{\text{ном}}; P_{\text{э}} \leq P_{\text{ном}}$$

Если при циклическом характере нагрузки отдельные участки работы столь продолжительны, что $t_p > (3-4)T_n$, то выбор электродвигателя следует осуществлять по условиям максимальной нагрузки.

$$M_{c \max} \leq M_{\text{ном}}; P_{c \max} \leq P_{\text{ном}},$$

где $M_{c \max}$, $P_{c \max}$ – максимальные значения момента и мощности статической нагрузки.

Выбранный двигатель должен быть проверен по условиям пуска,

$$M_{II} > M_{c \max}$$

а при циклической нагрузке ($T_{ц} < T_{н}$) и по перегрузочной способности.

$$M_{\max \text{ доп}} = \lambda M_{н} > M_{c \max}$$

Выбор электродвигателя при работе в режиме S2

Для электроприводов, работающих в режиме S2, целесообразно выбирать электродвигатели, предназначенные для работы в режиме S1, так как последние, как правило, обладают ограниченной перегрузочной способностью, в связи, с чем в данном случае они недоиспользуются по нагреву.

При выборе же электродвигателей, предназначенных для работы в режиме S2, приходится сталкиваться с тем, что время работы не совпадает со временем продолжительности кратковременной работы, определенным стандартом 10, 30, 60, и 90 мин. Кроме того, нагрузка электропривода за время работы может изменяться. В этих случаях рассчитываются эквивалентные величины, которые приводятся к стандартному значению продолжительности кратковременной работы $t_{рст}$, ближайшему к реальному значению t_p . При выборе электродвигателя должны соблюдаться следующие условия:

$$M_{\text{э}t_{рст}} = \sqrt{\frac{\sum M_i^2 t_i}{t_{рст}}} \leq M_{\text{ном}t_{рст}}$$

$$P_{\text{э}t_{рст}} = \sqrt{\frac{\sum P_i^2 t_i}{t_{рст}}} \leq P_{\text{ном}t_{рст}}$$

где $M_{\text{э}t_{рст}}$, $P_{\text{э}t_{рст}}$ – эквивалентные значения момента и мощности за время работы электродвигателя t_p , приведенные к ближайшему стандартному значению $t_{рст}$;

$M_{ном\text{рст}}$ $P_{ном\text{рст}}$ – номинальные значения момента и мощности электродвигателя, соответствующие продолжительностью кратковременной $t_{рст}$.

Выбранный электродвигатель также должен быть проверен по условиям пуска и по перегрузочной способности

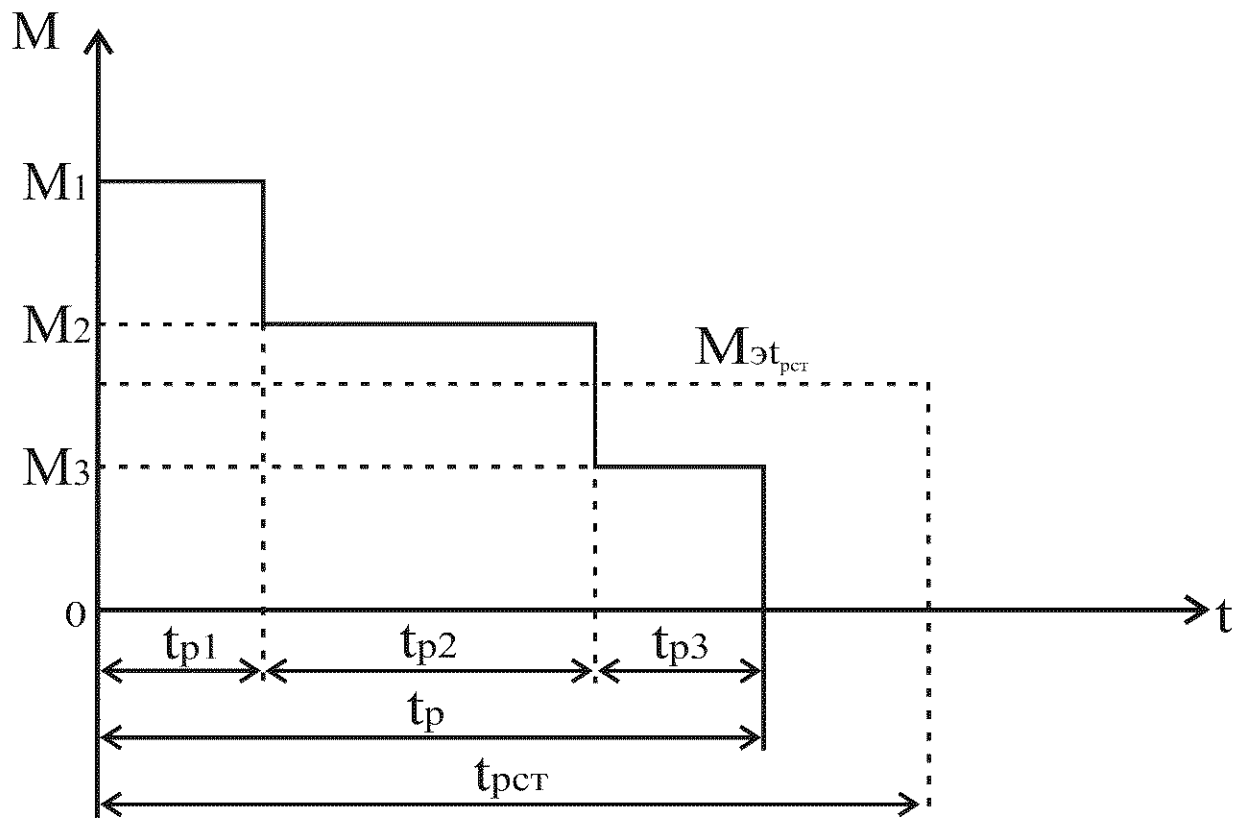


Рисунок 1.7 – К определению $M_{эt_{рст}}$ при работе электропривода в режиме S2

Выбор электродвигателя при работе в режиме S3

Для электроприводов, работающих в режиме S3, целесообразно выбирать электродвигатели, предназначенные для этого режима. Последовательность расчета в этом случае следующая.

По нагрузочной диаграмме определяются: $T_y \leq 10$ мин; относительная продолжительность включения

$$ПВ = \frac{\sum t_{pi}}{t_y} 100\%$$

Приведенные к ближайшему стандартному значению $ПВ_{ст} = 15, 25, 40, 60\%$; эквивалентные значения:

$$M_{\text{эПВ}_{\text{ст}}} = \sqrt{\frac{\text{ПВ} \sum M_i^2 t_{pi}}{\text{ПВ} \sum t_{pi}}}$$

$$P_{\text{эПВ}_{\text{ст}}} = \sqrt{\frac{\text{ПВ} \sum P_i^2 t_{pi}}{\text{ПВ} \sum t_{pi}}}$$

При выборе электродвигателя должны соблюдаться условия:

$$M_{\text{эПВ}_{\text{ст}}} \leq M_{\text{номПВ}_{\text{ст}}}$$

$$P_{\text{эПВ}_{\text{ст}}} \leq P_{\text{номПВ}_{\text{ст}}}$$

где $M_{\text{номПВ}_{\text{ст}}}$, $P_{\text{номПВ}_{\text{ст}}}$ – номинальные значения момента и мощности электродвигателя, соответствующие $\text{ПВ}_{\text{ст}}$.

Выбранный электродвигатель должен так же проверяться по условию пуска и по перегрузочной способности.

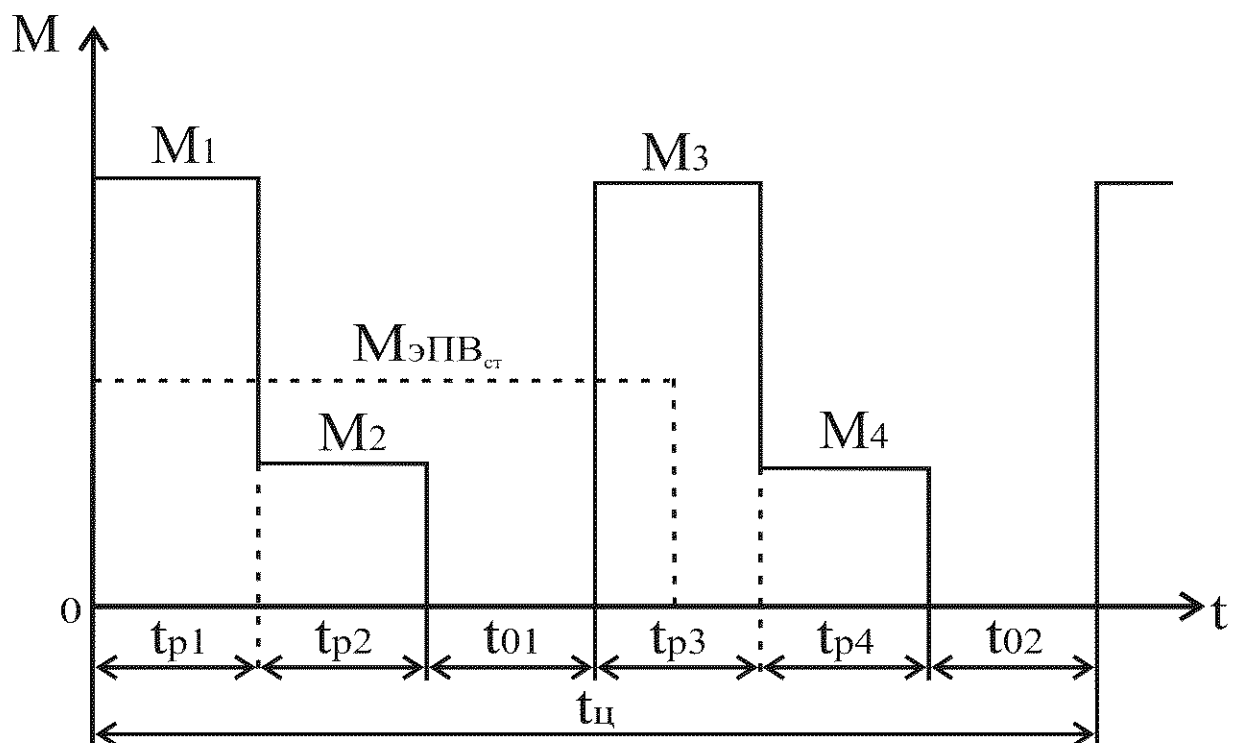


Рисунок 1.8 – К определению $M_{\text{эПВ}_{\text{ст}}}$ при работе электропривода в режиме S3

В ряде случаев при больших значениях $\text{ПВ} > 70-80\%$ возможен выбор электродвигателя, предназначенного для режима S1 для которого следует принять $\text{ПВ} = 100\%$. При этом необходимо использовать метод эквивалентного момента или мощности.

2 МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОПРИВОДА

2.1 РАСЧЕТ РАБОЧИХ МАШИН

2.1.1 Скребковый навозоуборочный транспортер кругового движения с отдельным приводом горизонтальной и наклонной части

Скребковый навозоуборочный транспортер кругового действия ТСН-160А (рисунок 2.1) предназначен для удаления навоза из животноводческих помещений с одновременной погрузкой его в транспортные средства. Система состоит из горизонтального (рисунок 2.1) и наклонного транспортеров, имеющих отдельный привод. Горизонтальный транспортер кроме привода включает в себя замкнутый контур круглозвенной цепи якорного типа, к которой крепят скребки, самонатяжное и поворотные устройства. Цепь приводится в движение посредством клиноременной передачи и двухступенчатого редуктора от электродвигателя. Наклонный транспортер состоит из несущей балки с двумя желобами, в которых движется замкнутая цепь со скребками (унифицирована с цепью горизонтального транспортера), привода (в виде двухступенчатого цилиндрического редуктора, соединенного с электродвигателем), нижнего поворотного сектора, опорной стойки и натяжного винта.

При включении наклонного и горизонтального транспортеров навоз вручную сгребают из стоил и сбрасывают в навозные каналы. Скребки горизонтального транспортера захватывают его и продвигают по дну канала к приемному бункеру наклонного транспортера, рабочий орган которого передвигает навоз по желобу в верхнюю часть и сбрасывает его в кузов транспортного средства, установленного под транспортером.

Один транспортер обслуживает 100...200 коров, размещенных на привязи в два ряда.

Аналогично ТСН-160А отечественная промышленность выпускает марки транспортеров для уборки навоза: ТСН-3,0Б, ТСН-3,0Д, ТР-5, ТСН-2,0Б, которые отличаются производительностью и геометрическими размерами.

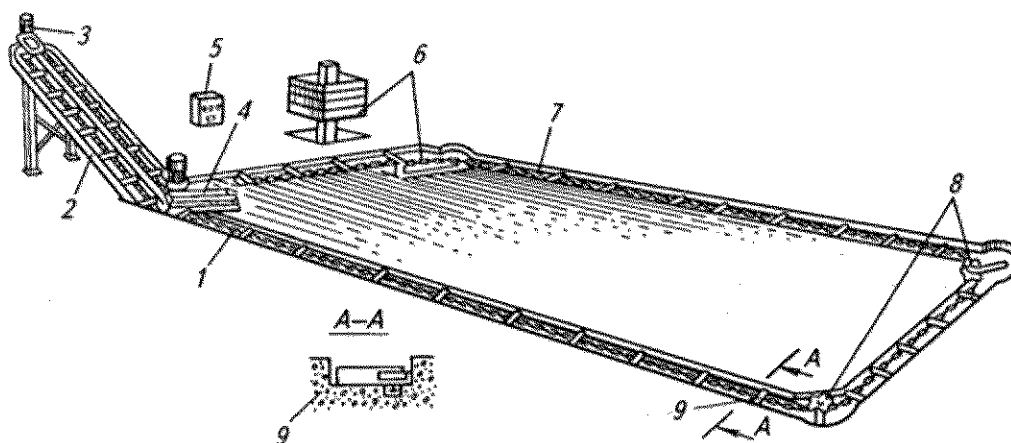


Рисунок 2.1 – Схема скребкового транспортера ТСН-160А:

1 – горизонтальный транспортер; 2 – наклонный транспортер; 3 – привод наклонного транспортера; 4 – привод горизонтального транспортера; 5 – шкаф; 6 – натяжное устройство; 7 – цепь; 8 – поворотные устройства; 9 – скребок

В процессе работы навозоуборочного транспортера нагрузка на валу электродвигателя постоянно изменяется. Она максимальна при пуске и минимальна в конце уборки навоза. Поэтому запуск приводного двигателя осуществляется при максимальной нагрузке, а в конце уборки значение нагрузки определяется моментом сопротивления холостого хода.

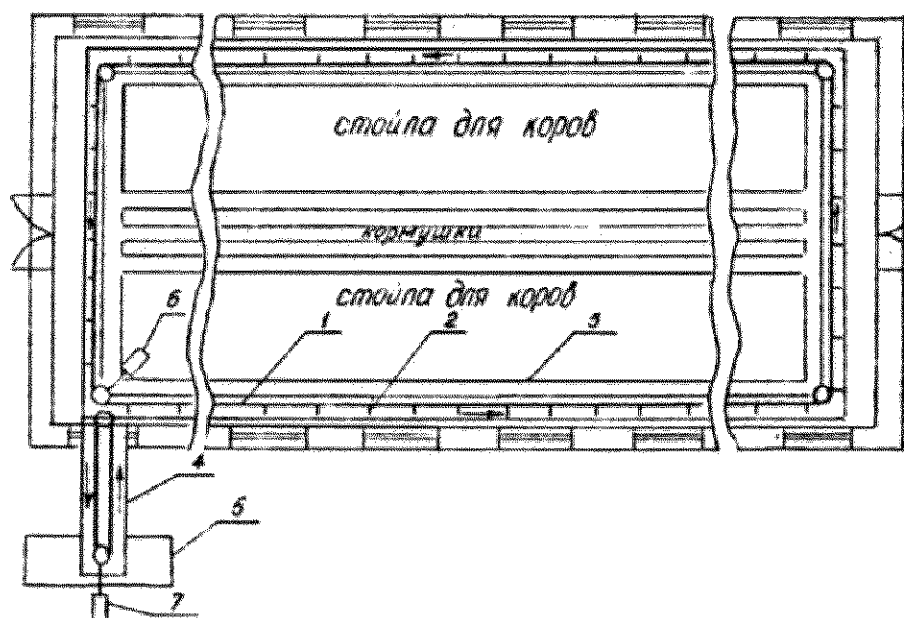


Рисунок 2.2 – Схема расположения в двухрядном коровнике навозоуборочного транспортера ТСН-160А:

1 – транспортерная цепь; 2 – скребки; 3 – навозный канал; 4 – желоб наклонного транспортера; 5 – транспортная тележка; 6 – привод горизонтального транспортера; 7 – привод наклонного транспортера

Для построения нагрузочной диаграммы скребкового навозоуборочного транспортера кругового действия необходимо определить значения усилий, мощностей, моментов и продолжительность их действия как на холостом ходу, так и под нагрузкой.

Навозоуборочный транспортер типа ТСН-160А установлен в двухрядном коровнике (рисунок 2.2). Цепь 1 со скребками 2 горизонтального транспортера движется по каналу 3 и перемещает навоз в сторону наклонного транспортера 4, который подает навоз в транспортную тележку 5. Привод горизонтальной части 6 установлен в месте разгрузки, а наклонной 7 в верхней ее части. Ведущие звездочки транспортерных цепей горизонтального и наклонного транспортера получают вращение от электродвигателей через редукторы. За одну уборку цепь горизонтального транспортера должна сделать 1,05 полного оборота. Зная скорость движения, можно определить время цикла работы транспортеров. В качестве подстилки применяется резаная солома.

Расчетные данные по вариантам приведены в таблице 1 приложения Б. Коэффициенты трения транспортной цепи о стенки навозного канала $f_{цк} = 0,5$ и стенки желоба $f_{цж} = 0,3$ [7].

Коэффициент трения навоза о дно и стенки навозного канала $f_{тн} = 0,96$, а о желоб $f_{тнж} = 0,99$. Сопротивление движения навоза, связанное с заклиниванием его между скребками и стенками канала или желоба, приходящиеся на один скребок, равно 15 Н. Давление навоза о боковые стенки канала или желоба равно половине его веса.

Расчет горизонтального транспортера

Для построения нагрузочной диаграммы скребкового транспортера необходимо определить значения усилий, моментов, потребленных мощностей, как под нагрузкой, так и на холостом ходу:

$$F_{xx} = 9,81m_{ц}L_{цг}f_{ц},$$

где $m_{ц}$ – масса одного погонного метра цепи, кг/м;

$L_{цг}$ – длина цепи горизонтального транспортера, м;

$f_{ц}$ – коэффициент трения цепи по деревянному настилу.

При работе транспортера под нагрузкой возникает добавочное усилие, связанное с перемещением навоза:

$$F_1 = 9,81m_n f_{тн},$$

где m_n – масса навоза в канале, приходящаяся на одну уборку, кг;

$$m_n = \frac{Nq}{Z}$$

N – количество животных, гол;

q – выход навоза от одного животного в сутки, кг/сут;

Z – количество уборок навоза в сутки;

f_{mn} – коэффициент трения навоза о дно канала.

Усилие при трении навоза о боковые стенки канала:

$$F_2 = P_{бок} f_{mn},$$

где $P_{бок}$ – давление навоза на боковые стенки канала, Н.

$$P_{бок} = 4,91 \cdot f_{mn}.$$

Усилие, возникающее в цепи транспортера при заклинивании навоза между скребками транспортера и стенками канала

$$F_3 = F'_3 \frac{L_{уз}}{l},$$

где F'_3 – усилие заклинивания, приходящееся на один скребок, Н;

l – расстояние между скребками, м.

Суммарное усилие, возникающее в цепи транспортера под нагрузкой

$$\sum F = F_1 + F_2 + F_3 + F_{xx},$$

Угловая скорость ведущей звездочки

$$\omega_3 = \frac{2\pi v_2}{z_1 t},$$

где z_1 – число зубьев ведущей шестерни;

t – шаг цепи, м;

v_2 – скорость движения цепи горизонтального транспортера, м/с.

Угловая скорость вала двигателя

$$\omega_{дв} = \frac{\pi n_{дв}}{30}.$$

Определяется передаточное отношение механизма, состоящего из клиноременной передачи и редуктора (рисунок 2.3).

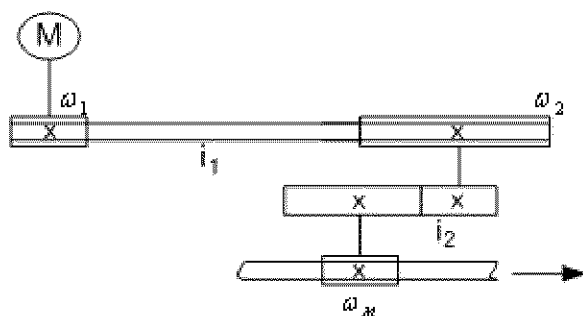


Рисунок 2.3 – Кинематическая схема передачи

По справочной литературе выбирается стандартный редуктор с передаточным отношением i_2 и находится угловая частота вращения шкива

$$\omega_2 = \omega_m i_2.$$

Передаточное отношение клиноременной передачи

$$i_1 = \frac{\omega_1}{\omega_2}.$$

В процессе расчета диаметр ведущего шкива выбирается в i_1 раз меньше диаметра ведомого вала.

КПД передачи

$$\eta_{пер} = \eta_p \eta_{pn},$$

где η_p – КПД редуктора, $\eta_p = 0,98$;

η_{pn} – КПД ременной передачи, $\eta_{pn} = 0,97$.

Момент сопротивления на валу электродвигателя при холостом ходе

$$M_{xx} = \frac{F_{xx} v_z}{\eta_{пер} \cdot \omega_{дв}},$$

где v_z – скорость движения цепи горизонтального транспортера, м/с;

$\omega_{дв}$ – угловая скорость вала двигателя, рад/с;

$\eta_{пер}$ – КПД передачи.

Момент сопротивления при работе транспортера с максимальной нагрузкой

$$M_{max} = \frac{\sum F v_2}{\eta_{пер} \cdot \omega_{дв}}$$

Продолжительность движения цепи транспортера за период одной уборки

$$t_{пр} = \frac{1,05 L_{цз}}{v_2}$$

Имея значения потребных мощностей под нагрузкой и на холостом ходу, а так же продолжительность работы транспортера за период одной уборки, строим нагрузочную диаграмму (рисунок 2.4).

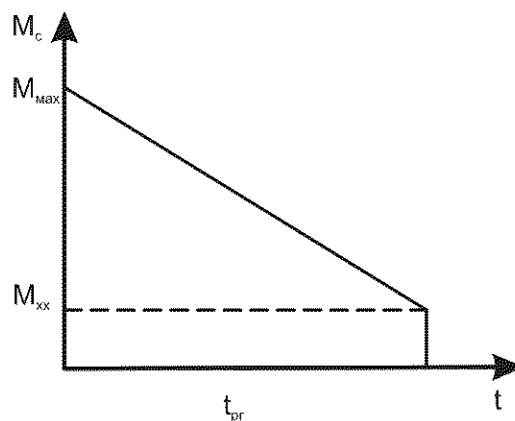


Рисунок 2.4 – Нагрузочная диаграмма горизонтального транспортера

Необходимо также определить режим работы электродвигателя.

Электродвигатель транспортера кругового движения запускается при максимальной нагрузке, поэтому предварительный выбор электродвигателя осуществляется по мощности и по условию пуска.

По условию мощности:

$$M_{пуск} \geq \frac{M_{тр}}{\alpha},$$

где $M_{пуск}$ – пусковой момент электродвигателя, Нм;

α – коэффициент учитывающий возможность снижения напряжения сети, $\alpha = 0,8 \dots 0,9$ [7].

С учетом запуска

$$M_{\text{пуск}} = M_n \lambda_n,$$

где λ_n – кратность пускового момента двигателя, $\lambda_n = 1,1 \dots 1,8$ [6].
Момент трогания

$$M_{\text{тр}} = M_{\text{max}} K_{\text{тр}},$$

где $M_{\text{тр}}$ – момент трогания транспортера, Н;
 $K_{\text{тр}}$ – коэффициент учитывающий увеличение момента сопротивления при трогании навоза, $K_{\text{тр}} = 1,2 \dots 1,3$ [7].
Номинальный момент двигателя

$$M_n \geq \frac{M_{\text{тр}}}{\alpha \lambda_n}.$$

Номинальная мощность двигателя горизонтального транспортера

$$P_z = \omega_{\text{об}} M_n.$$

По каталогу выбирается электродвигатель мощностью P_z .

Расчет наклонного транспортера

Определение мощности, необходимой для привода скребкового наклонного транспортера

$$P_n = 9,81 Q (H + f_c L_{\text{цн}} \cos \alpha) \eta_n^{-1}$$

где Q – производительность скребкового транспортера, кг/с.
Производительность транспортера рассчитывается

$$Q = \kappa_\alpha \varphi \gamma B H_c v_n$$

где κ_α – коэффициент учитывающий степень заполнения скребков в зависимости от угла наклона транспортера, $\kappa_\alpha = 1,05 - 0,01\alpha$ [7];
 φ – коэффициент заполнения, $\varphi = 0,6 \dots 0,8$ [7];
 γ – насыпная плотность груза, для навоза $\gamma = 1000$ кг/м³ [3];
 v_n – скорость движения скребков наклонного транспортера, м/с;
 H_c – высота скребков, $H_c = 0,05$ м;
 B – ширина скребков, $B = 0,29$ м.

Высота подъема навоза

$$H = L_{\text{цн}} \sin \alpha ,$$

где $L_{\text{цн}}$ – длина цепи наклонного транспортера, м;

α – угол наклона транспортера;

f_c – коэффициент сопротивления движению транспортера, $f_c = 1,3$;

η_n – КПД передачи.

Так как наклонный транспортер запускается в режиме холостого хода, а потом загружается на максимальную нагрузку и момент сопротивления остается постоянным в течении всей работы, то двигатель выбирается по номинальной мощности.

Расчет нагрузочной диаграммы наклонного транспортера

Усилие на холостом ходу

$$F_{xx} = 9,81 m_{\text{ц}} L_{\text{цн}} f_{\text{тц}} ,$$

где $m_{\text{ц}}$ – масса одного погонного метра цепи, кг/м;

$L_{\text{цн}}$ – длина цепи наклонного транспортера, м;

$f_{\text{тц}}$ – коэффициент трения цепи.

Момент на холостом ходу

$$M_{xx} = \frac{F_{xx} v_n}{\eta_{\text{пер}} \cdot \omega_{\text{дв}}} ;$$

определим добавочное усилие

$$F_2 = P_{\text{бок}} f_{\text{тн}} ,$$

где $P_{\text{бок}}$ – давление навоза на боковые стенки канала, Н.

Усилие, возникающее в цепи транспортера при заклинивании навоза между скребками транспортера и стенками канала

$$F_3 = F_3' \frac{L_{\text{цн}}}{l}$$

где F_3' – усилие заклинивания, приходящееся на один скребок, Н;

$L_{\text{цн}}$ – длина наклонного транспортера, м;

l – расстояние между скребками, м.

Усилие на перемещение навоза

$$F_{nn} = 9,81m_{ц} f_{mц}.$$

Максимальная нагрузка наклонного транспортера

$$F_{н.маx} = F_1 + F_2 + F_{nn} + F_{хх}.$$

Момент сопротивления при максимальной нагрузке

$$M_{н.маx} = \frac{F_{н.маx} v_n}{\eta_{пер} \cdot \omega_{дв}}.$$

Время загрузки и разгрузки транспортера

$$t_1 = \frac{l}{v_n},$$

где l – расстояние между скребками, м;

v_n – скорость движения скребков наклонного транспортера, м/с.

Время работы при максимальной нагрузке

$$t_2 = \frac{L_{цн}}{v_n}.$$

Время работы на холостом ходу

$$t_3 = t_{раб.гор.} - (t_1 + t_2).$$

По результатам расчетов строится нагрузочная диаграмма наклонного транспортера (рисунок 2.5).

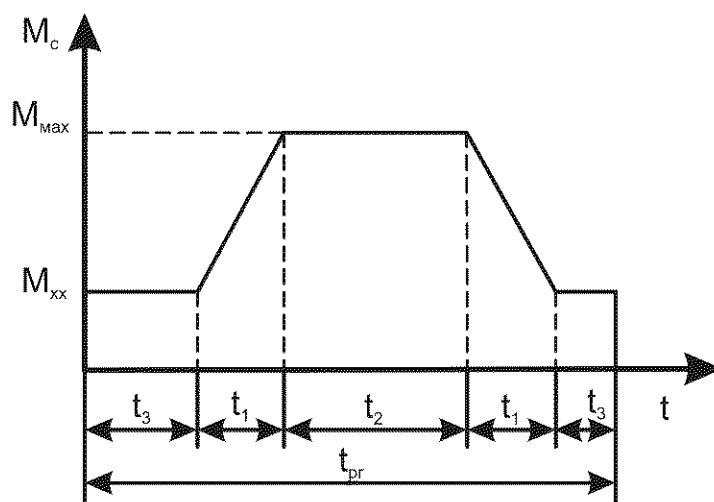


Рисунок 2.5 – Нагрузочная диаграмма наклонного транспортера

2.1.2 Штанговый навозоуборочный транспортер

Штанговый навозоуборочный транспортер установлен в двухрядном коровнике и состоит из двух штанг 1, к которым крепятся скребки 2, двух зубчатых реек 3 и приводных шестерен 4 (рисунок 2.6)

Приводные шестерни получают движение от электродвигателя 5, через редуктор 6, кинематическая схема которого представлена на рисунке 2.7. При движении скребков в направлении навозоприемника масса передается скребками по желобу. Обратный ход транспортера является холостым, так как скребки отклоняются, и прижимаются к штангам.

Изменение направления движения штанг производится реверсированием двигателя. Коэффициент трения скребков о дно навозного канала $f_{ск} = 0,5$, коэффициент трения скребков о дно и стенки канала $f_{нк} = 0,97$. Давление навоза на боковые стенки канала равно половине его веса. Усилие от заклинивания навоза между скребками и стенками навозного канала, приходящиеся на один скребок – 15 Н. Подстилка - резаная солома.

Расчетные данные по вариантам приведены в таблице 2 приложения Б.

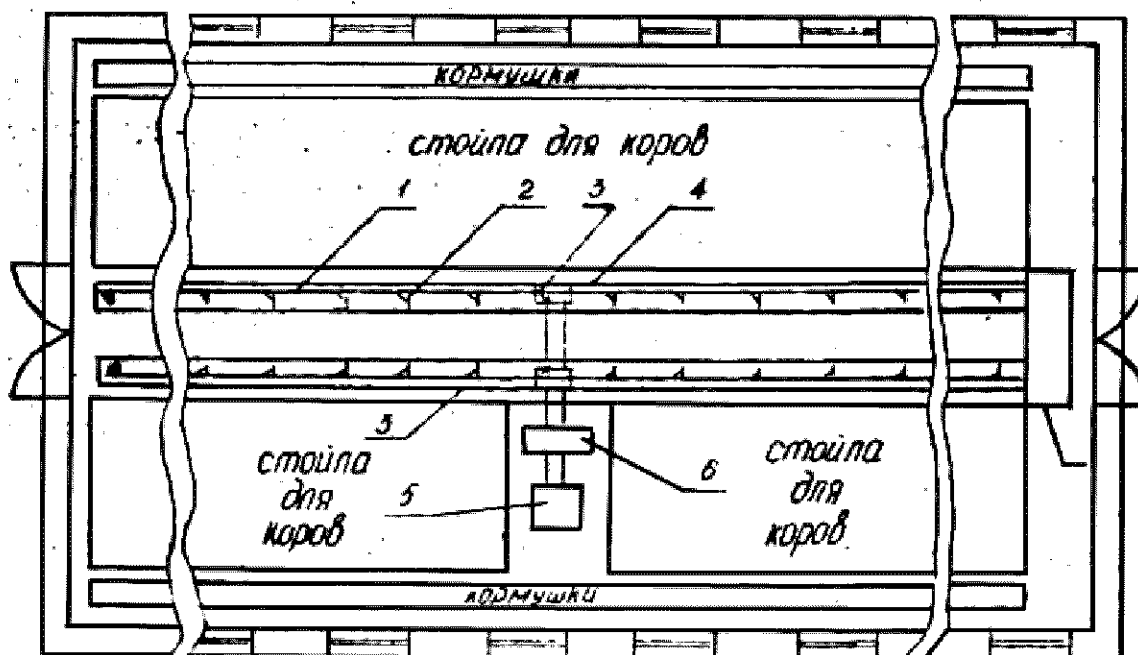


Рисунок 2.6 – Схема расположения в двухрядном коровнике штангового навозоуборочного транспортера:

- 1 – штанга; 2 – скребки; 3 – зубчатые рейки;
4 – приводные шестерни; 5 – привод; 6 – редуктор; 7 – навозоприемник

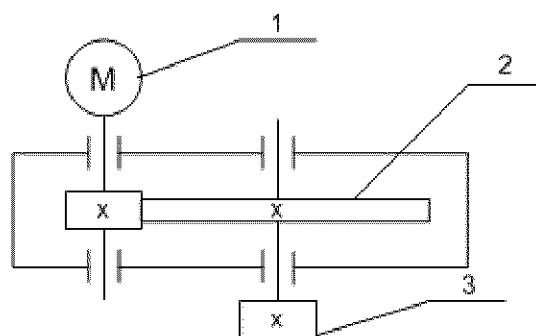


Рисунок 2.7 – Кинематическая схема привода транспортера:
1 – двигатель, 2 – редуктор, 3 – приводная шестерня

Для построения нагрузочной диаграммы штангового навозоуборочного транспортера необходимо определить значения усилий, мощностей, моментов и продолжительность их действия как на холостом ходу, так и под нагрузкой.

Усилие холостого хода штанги

$$F_{xx} = 9,81m_{ш}L_{ш}f_{ск}$$

где $m_{ш}$ – масса одного погонного метра штанги со скребками, кг/м;
 $L_{ш}$ – длина штанг, м;

$f_{ск}$ – коэффициент трения скребков о дно навозного канала.

Усилие под нагрузкой

$$F_1 = 9,81m_n f_{нк}$$

где m_n – масса навоза в канале приходящаяся на одну уборку, кг;

$$m_n = \frac{Ng_n}{z},$$

$f_{нк}$ – коэффициент трения навоза о дно и стенки навозного канала;

N – количество животных, гол;

g_n – суточный выход навоза от одного животного, кг/сут [9];

z – число уборок навоза в сутки.

Сопротивление трения навоза о боковые стенки канала

$$F_2 = P_{бок} f_{нк},$$

где $P_{бок}$ – давление навоза на боковые стенки канала, Н.

Давление от навоза на боковые стенки принимается 50 % от общего усилия создаваемого навозом.

Сопротивление при заклинивании навоза между скребками и стенками канала

$$F_3 = \frac{L_{ш}}{\alpha} P_{зак},$$

где α – коэффициент учитывающий перенос скребков при заклинивании, $\alpha = 0,46$ [7];

$P_{зак}$ – усилие заклинивания одного скребка, Н.

Механическое максимальное усилие при работе транспортера под нагрузкой

$$F_{max} = F_{x.x.} + F_1 + F_2 + F_3.$$

Момент сопротивления на валу электродвигателя на холостом ходу

$$M_{xx} = \frac{F_{xx} v_{ш}}{\omega_{дв} \eta_{пер}},$$

где $v_{ш}$ – скорость движения штанги, м/с;
 $\omega_{дв}$ – угловая скорость двигателя, рад/с;
 $\eta_{пер}$ – КПД передачи.

Момент сопротивления в процессе работы транспортера с максимальной нагрузкой

$$M_{max.} = \frac{F_{н.мах.} v_{ш}}{\omega_{дв} \eta_{пер}}.$$

Время работы транспортера за одну уборку, без учета времени торможения и разгона

$$t_p = \frac{L'_{ш}}{v_{ш}} z,$$

где $L'_{ш}$ – длина хода штанги, м;
 z – количество скребков.

Время одного хода под нагрузкой

$$t_n = \frac{L'_{ш}}{v_{ш}}.$$

Время цикла

$$T = 2t_n.$$

Предварительный выбор электродвигателя

Транспортер запускается при максимальной нагрузке поэтому выбор электродвигателя осуществляется по условиям пуска.

$$M_{пуск} \geq \frac{M_{тр}}{\alpha};$$

$$M_{тр} = \kappa_{тр} M_{н.мах.},$$

где $\kappa_{тр}$ – коэффициент, учитывающий увеличение момента сопротивления при трогании навоза, $\kappa_{тр} = 1,3$ [7].

Номинальный момент электродвигателя

$$M_n \geq \frac{K_{тр} M_{н.мах}}{\alpha \lambda_n},$$

где α – коэффициент, учитывающий снижение напряжения при пуске, $\alpha = 0,8$ [1].

Время разбега электродвигателя при максимальной нагрузке

$$t_{разб} = J_{сист} \frac{\omega_{дв}}{M_n - M_{тр}},$$

где $J_{сист}$ – момент инерции системы, кг·м².

Момент инерции системы

$$J_{сист} = J_{дв} + J_{ред} + J_{добр} + m_{ш} \frac{v_{ш}^2}{\omega_{дв}^2}$$

где $J_{дв}$ – момент инерции двигателя, кг·м²;

$J_{ред}$ – момент инерции редуктора на приводном валу электродвигателя, кг·м²;

$J_{добр}$ – момент инерции приводного вала транспортера, кг·м²;

$m_{ш}$ – масса штанги со скребками, кг.

Продолжительность торможения на холостом ходу

$$t_{торм.хх} = J_{сист} \frac{\omega_{дв}}{M_{хх}}.$$

Время торможения при максимальной нагрузке

$$t_{торм.мах} = J_{сист} \frac{\omega_{дв}}{M_{н.мах}}.$$

Действительное время цикла

$$T' = T + (t_{разб1} + t_{разб2} + t_{тормх.х.} + t_{торм.мах})$$

По результатам расчетов строится нагрузочная диаграмма (рисунок 2.8).

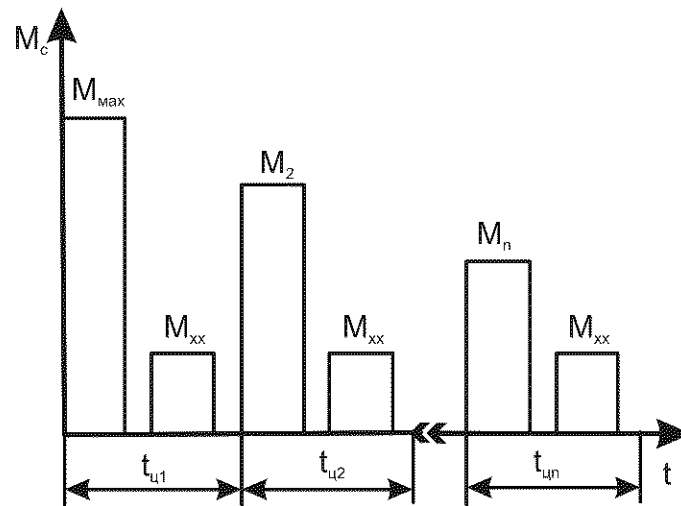


Рисунок 2.8 – Нагрузочная диаграмма штангового транспортера

Необходимо также определить режим работы электродвигателя. Электродвигатель штангового транспортера запускается при максимальной нагрузке, поэтому предварительный выбор электродвигателя проводится по условию пуска.

$$M_{\text{пуск}} \geq \frac{M_{\text{тр}}}{\alpha},$$

где $M_{\text{пуск}}$ – пусковой момент электродвигателя, Н·м;
 α – коэффициент учитывающий возможность снижения напряжения сети, $\alpha = 0,8 \dots 0,9$ [1].

Пусковой момент

$$M_{\text{пуск}} = M_n \lambda_n,$$

где λ_n – кратность пускового момента двигателя, $\lambda_n = 1,1 \dots 1,8$ [1].
 Момент трогания

$$M_{\text{тр}} = M_{\text{max}} k_{\text{тр}},$$

где $M_{\text{тр}}$ – момент трогания транспортера, Н·м;
 $k_{\text{тр}}$ – коэффициент, учитывающий увеличение момента сопротивления при трогании навоза, $k_{\text{тр}} = 1,2 \dots 1,3$ [7].

Номинальный момент двигателя

$$M_n \geq \frac{M_{\text{тр}}}{\alpha \lambda_n}.$$

Номинальная мощность двигателя штангового транспортера

$$P_n = \omega_{об} M_n.$$

На основании полученных расчетных данных, по каталогу выбирается электродвигатель со стандартной мощностью P_n .

2.1.3 Канатно-скреперный навозоуборочный транспортер

Скреперные транспортеры ТС-1ПР (продольный) и ТС-1ПП (поперечный) предназначены для удаления навоза из свинарников при содержании свиней на щелевых полах, а также транспортирования навоза от свинарников или коровников к навозохранилищу и погрузки его в транспортные средства. Технологическая схема транспортеров представлена на рисунке 2.9.

Продольный скреперный транспортер, расположенный в канале под щелевыми полами глубиной 800 мм и шириной 820 мм, предназначен для транспортировки провалившегося через щели решетки навоза к центру свинарника и сброса его на скреперный транспортер поперечного канала. Он состоит из приводной станции с натяжным и реверсивным устройством, замкнутого контура цепи и тяг. К тягам с шагом, равным 7 м, прикреплены скреперные тележки трубчатой арочной конструкции, опирающиеся на четыре ролика и перемещающиеся по продольным направляющим канала. Цепочно-штанговый контур с закрепленными на нем тележками совершает возвратно-поступательное движение. При движении тележки в сторону от поперечного канала скрепер свободно отклоняется на шарнире, а при движении в сторону поперечного канала опирается на ограничители, захватывая и перемещая навоз. Таким образом, при возвратно-поступательном движении контура навоз скреперами последовательно перемещается в одном направлении от одной тележки к другой к центру помещения, сгружаясь в канал поперечного транспортера. Последний перегружает навоз в навозосборник, откуда ковшовым транспортером он подается в транспортное средство.

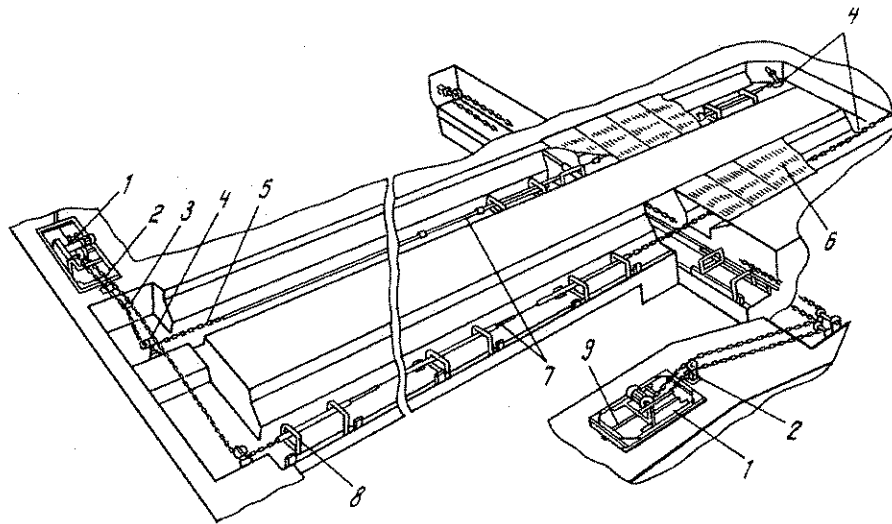


Рисунок 2.9 – Система скреперных транспортеров ТС–1ПР и ТС–1ПШ:
 1 – приводная станция; 2 – поддерживающий блок; 3 – ролик; 4 – поворотные блоки; 5 – цепь; 6 – решетка пола; 7 – тяги; 8 – скреперная тележка; 9 – натяжное устройство рабочего контура

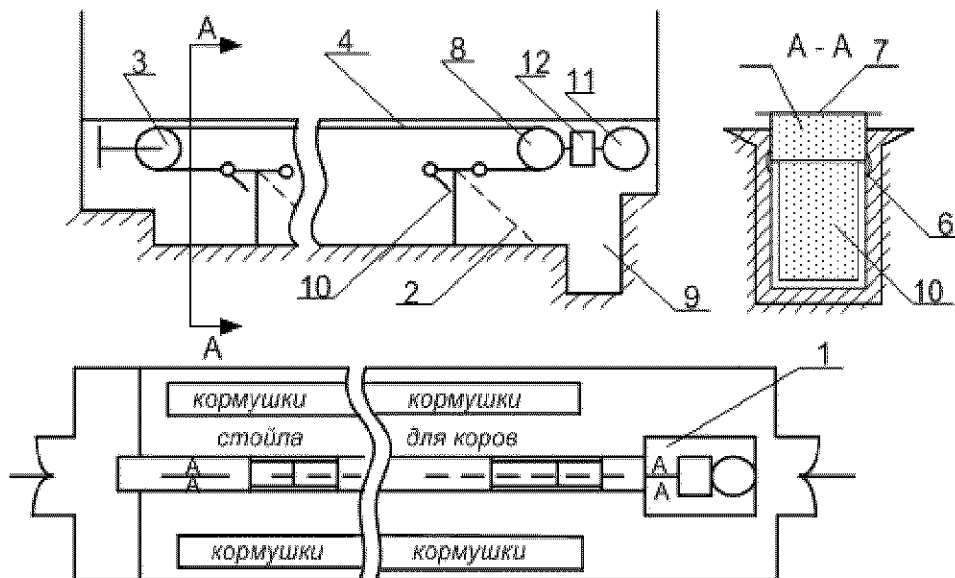


Рисунок 2.10 – Схема расположения в коровнике кареточно–скреперного транспортера: 1 – приводная станция; 2 – каретка; 3 – натяжное устройство; 4 – тяговый трос; 5 – продольный канал; 6 – направляющий швеллер; 7 – деревянные щиты; 8 – приводная звездочка; 9 – навозоприемник; 10 – скребки; 11 – двигатель; 12 – редуктор

Транспортер состоит из приводной станции 1, кареток 2 натяжного устройства 3 и тягового троса 4 (рисунок 2.10).

Каретки монтируются в продольном канале 5 и перемещаются по направляющим швеллерам 6 с помощью тягового троса. Канал перекрыт деревянными щитами 7, уровень которых на 10 – 12 см выше пола стойла, вследствие этого образуется щель для сброса навоза. Вблизи приводной

звездочки 8 вместо троса натянута втулочно-роликовая цепь. Длина хода кареток на 2-3 метра больше расстояния между ними, что обеспечивает передачу навоза от одной каретки к другой. Перемещение навоза в направлении навозоприемника 9 производится скребками 10, шарнирно укрепленными на рейках кареток. При прямом (рабочем) ходе скребки занимают вертикальное положение и, упираясь в ограничители, перемещают навоз по каналу. При обратном (холостом) ходе скребки отклоняются навозом.

Приводная звездочка получает вращение от двигателя 11 через редуктор 12. Направления движения кареток сменяется реверсированием двигателя. Вес каждой каретки $G_k = 50$ кг. Обобщенный коэффициент сопротивления движению кареток по направляющим $f_1 = 0,5$. Вес одного погонного метра троса $g_m = 0,5$ кг. Коэффициент трения верхней части троса о поддерживающий желоб $f_2 = 0,55$. Обобщенный коэффициент трения в цапфах звездочек направляющих блоков $f_3 = 0,01$. Усилие предварительного натяжения тягового троса $F_{mp} = 3000$ Н. Сопротивление от заклинивания навоза между дном и стенками канала, приходящееся на один скребок, $F_{зк} = 40$ Н. Приведенный коэффициент трения перемещения навоза по каналу при движении навоза $f_4 = 2,2$. Длина пути движения кареток для образования тела волочения навоза составляет половину их хода. Разгрузка скребков кареток происходит по длине, составляющей 15 % от их хода [8].

Расчетные данные по вариантам приведены в таблице 3 приложения Б.

Для построения нагрузочной диаграммы канатно-скреперной установки необходимо определить значения усилий, мощностей, моментов и продолжительность их действия как на холостом ходу, так и под нагрузкой.

Значения усилий, возникающих в тяговом тросе на холостом ходу. Усилие, связанное с преодолением сопротивления движению кареток

$$F_k = 9,81m_k Z \left(\frac{2\mu}{D_k} + \frac{f_n d_n}{D_k} \right) \beta,$$

где m_k – масса одной каретки, кг;

μ – коэффициент трения качения колеса каретки, $\mu = 0,0410^{-2}$ [7];

f_n – коэффициент трения в подшипниках качения, $f_n = 0,02$ [7];

d_n – диаметр подшипника качения, $d_n = 0,03$ м [7];

D_k – диаметр колеса каретки, $D_k = 0,06$ м [7];

β – коэффициент, зависящий от типа колес и вида трения в подшипнике, $\beta = 1,25$ [7].

Усилие, связанное с преодолением трения в направляющих звездочках, блоках

$$F_{\bar{o}} = F_n \left(\frac{d_y}{D_{\bar{o}}} + \frac{d_y}{D_3} \right) f_n,$$

где F_n – предварительное натяжение тягового троса, Н;
 d_y – диаметр цапфы, м;
 $D_{\bar{o}}$ – диаметр блока, м;
 D_3 – диаметр звездочки, м.

$\frac{d_y}{D_{\bar{o}}} = \frac{d_y}{D_3} = \frac{1}{5}$ отношение диаметра цапфы вала или звездочки к диаметру блока или звездочки.

Усилие, связанное с преодолением сопротивления трения троса о деревянный настил

$$F_m = 9,81 m_m l_m f_m,$$

где l_m – длина троса, равная длине канала транспортера, м;
 m_m – масса одного погонного метра троса, кг/м;
 f_m – коэффициент трения троса о деревянный настил.

Суммарное усилие, возникающее в тяговом тросе на холостом ходу

$$F_{x.x.} = (F_k + F_{\bar{o}} + F_m) \alpha,$$

где α – коэффициент, зависящий от состояния направляющих швеллеров навозного канала $\alpha = 1,4$ [7].

Под нагрузкой действуют следующие силы.

Усилие, необходимое для преодоления сопротивления передвигаемого по каналу навоза

$$F_n = 9,81 m_n f_n Z_k,$$

где Z_k – количество кареток;
 f_n – коэффициент сопротивления перемещению навоза по каналу;
 m_n – масса навоза, приходящаяся на одну каретку, кг.
Масса навоза

$$m_n = \frac{Nq}{Z_k n_y},$$

где N – количество животных, гол;
 q – выход навоза от одного животного, кг/гол [8];
 n_y – число уборок навоза в сутки.

Вышеуказанное усилие в процессе образования тела волочения определяется как

$$F'_n = 9,81 m_n f'_n Z_k,$$

где f'_n – коэффициент сопротивления перемещению навоза по каналу в момент образования тела волочения $f'_n = 1,2 f_n$

Требуемое усилие для преодоления сопротивления от заклинивания навоза между ножом скрепера и дном канала

$$F'_{зк} = F_{зк} Z_k,$$

где $F_{зк}$ – усилие заклинивания, приходящееся на один скребок, Н.

Значения усилий и моментов при каждом рабочем ходе транспорта.

Первый рабочий ход

Усилие и момент сопротивления транспорта в начале трогания:

$$F_1 = F_{xx};$$

$$M_1 = \frac{F_1 v_k}{\omega_3 \eta_n i},$$

где ω_3 – угловая скорость звездочки лебедки, рад/с;

η_n – КПД передачи, $\eta_n = 0,9$ [7];

i – суммарное передаточное число;

v_k – скорость движения кареток, м/с.

Усилие и момент в конце формирования тела волочения:

$$F_2 = F_{xx} + (F'_n + F'_{зк}) \alpha;$$

$$M_2 = \frac{F_2 v_k}{\omega_3 \eta_n i}.$$

Усилие и момент сопротивления перемещению навоза по каналу:

$$F_3 = F_{xx} + (F_n + F_{3к})\alpha$$

$$M_3 = \frac{F_3 v_k}{\omega_3 \eta_n i}$$

Усилие и момент сопротивления в конце первого рабочего хода:

$$F_4 = F_{xx} + [9,81m_n f_n (Z_k - 1) + F_{3к} (Z_k - 1)]\alpha;$$

$$M_4 = \frac{F_4 v_k}{\omega_3 \eta_n i}.$$

Усилие и момент при возвращении кареток в исходное положение:

$$F_5 = F_{xx}; \quad M_5 = M_1.$$

Второй рабочий ход

Усилие и момент сопротивления транспортера в начале трогания:

$$F_6 = F_{xx}; \quad M_6 = M_1.$$

В момент соприкосновения ножа скрепера с телом волочения усилие и момент сопротивления мгновенно возрастают до значений:

$$F_7 = F_4; \quad M_7 = M_4.$$

Усилие и момент сопротивления в конце второго рабочего хода:

$$F_8 = F_{xx} + [9,81m_n f_n (Z_k - 2) + F_{3к} (Z_k - 2)]\alpha;$$

$$M_8 = \frac{F_8 v_k}{\omega_3 \eta_n i}.$$

Усилие и момент сопротивления при возвращении кареток в исходное положение:

$$F_9 = F_{xx}; \quad M_9 = M_1.$$

Третий рабочий ход

Усилие и момент сопротивления в начале трогания:

$$F_{10} = F_{xx}; \quad M_{10} = M_1.$$

В момент соприкосновения ножа скрепера с телом волочения усилие и момент мгновенно возрастают до значений:

$$F_{11} = F_8; \quad M_{11} = M_8.$$

Усилие и момент в конце третьего рабочего хода:

$$F_{12} = F_{xx} + [9,81m_n f_n (Z_k - 3) + F_{зк} (Z_k - 3)]\alpha;$$

$$M_{12} = \frac{F_{12} D_k}{\omega_3 \eta_n i}.$$

Усилие и момент при обратном ходе кареток:

$$F_{13} = F_{xx}; \quad M_{13} = M_1.$$

Четвертый рабочий ход

Усилие и момент сопротивления в начале хода:

$$F_{14} = F_{xx}; \quad M_{14} = M_1.$$

Усилие и момент сопротивления в начале передвижения навоза по каналу:

$$F_{15} = F_{12}; \quad M_{15} = M_{12}.$$

Усилие и момент сопротивления в конце четвертого рабочего хода:

$$F_{16} = F_{xx} + [9,81m_n f_n (Z_k - 4) + F_{зк} (Z_k - 4)]\alpha;$$

$$M_{16} = \frac{F_{16} v_k}{\omega_3 \eta_n i}.$$

Усилие и момент сопротивления при возвращении кареток в исходное положение:

$$F_{17} = F_{xx}; \quad M_{17} = M_1.$$

Продолжительность действия тех или иных усилий и моментов определяется скоростью и длиной пути перемещения кареток транспортера. Опытным путем установлено, что длина пути кареток до момента полного сжатия навоза составляет $(0,5...0,6) S_\phi$, разгрузка навоза скребком первой каретки происходит на участке пути, составляющем $(0,15...0,17) S_\phi$ [7].

Продолжительность рабочего хода кареток

$$t_{px} = \frac{L_k}{v_k},$$

где L_k – длина хода кареток, $L_k = l_T - l_k (Z_k - 1)$;

где l_k – расстояние между каретками, м;

l_m – длина транспортера, м.

Время образования тела волочения определяют из выражения

$$t_1 = 0,6t_{px}.$$

Продолжительность перемещения навоза по каналу с постоянной нагрузкой

$$t_2 = 0,25t_{px}.$$

Сброс навоза в приемник происходит в течение времени

$$t_3 = 0,15t_{px}.$$

Время, затрачиваемое на остановку и перемену направления движения кареток транспортера

$$t_4 = 2c.$$

Продолжительность работы транспортера на холостом ходу

$$t_5 = t_{px}.$$

Время, затрачиваемое на реверсирование перед вторым рабочим ходом

$$t_6 = 2c.$$

Продолжительность движения каретки на отдельных участках пути при последующих ходах равна $L_k - l_k$; на участке пути

$$t_7 = \frac{L_k - l_k}{v_k};$$

на пути перемещения навоза с постоянной нагрузкой

$$t_8 = t_{px} - 0,15t_{px} - t_7;$$

на пути сброса навоза в приемник

$$t_9 = 0,15t_{p.x}.$$

С учетом вышеуказанных расчетов можно записать:

$$t_3 = t_9 = t_{15} = t_{21};$$

$$t_4 = t_6 = t_{10} = t_{12} = t_{16} = t_{18} = t_{22} = t_{24};$$

$$t_5 = t_{11} = t_{17} = t_{23};$$

$$t_7 = t_{13} = t_{19};$$

$$t_8 = t_{14} = t_{20}.$$

Таким образом, имея значения моментов сопротивления на каждом из участков движения кареток и продолжительности их действия, строят нагрузочную диаграмму скреперного транспортера ТС-1 ПР (рисунок 2.11).

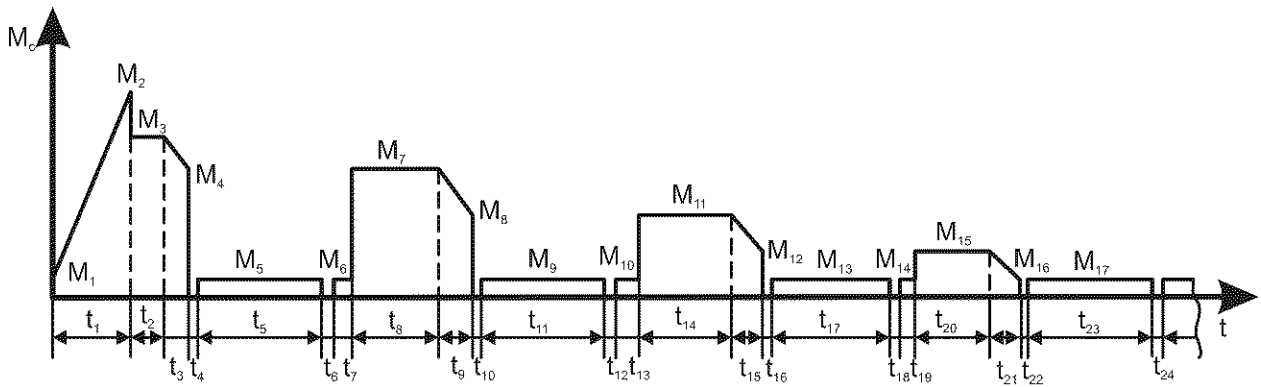


Рисунок 2.11 – Нагрузочная диаграмма канатно-скреперной установки

Для подобных машин рекомендуется выбирать электродвигатели по эквивалентной мощности и продолжительности работы транспортера за период одной уборки

$$M_{эке} = \sqrt{\frac{(M_1^2 + M_1M_2 + M_2^2)t_1/3 + M_3^2t_2 + (M_3^2 + M_3M_4 + M_4^2)t_3/3 + 4M_5^2t_5 + 3M_6^2t_7 + M_7^2t_8 +}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11} + t_{12} + t_{13} + t_{14} + t_{15} + t_{16} + t_{17} + t_{18} + t_{19} + t_{20} +} + \frac{(M_7^2 + M_7M_8 + M_8^2)t_9/3 + M_{11}^2t_{14} + (M_{11}^2 + M_{11}M_{12} + M_{12}^2)t_{15}/3 + M_{15}^2t_{20} + (M_{15}^2 + M_{15}M_{16} + M_{16}^2)t_{21}/3}{+ t_{21} + t_{22} + t_{23} + t_{24}}$$

Эквивалентная мощность за период t_u

$$P_{эке} = M_{эке} \omega_{дв}$$

Выбирается двигатель мощностью

$$P_n \geq P_{эке}.$$

Момент инерции системы

$$J_{сист} = J_{дв} + J_{ред} + J_{доб} + m \frac{v^2}{\omega_{дв}^2},$$

где $J_{дв}$ – момент инерции двигателя, кг·м²;

$J_{ред}$ – момент инерции редуктора на приводном валу электродвигателя, кг·м²;

$J_{доб}$ – момент инерции звездочек блока приводного и натяжного вала транспортера принимается 10% от $J_{дв}$, кг·м²;

m – масса троса и кареток, совершающих поступательное движение, кг.

Масса троса и кареток рассчитывается

$$m = m_m l_{mo} + m_k z,$$

где m_m – масса одного погонного метра троса, кг/м;

l_{mo} – длина троса, м;

m_k – масса каретки, кг;

z – число кареток.

Продолжительность торможения

$$t_{\text{торм}} = J_{\text{сист}} \frac{\omega_{\text{дв}}}{M_{\text{xx}}}.$$

На основании произведенных расчетов делается вывод о правильности выбранного электропривода и его работоспособности.

2.1.4 Телескопический кормораздаточный транспортер

Транспортер предназначен для раздачи комбинированного корма: смеси силоса и резаной соломы. Он состоит из приводной станции 1, тягового троса 2, двух кормушек: нижней 3 и верхней 4 (рисунок 2.12). Загрузка кормом производится в средней части транспортера. Кормушки транспортера, перемещаются по направляющим уголкам 5 тяговым тросом. При первом ходе нижняя кормушка перемещается под верхнюю и механически сцепляется с ней. При втором (обратном) ходе перемещаются обе кормушки и верхняя загружается кормом.

По достижении крайнего правого (или левого) положения, кормушки останавливаются и расцепляются. На третьем ходе нижняя кормушка перемещается в обратном направлении и одновременно загружается кормом. По достижении крайнего левого (или правого) положения кормушка останавливается и процесс раздачи корма заканчивается.

В двухрядном коровнике устанавливается два одинаковых транспортера. Расчетные данные вариантов приведены в таблице 4 приложения Б.

Коэффициент сопротивления движению кормушек транспортера по направляющим уголкам $f_1 = 0,15$. Вес одного погонного метра троса $g_m = 0,5$ кг, обобщенный коэффициент трения нижней части троса направляющий желоб $f_2 = 0,55$. Обобщенный коэффициент трения в цапфах барабанов в направляющих блоках $f_3 = 0,04$. Вес приводного барабана троса

$G_g = 40$ кг, диаметр $D_g = 0,2$ м [7]. Привод осуществляется от электродвигателя 1 через редуктор 6.

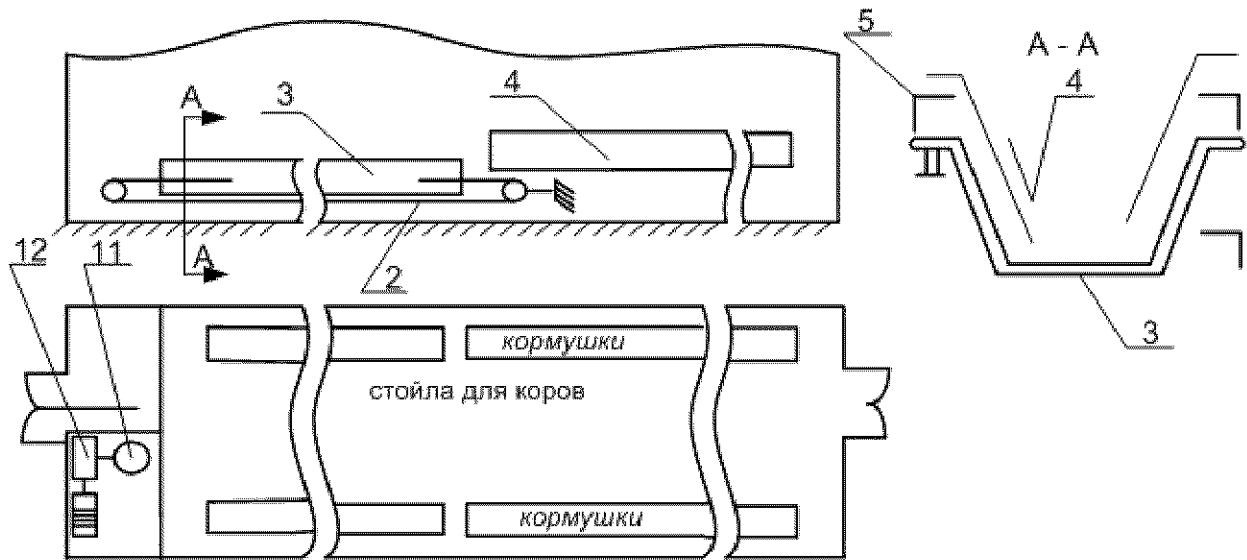


Рисунок 2.12 – Схема расположения в коровнике телескопического кормораздатчика

Усилие необходимое для перемещения кормушек

$$F = 9,81 \frac{2(G + G_{gp})}{D_k} \left(f_1 + f_2 \frac{d_{ц}}{2} \right) \alpha,$$

где G – вес кормушек, кг.
Вес кормушек

$$G = \alpha g_k l,$$

где g_k – вес одного погонного метра кормушки, кг/м;
 l – длина одной кормушки, м.
 G_{gp} – вес полезного груза, кг: $G_{gp} = nk$,
 n – число животных, гол;
 k – вес корма, на одну голову, кг/гол;
 D_k – диаметр колес кормушки, м: $D_k = 0,18$ м [7];
 $d_{ц}$ – диаметр цапф, м: $d_{ц} = 0,08$ м [7];
 f_1 – коэффициент сопротивления движению кормушек транспортера по направляющим уголкам, $f_1 = 0,15$ [7];
 f_2 – коэффициент трения в цапфах барабанов направляющих блоков;
 α – коэффициент учитывающий дополнительное сопротивление в ребрах колес, торцах ступицы, $\alpha = 2,5$ [7].
 Необходимая мощность электродвигателя

$$P_n = \frac{F v_k}{\eta_n},$$

где v_k – скорость перемещения кормушек, м/с;
 η – КПД передачи;
 F – тяговое усилие, Н.

Для построения нагрузочной диаграммы телескопического кормо-раздаточного транспортера необходимо определить значения усилий, мощностей, моментов и продолжительность их действия как на холостом ходу, так и под нагрузкой.

Сопротивление движению кормушки на холостом ходу

$$F_{xx} = F_1 + F_2 + F_3,$$

где F_1 – усилие необходимое на перемещение кормушки, Н;
 F_2 – усилие необходимое на перемещение троса, Н;
 F_3 – усилие предварительного натяжения тягового троса, Н.
 Усилие необходимое на перемещение кормушки

$$F_1 = 9,81 m_k l_k f_1,$$

где m_k – масса одного погонного метра кормушки, кг/м;
 l_k – длина одной кормушки, м;
 f_1 – коэффициент сопротивления движению кормушек транспортера по направляющим уголкам.
 Усилие необходимое на перемещение троса

$$F_2 = 9,81 m_{mp} l_{mp} f_3,$$

где m_{mp} – вес одного погонного метра троса, кг/м;
 l_{mp} – длина троса, м;
 f_3 – коэффициент трения внешней части троса о направляющий желоб.
 Момент сопротивления на валу электродвигателя на холостом ходу

$$M_{xx} = \frac{F_{xx} v_k}{\omega_{дв} \eta_n},$$

где $\omega_{дв}$ – угловая скорость двигателя, рад/с.

Сопротивление движению на прямолинейном участке при движении двух кормушек без корма

$$F_{н1} = F_1 + F_2 + F_3;$$

$$F_1 = 9,81(2m_k)l_k f_1,$$

где F_2 – усилие необходимое на перемещение троса, Н;
 F_3 – усилие предварительного натяжения тягового троса, Н.
Момент сопротивления на валу электродвигателя

$$M_1 = \frac{F_{н1}v_k}{\omega_{дв}\eta_n}.$$

Сопротивление движению – одна кормушка загружена кормом, а другая нет

$$F_{н2} = F_1 + F_2 + F_3;$$

$$F_1 = 9,81f_1[(m_k l_k + g_k n) + m_k l_k],$$

где g_k – вес корма, приходящийся на одну голову животного, кг/гол, [10];
 n – число животных в одном ряду, гол.
Момент сопротивления на валу электродвигателя

$$M_2 = \frac{F_{н2}v_k}{\omega_{дв}\eta_n}.$$

Сопротивление движению с одной загруженной кормушкой

$$F_{н3} = F_1 + F_2 + F_3;$$

$$F_1 = 9,81f_1(m_k l_k + g_k n)$$

где g_k – вес корма, приходящийся на одну голову животного, кг/гол;
 n – число животных в одном ряду, гол.
Момент сопротивления на валу электродвигателя

$$M_3 = \frac{F_{нз} v_k}{\omega_{об} \eta_n}$$

Время движения кормушек определяется по формуле:

$$t_p = \frac{l_k}{v_k},$$

где l_k – длина хода кормушки, м;
 v_k – скорость движения кормушки, м/с.

По полученным данным строится нагрузочная диаграмма (рисунок 2.13).

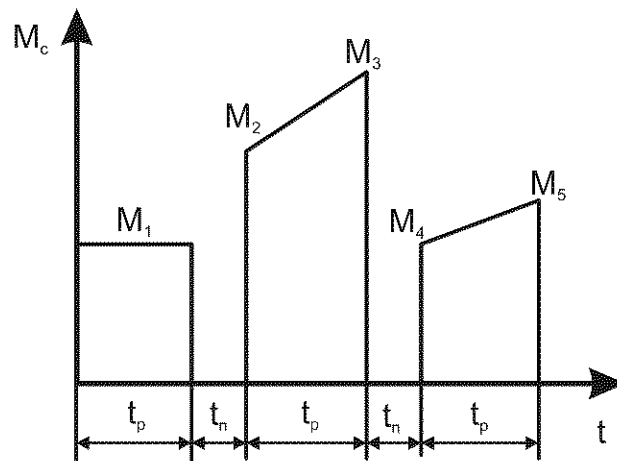


Рисунок 2.13 – Нагрузочная диаграмма за один цикл работы телескопического транспортера

2.1.5 Самоходный бункерный кормораздатчик

Кормораздатчик КС–1,5 (рисунок 2.14) используют для раздачи кормов на свинофермах и фермах КРС. Основные части кормораздатчика: рама, ходовая часть с электроприводом, бункер, два выгрузных шнека с дозирующим устройством, коробка скоростей, площадка для рабочего и пульт управления. В бункер загружают готовый корм или его компоненты. Если корм необходимо смешивать, то на 4...20 мин включают шнекомешалку и лопастную мешалку, расположенные внутри бункера.

Когда кормораздатчик подъезжает по рельсам к кормушкам, оператор включает привод выгрузных шнеков и открывает заслонки, корм поступает в кормушки. Норму выдачи регулируют степенью открытия заслонки.

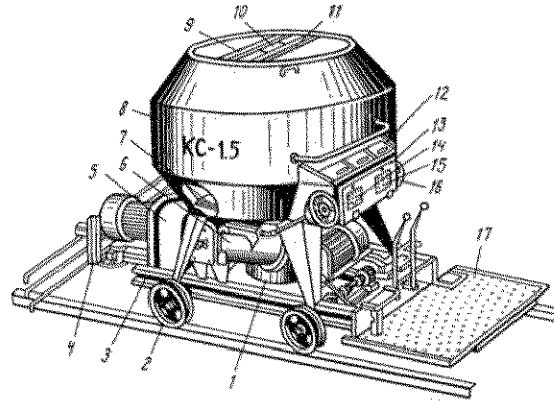


Рисунок 2.14 – Кормораздатчик КС-1,5:

1 – распределительная коробка; 2 – ходовая часть; 3 – рама; 4 – устройство автоматической остановки кормораздатчика; 5 – мотор-редуктор; 6 – выгрузный шнек; 7 – лопастная мешалка; 8 – бункер; 9 – траверса; 10 – шнек-мешалка; 11 – разравниватель; 12 – пульт управления; 13 – электрооборудование; 14 – таблица нормы выдачи кормов; 15 – шкала; 16 – штурвал; 17 – площадка для рабочего

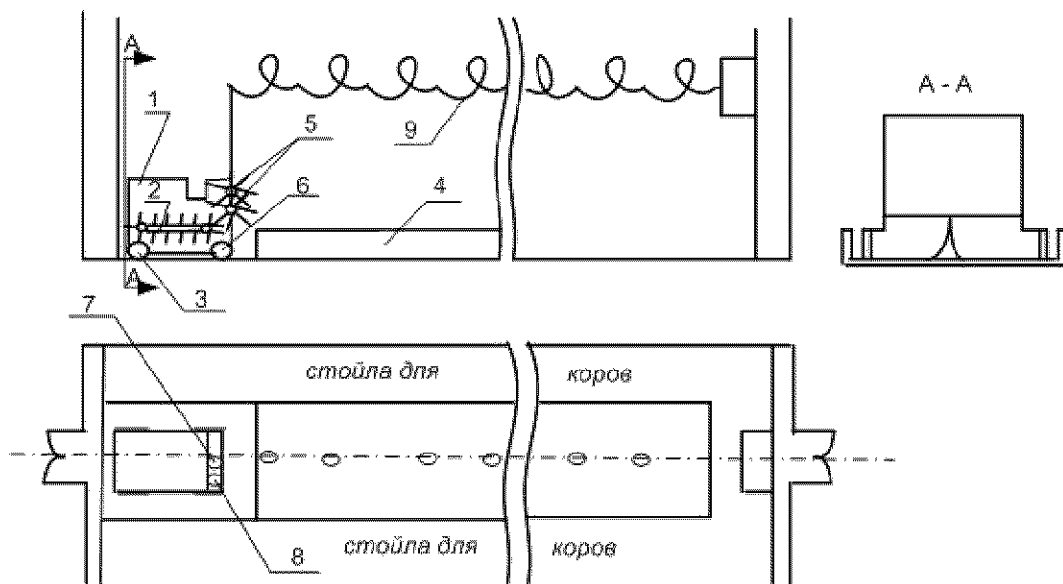


Рисунок 2.15 – Схема расположения самоходного бункерного кормораздатчика

1 – бункер; 2 – ленточно-планчатый транспортер; 3 – колесо; 4 – кормушки; 5 – битеры; 6 – щиток; 7 – скоростной двигатель; 8 – редуктор; 9 – кабель-штора

Бункерный кормораздатчик служит для раздачи кормовой смеси: силоса, запаренной соломы и концентратов. Кормораздатчик представляет собой бункер 1 с подвижным дном в виде ленточно-планчатого транспортера 2, установленного на четырех колесах 3 диаметром $D_k - 300$ мм с пневматическими шинами (рисунок 2.15) для равномерной выгрузки корма в кормушки 4 в передней части бункера установлены два битера 5, а для удаления из кормушек остатков корма щиток 6. Привод кормораздат-

чика ленточно-планчатого транспортера и битеров осуществляется от скоростного двигателя 7 через редуктор 8. Питание энергией двигателя производится с помощью кабель - шторы 9. Кормораздатчик загружается в торцевой части коровника. Раздача корма производится в процессе движения кормораздатчика по кормушкам. При прямом движении его щиток опущен и остатки корма удаляются из кормушки, а в обратном движении автоматически включается ленточно-планчатый транспортер и битера. В процессе работы КС-1,5 корм равномерно выгружается в кормушки. По достижении исходного положения кормораздатчик останавливается и готов к последующей раздаче.

Коэффициент сопротивления перекатыванию колес $f_1 = 0,05$. Количество остатков корма в кормушках составляет 10% от веса корма, раздаваемого за одно кормление. Коэффициент трения корма о дно и стенки кормушки $f_2 = 0,9$. Вес одного погонного метра ленточно-планчатого транспортера $g_{mp} = 50$ Н, длина $l_{mp} = 2$ м, обобщенный коэффициент трения транспортерной ленты (коэффициент тяги) $f_3 = 0,4$. Усилие, затрачиваемое на вращение битеров, составляет 15% от усилия на движение ленточно-планчатого транспортера при максимальной загрузке бункера кормораздатчика. Скорость вращения битеров равна 20 мин^{-1} [9]. Расчетные данные по вариантам приведены в таблице 5 приложения Б.

Для построения нагрузочной диаграммы самоходного бункерного кормораздаточного транспортера необходимо определить значения усилий, мощностей, моментов и продолжительность их действия как на холостом ходу, так и под нагрузкой.

Сопротивление движению кормораздатчика в начальный момент времени при прямом движении

$$F_1 = 9,81f_1(m_1 + m_2),$$

где m_1 – масса кормораздатчика, кг;

m_2 – масса корма в бункере, кг.

Масса корма в бункере

$$m_2 = g_k n_1,$$

где g_k – количество корма, приходящегося на одно животное за кормление, кг/гол;

n_1 – количество животных в помещении, гол;

f_1 – коэффициент сопротивления передвижению колес.

Для привода кормораздатчика используется двухскоростной асинхронный двигатель с $n = 710/1420 \text{ мин}^{-1}$ [11].

Номинальная угловая скорость кормораздатчика – прямой ход, определяется по формуле:

$$\omega_{n1} = \frac{\pi n_1}{30},$$

где $n_1 = 1420 \text{ мин}^{-1}$.

Номинальная угловая скорость вращения электродвигателя КС–1,5 – обратный ход, определяется как:

$$\omega_{n2} = \frac{\pi n_2}{30},$$

где $n_2 = 710 \text{ мин}^{-1}$.

КПД передачи привода рассчитывается по формуле

$$\eta_{n1} = \eta_{p1} \eta_{q1},$$

где η_{p1} – КПД двухступенчатого цилиндрического редуктора, 0,96 [10];

η_{q1} – КПД цепной передачи, 0,96 [9].

Момент сопротивления

$$M_1 = \frac{F_1 v_n}{\eta_{n1} \omega_{n1}},$$

где v_n – скорость движения кормораздатчика при прямом движении, м/с;

В конце прямого движения кормораздатчика сопротивление передвижению определяется по формуле

$$F_2 = 9,81 f_2 m_2^1 + F_1,$$

где m_2^1 – масса удаляемого из кормушки корма, кг: $m_2^1 = 0,1 m_2$;

f_2 – коэффициент трения корма о дно и стенки кормушки.

Момент сопротивления

$$M_2 = \frac{F_2 v_n}{\eta_{n1} \omega_{n1}}.$$

Тяговое сопротивление движению транспортера с грузом определяется по формуле

$$F_3 = 9,81(f_3 m_3 + f_2 g_k n),$$

где m_3 – масса транспортерной ленты, кг: $m_3 = g_{mp} l_{mp}$,
 g_{mp} – вес одного погонного метра ленточного транспортера, кг/м;
 l_{mp} – длина ленточного транспортера, м;
 f_3 – коэффициент трения транспортерной ленты.
 КПД передачи привода транспортера

$$\eta_{n2} = \eta_{p1} \eta_{u1} \eta_{p2},$$

где η_{p2} – КПД одноступенчатого цилиндрического редуктора, $\eta_{p2} = 0,97$ [3].

Момент сопротивления работающего транспортера в процессе обратного передвижения, вычисляется

$$M_3 = \frac{F_1 v_o}{\eta_{n1} \omega_{n2}} + \frac{F_3 v_l}{\eta_{n2} \omega_{n2}},$$

где v_l – скорость движения транспортерной ленты, м/с.
 v_o – скорость движения кормораздатчика при обратном движении, м/с.

Тяговое сопротивление движению порожнего кормораздатчика

$$F_4 = 9,81 f_1 m_1.$$

Тяговое сопротивление движению ленточного транспортера

$$F_5 = 9,81 f_3 m_3.$$

Момент сопротивления в конце обратного движения кормораздатчика

$$M_4 = \frac{F_4 v_o}{\eta_{n1} \omega_{n2}} + \frac{F_5 v_l}{\eta_{n2} \omega_{n2}}.$$

При прямом движении момент трогания равен

$$M_{mp1} = 1,2M_1,$$

а на обратном движении момент трогания рассчитывается

$$M_{mp2} = 1,2M_3;$$

время работы кормораздатчика – прямое движение

$$t_1 = \frac{l_k}{v_n},$$

где l_k – длина кормушек, м.

Время работы кормораздатчика – обратное движение

$$t_2 = \frac{l_k}{v_o}.$$

На рисунке 2.16 представлена нагрузочная диаграмма, построенная по результатам расчета.

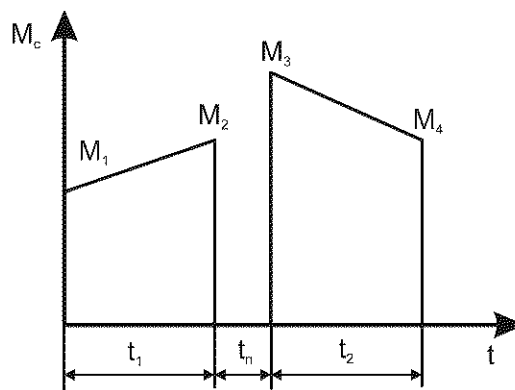


Рисунок 2.16 – Нагрузочная диаграмма самоходного бункерного кормораздатчика

Выбор мощности электродвигателя осуществляется по наибольшему моменту сопротивления

$$P_n = M_{mp} \omega_{\partial в},$$

где $\omega_{\partial в}$ – угловая скорость двигателя, $\omega_{\partial в} = \omega_{н2}$.

2.1.6 Кресло передвижения оператора доильной установки

Кресло доильной установки (рисунок 2.17) служит для перемещения оператора от одного доильного станка к другому. Стойка 1 кресла 2 в верхних и нижних направляющих 3 перемещается с помощью троса 4 приводимого в движение барабаном 5. Приводной барабан получает движение от двигателя через редуктор. Кресло может перемещаться с двумя скоростями. Привод 6 установлен на торцевой стене родильного помещения. Коэффициент трения роликов стойки кресла о направляющие $f_1 = 0,075$ [3].

Расчетные данные приведены в таблице 6 приложения Б.

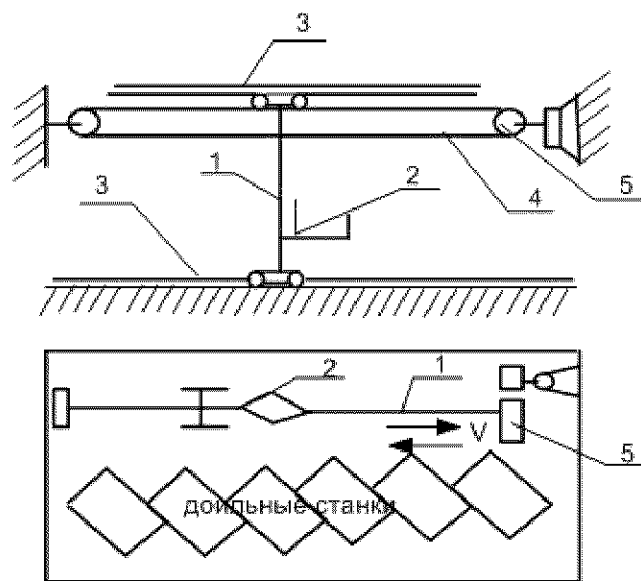


Рисунок 2.17 – Схема расположения в коровнике кресла передвижения оператора доильной установки «Комсомолка»:

1 – стойка; 2 – кресло; 3 – верхние и нижние направляющие; 4 – трос;
5 – барабан; 6 – привод

Усилие в тяговом тросе, находится по формуле

$$F = 9,81m_k f_1,$$

где m_k – масса кресла, кг;

f_1 – коэффициент трения роликов стойки кресла о направляющие.

Момент сопротивления рабочей машины определяется, как

$$M = \frac{F v_k}{\omega_{\text{дв}} \eta_p},$$

где v_k – скорость кресла, м/с;
 $\omega_{дв}$ – частота вращения вала двигателя, с⁻¹;
 η_p – КПД редуктора.
 Мощность электродвигателя рассчитывается

$$P = \frac{Fv_k}{\eta_p}.$$

По рассчитанным данным строится нагрузочная диаграмма (рисунок 2.18).

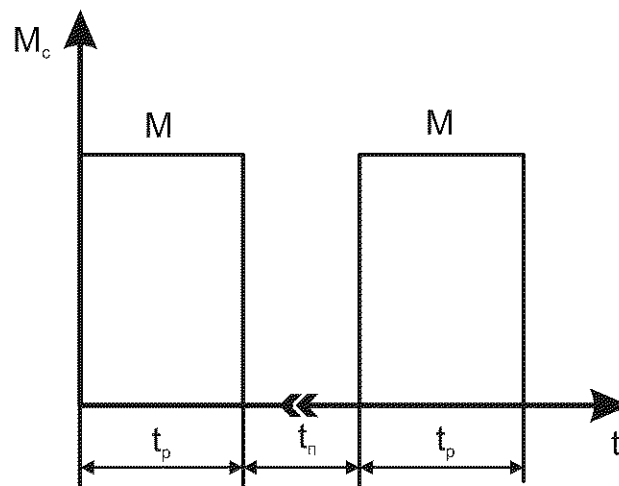


Рисунок 2.18 – Нагрузочная диаграмма рабочей машины

2.1.7 Водоснабжающая установка

Потребности в воде для нужд животноводства в десятки раз превышают потребности населения.

На фермах вода расходуется на производственно-технологические нужды (поение животных и птицы, приготовление кормов, мойку оборудования и животных, уборку помещений и т.д.), отопление, хозяйственно-питьевые нужды и противопожарные мероприятия.

Для животных установлены нормы потребления воды в сутки на одну голову. Например, для коров молочных пород - 100 л, в том числе 65 на поение; коров мясных пород - соответственно 70 и 65; молодняка крупного рогатого скота - 30 и 25; поросят-отъемышей - 5 и 2 л и т. д. [8].

Для обеспечения животноводческих ферм водой разработана система водоснабжения, представляющая собой комплекс взаимосвязанных машин, оборудования и инженерных сооружений, предназначенных для забора воды из источников, подъема ее на высоту, очистки, хранения и подачи к местам потребления. Состав машин и инженерных сооружений

зависит в основном от источника водоснабжения и требований, предъявляемых к качеству воды.

Система водоснабжения состоит из открытого (река, канал, озеро, водохранилище и т. п.) или закрытого (грунтовые и межпластовые воды) источника воды, водозаборного сооружения, водоподъемных машин и установок, сооружения для очистки воды (при открытых водоисточниках), резервуара чистой воды, насосной станции вторичного подъема воды, напорно - регулирующего сооружения, наружной и внутренней водопроводных сетей и водоразборных устройств. Общая схема водоснабжения из открытого источника показана на рисунке 2.19.

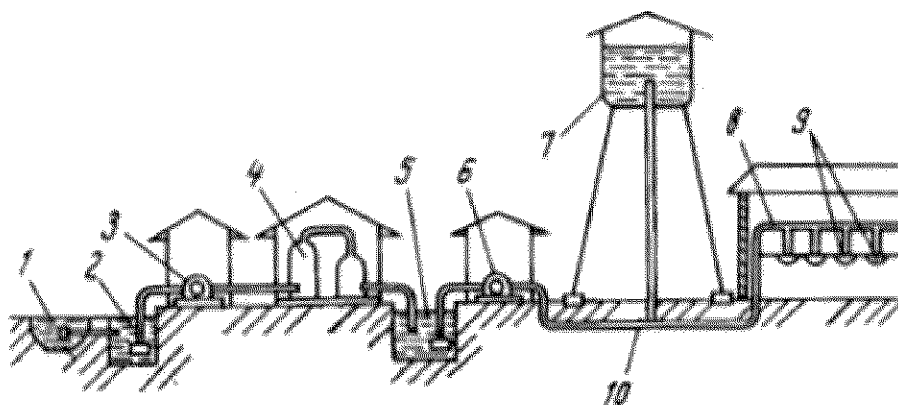


Рисунок 2.19 – Схема автоматизированного водоснабжения:

1 – источник воды; 2 – водозаборное сооружение; 3 – насосная станция первого подъема воды; 4 – очистное сооружение; 5 – резервуар для чистой воды; 6 – насосная станция второго подъема; 7 – напорное сооружение; 8 – внутренний водопровод; 9 – водораздаточные устройства; 10 – внешний водопровод

Очистные сооружения, резервуары чистой воды и насосная станция второго подъема могут отсутствовать, если вода подается из закрытых источников и соответствует стандарту на питьевую воду.

Для животноводческой фермы необходимо определить потребность в воде, произвести выбор насоса и электрического двигателя к нему, а также осуществить подбор водоснабжающей установки (рисунок 2.20)

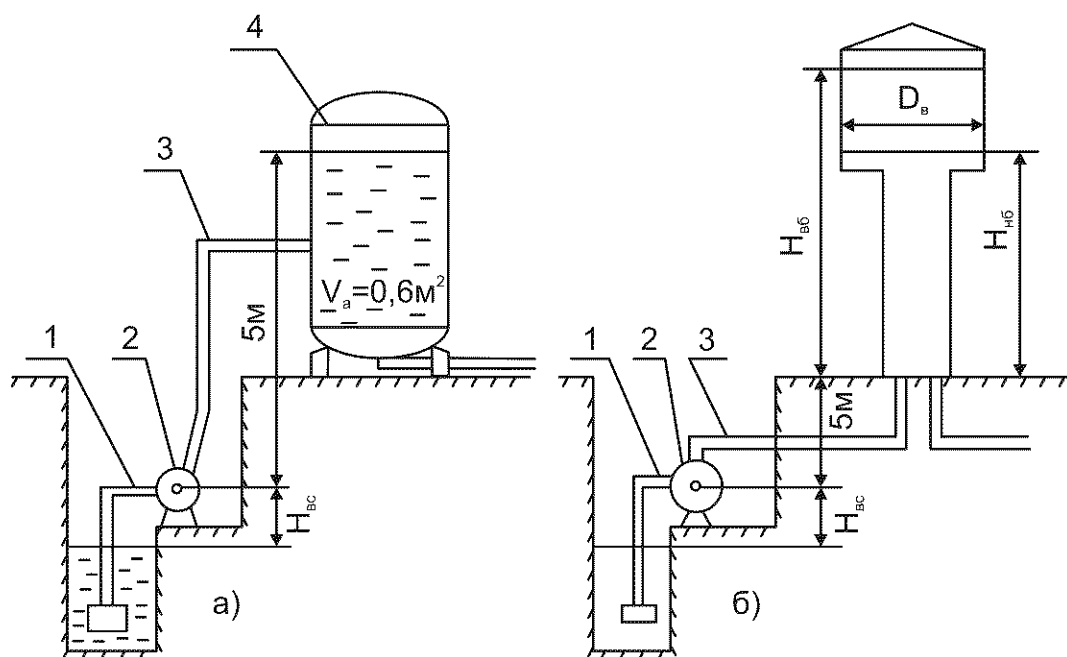


Рисунок 2.20 – Водоснабжающая установка: а) безбашенная; б) башенная

Водоснабжающая установка состоит из всасывающего трубопровода 1, насосного агрегата 2, нагнетательного трубопровода 3 и напорной емкости 4 (воздушно-водяного котла, рисунок 2.20 а) или напорного бака (рисунок 2.20 б). Выбор варианта технологической схемы производится в результате расчета.

Расчетные данные по вариантам приведены в таблице 7 приложения Б.

Выбирают насос, исходя из следующих условий:

$$H_H \geq H_p; Q_H \geq Q_{\max.ч},$$

где H_H – напор, создаваемый насосом, м;

H_p – расчетный напор, м;

Q_H – производительность насоса, м³/ч;

$Q_{\max.ч}$ – максимальный часовой расход воды на ферме, м³/ч.

Максимальный часовой расход воды рассчитывается по выражению

$$Q_{\max.ч} = \frac{K_c K_q Q_c}{24\eta},$$

где K_c – коэффициент суточной неравномерности расхода воды;

K_q – коэффициент часовой неравномерности расхода воды ($K_q = 2,5$ для ферм с автопоением; $K_q = 4,5$ для ферм без автопоения; $K_q = 2,0$ для коммунального сектора) [3];

Q_c – суточное потребление воды, м³ /сут;

η – КПД насосной установки, учитывающий потерю воды от насоса до потребителя; $\eta = 0,9$ [3].

Суточное потребление воды зависит от числа потребителей и расхода воды каждым потребителем и находится, как.

$$Q_c = q_1 N_1 + q_2 N_2 + \dots + q_m N_m$$

где $q_1 q_2 \dots, q_m$ – суточная норма расхода воды отдельными видами потребителей, м³/сут;

$N_1 N_2 \dots N_m$ – число потребителей соответствующего вида.

Расчетный напор

$$H_p = H_z + H_n + H_c,$$

где H_z – геодезический напор – высота подъема воды от нижнего до верхнего уровня, м;

H_n – потери напора во всасывающем и напорном трубопроводах, м;

H_c – свободный напор, м.

Геодезический напор

$$H_z = H_{ск} + H_{в.с} + H_б,$$

где $H_{ск}$ – глубина скважины; $H_{ск} = 117$ м [8];

$H_{в.с}$ – высота водяного столба в скважине; $H_{в.с} = 10$ м [8];

$H_б$ – высота башни; $H_б = 18$ м [8].

Потери напора по длине трубопровода

$$H_n = \frac{v}{2g} \left(\alpha \frac{L}{d} + \sum \beta \right),$$

где v – скорость движения воды; $v = 1$ м/с [8];

g – ускорение свободного падения; $g = 9,81$ м/с²;

α – коэффициент сопротивления, зависящий от скорости движения воды и материала труб (для труб из чугуна $\alpha = 0,02$; из бетона $\alpha = 0,022$; из асбоцемента $\alpha = 0,025$) [10];

L – длина трубопровода; м;

d – диаметр трубопровода, м;

$\sum \beta$ – суммарные потери напора в местных сопротивлениях; $\sum \beta = 3,5$ м;

H_c – свободный напор при одноэтажной застройке, у водоразборных колонок, при выходе воды из водопроводов $H_c = 10$ м.

По расчетному напору и производительности, исходя из вышеуказанных условий, выбирают насос: тип; производительность Q_n ; напор H_n ; КПД насоса η ; частоту вращения насоса n_n .

Мощность насосного агрегата

$$P_n = \frac{K_3 H_p Q_{\max.ч} \gamma}{3600 \eta_n \eta_n 10^3}$$

где K_3 – коэффициент запаса, $K_3 = 1,1 \dots 1,3$ [3];

γ – удельный вес воды, Н/м³;

η_n – КПД передачи (для прямой передачи $\eta = 1$, зубчатой $\eta_n = 0,97$, плоскоременной $\eta_n = 0,95$);

η_n – КПД насоса (для центробежных насосов $\eta_n = 0,4 \dots 0,8$; для вихревых $\eta_n = 0,25 \dots 0,5$).

На выбор двигателя насосной установки влияет режим ее работы, который характеризуется продолжительностью включения

$$ПВ = \frac{t_p}{t_p + t_n} 100\%,$$

где t_p – время работы насосной установки, ч;

t_n – время паузы насосной установки, ч.

Время работы насосной установки

$$t_p = \frac{V_p}{Q_n - Q_{\max.ч}} 100\%,$$

где V_p – регулируемый объем бака, м³;

$$V_p = \frac{\pi D_0^2}{4} h_p.$$

Время паузы насосной установки

$$t_n = \frac{V_p}{Q_{\max.ч}}$$

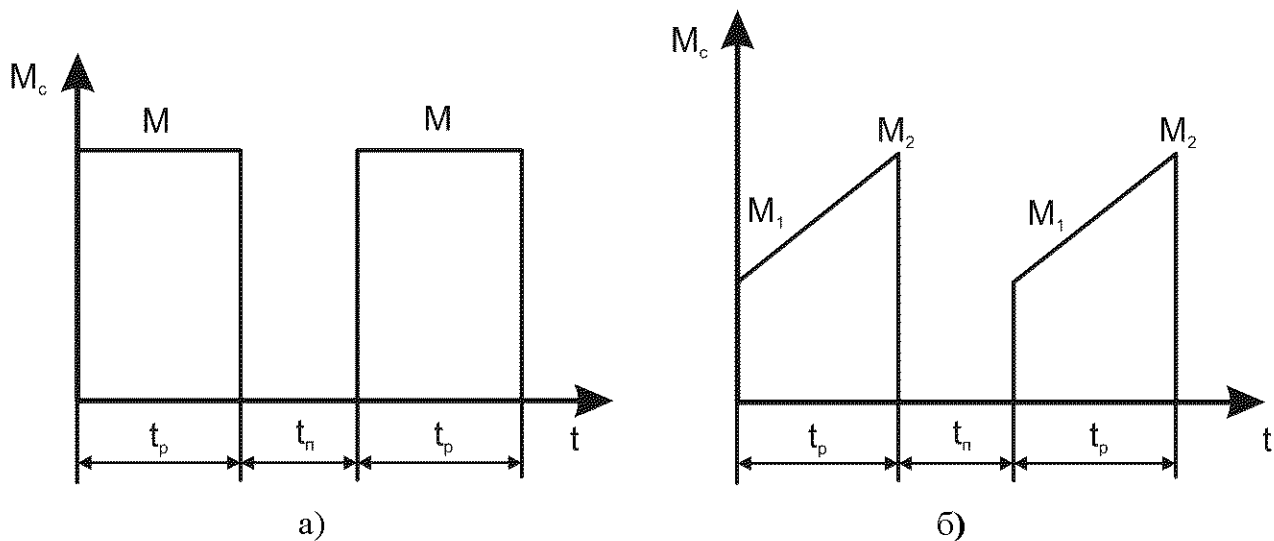


Рисунок 2.21 – Нагрузочная диаграмма водоснабжающей установки:
а) башенной; б) безбашенной

По рассчитанным данным строится нагрузочная диаграмма (рисунок 2.21).

2.1.8 Агрегат приготовления витаминной муки

Агрегат витаминной муки типа АВМ-0,4 предназначен для искусственной сушки травы (люцерна, клевер и т.д.), последующего ее дробления в муку и затаривания в мешки.

Предварительно измельченная до размеров 10-20 мм зеленая масса ленточно-планчатый транспортером 1 подается во вращающийся сушильный барабан. Дизельное топливо насосом 9 через форсунку подается в камеру сгорания. Вентилятором большого циклона 3 зеленая масса протягивается через сушильный барабан и через дозатор 4 поступает в дробилку 5. Травяная мука вентилятором малого циклона 6 всасывается из дробилки и через дозатор подается в шнек 8 мешкователя. Двигатели дробилки, вентиляторов и насоса соединены с валами рабочих машин муфтами. Остальные – через цилиндрические планетарные редукторы. Для привода вентиляторов установлены фланцевые двигатели с вертикальным расположением вала, двигатели других машин горизонтального расположения – со станиной на лапах и фланцем на щите. Обмотки двигателя дробилки рассчитаны для нормальной работы по схеме треугольник.

Пуск двигателя производится при соединении обмоток в звезду. Потребляемая мощность машин и скорость двигателей агрегата: дробилки – 28 кВт, 3000 об/мин; вентилятора большого циклона – 14 кВт, 1500 об/мин; вентилятора малого циклона – 4,5 кВт, 3000 об/мин; бараба-

на – 2,5 кВт, 1500 об/мин; дозатора большого циклона, транспортера, шнека – 1,5 кВт (каждого), 1500 об/мин; дозатора малого циклона, насоса – 0,9 кВт (каждого), 1500 об/мин.

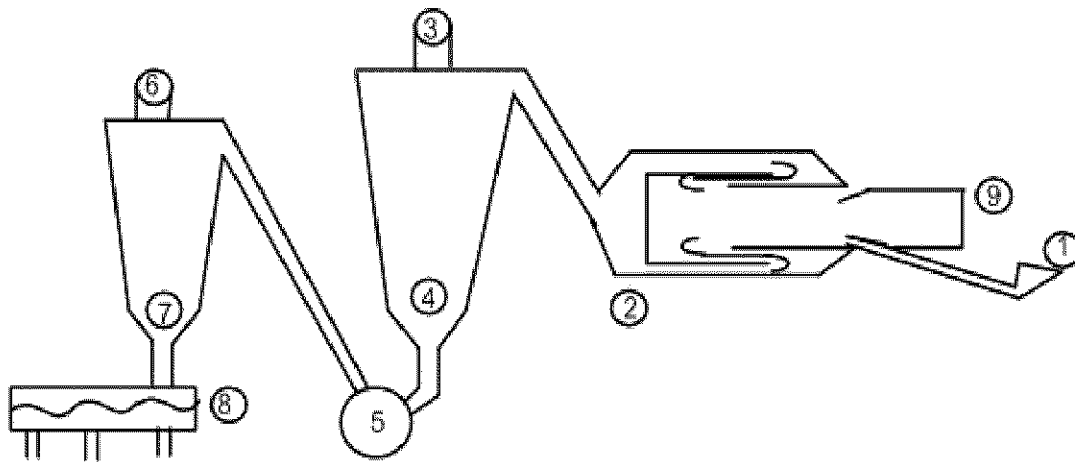


Рисунок 2.22 – Агрегат приготовления витаминной муки

Удельная плотность травы

$$\rho = \frac{286,06W + 1,15W^2 - 5605,15}{W},$$

где W – влажность травы, $W=75\%$ ($W=0,75 \cdot 100$).

Секундная производительность дробилки

$$Q_{op} = K_{изм} DL,$$

где $K_{изм}$ – коэффициент характеризующий выход готового продукта с 1 см^2 площади, $K_{изм} = 0,5 \dots 0,8$ [7];

D – диаметр ротора дробилки, 0,6 м [7];

L – длина ротора дробилки, 0,65 м [7].

Часовая производительность

$$Q = Q_{op} 3600$$

Номинальная частота вращения ротора дробилки

$$n = \frac{60Q}{3,6k\rho D^2 L},$$

где k – коэффициент зависящий от сита, $k = 0,13$ [7].

Для построения механической характеристики рабочей машины необходимо определить ее энергетические показатели, которые рассчитываются из формул

$$P_{\Sigma} = P_{изм} + P_{вент} + P_{хх} = (1,15...1,2)P_{изм} ;$$

$$P_{изм} = A_u q_{ор},$$

где A_u – удельные энергозатраты на процесс измельчения.
Удельные энергозатраты на процесс измельчения

$$A_u = C_1 \lg \lambda^3 + C_2 (\lambda - 1)$$

где C_1 и C_2 – коэффициенты, зависящие от физико-механических свойств измельчаемого материала, для травы $C_1 = 410^3$ Дж/кг, $C_2 = 710^3$ Дж/кг [7];

λ – степень измельчения, $\lambda = \frac{D}{d}$;

где D – средний размер частиц до измельчения $D=10...20$ мм [8];
 d – средний размер частиц после измельчения, $d= 1$ мм [8].

Момент сопротивления при номинальной скорости определяется из выражения

$$M_{сн} = \frac{P_n}{\omega_n},$$

где P_n – номинальная мощность машины, Вт;
 ω_n – номинальная угловая скорость машины, рад/с.
Момент трогания дробилки составляет

$$M_{тр} = (0,2...0,3)M_{сн}.$$

Выбор сечения соединительной линии 0,4 кВ агрегата АВМ

Выбор сечения линии электроснабжения производится исходя из условий устойчивой работы других двигателей агрегата при запуске электродвигателя дробилки.

Допустимое падение напряжения определяются по формуле

$$\Delta U_{\partial on} = \left(1 - \sqrt{\frac{M_{назр}}{M_{max}}} \right) 100,$$

где $M_{назр} = 1$ – момент нагрузки ранее включенных двигателей, считается, что ранее включенные двигатели имеют номинальную нагрузку;
 $M_{max} = 2,2$ – наименьшая кратность критического момента ранее включенных двигателей.

Фактическое снижение напряжения при пуске двигателя дробилки

$$\Delta U_{\phi} = \frac{Z_{mp} + Z_{л}}{Z_{mp} + Z_{л} + Z_{\partial}},$$

где Z_{mp} – полное сопротивление фазы трансформатора при коротком замыкании, Ом;

$Z_{л}$ – полное сопротивление соединительной линии, Ом;

Z_{∂} – полное пусковое сопротивление электродвигателя, Ом;

$$Z_{mp} = \frac{U_{нт} + U_{к \%}}{100 I_{н.т.}},$$

где $U_{нт}$ – номинальное фазное напряжение трансформатора, В;

$U_{к \%}$ – напряжение короткого замыкания трансформатора, В;

$I_{н.т.}$ – номинальный ток трансформатора, А.

Номинальный ток находится по выражению

$$I_{нт} = \frac{S}{\sqrt{3} U_{нл}},$$

с учетом активной мощности

$$I_{нт} = \frac{P_{н}}{\sqrt{3} U_{нл} \cos \varphi_{н} \eta_{н}}.$$

Сопротивление электродвигателя

$$Z_{\partial в} = \frac{U_{н}}{K_i I_{\partial в}},$$

где K_i – кратность пускового тока;
 $I_{\text{об}}$ – номинальный ток двигателя, А.
Полное сопротивление линии.

$$Z_{\text{л}} = Z_0 L,$$

где Z_0 – сопротивление одного километра провода, Ом;
 L – длина линии, км.

Находится ΔU_{ϕ} и исходя из неравенства $\Delta U_{\phi} \leq \Delta U_{\partial}$ делается вывод о возможности запуска дробилки.

2.1.9 Зерноочистительный агрегат ЗАВ-20

Зерноочистительный агрегат ЗАВ-20 (рисунок 2.23) является базовой моделью зерноочистительных пунктов; он предназначен для послеуборочной обработки зерна (очистки, сортировки и сушки) и используется в тех зонах страны, где влажность зерна в период уборки не превышает 18 % и нет необходимости в его искусственной сушке. Производительность установки 20 т/час продовольственного зерна и 10 т/ч семенного зерна.

Состав: агрегат ЗАВ-20 состоит из строительной части и набора машин и оборудования.

Строительная часть включает:

- завальный бункер;
- площадку для установки автомобилеподъемника;
- пандус для въезда автомашины на автомобилеподъемник;
- фундамент под опоры металлической арматуры агрегата.

В набор машин и оборудования входят:

- автомобилеподъемник 1;
- завальный бункер 2;
- загрузочная нория 3;
- две воздушно-решетные зерноочистительные машины 4;
- два триерных блока (триер – машина для очистки и сортировки зерна) 7;
- централизованная воздушная система 5 с пневмотранспортером;
- два передаточных транспортера 6 и 8;
- блок бункеров: бункер очищенного зерна 9, бункер отходов 10, бункер фуража 11 и бункер резерва 12;
- пульт управления с системой автоматического контроля уровней фракций в секциях блока бункеров;

- зернопроводы.

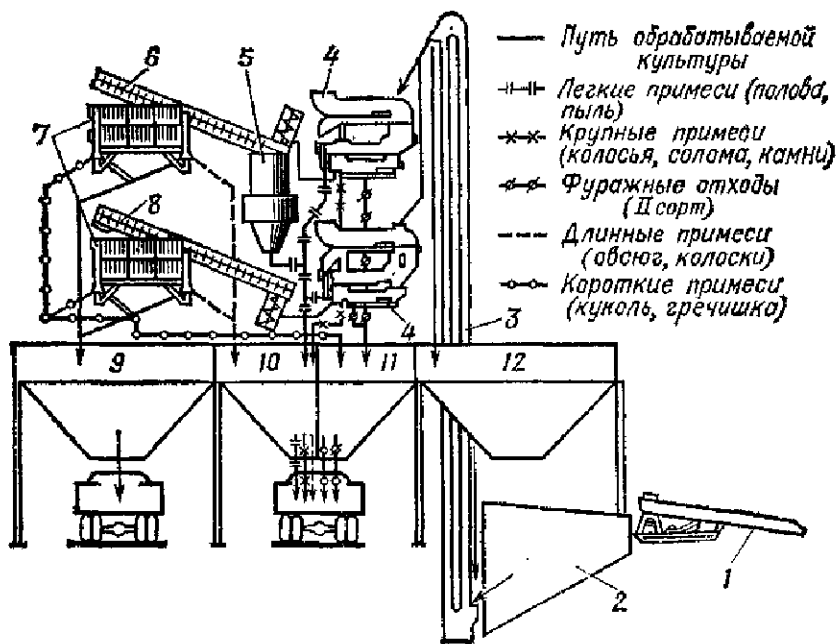


Рисунок 2.23 – Технологическая схема зерноочистительного агрегата ЗАВ - 20

Все машины и оборудование связаны между собой по производительности и смонтированы на блоке бункеров, к которому крепится перекрытие.

Автомобилеподъемник

В автомобилеподъемнике электрическим двигателем приводится в движение масляный насос мощность которого определяется по формуле

$$P_n = \frac{\kappa_3 Q_n H_n}{\eta_n \eta_n},$$

- где κ_3 – коэффициент запаса, $\kappa_3 = 1,3$ [3];
 Q – секундная производительность насоса, m^3/c ;
 H – давление развиваемое насосом, Па;
 η_n – КПД передачи, $\eta_n = 1$ [3];
 η_n – КПД насоса.

Для определения режима работы масляного насоса необходимо определить продолжительность его включения

$$ПВ = \frac{t_p}{t_ц},$$

где t_p – время работы масляного насоса, которое равно времени подъема платформы автомобилеподъемника, с;
 $t_{ц}$ – продолжительность цикла, с.

$$t_{ц} = \frac{3600}{N},$$

где N – количество разгружаемых машин в час.

Исходя из режима работы ЗАВ-20 необходимо определить мощность электродвигателя автомобилеподъемника.

Вентилятор пневматического транспортера

Мощность вентилятора рассчитывается, как

$$P_{в} = \frac{\kappa_{з} Q_{в} H_{в}}{\eta_{в} \eta_{н}}.$$

2.1.10 Электропривод крановых механизмов

Кран-балка предназначена для работы в ремонтно-механической мастерской. Она состоит из балки 1 передвигаемой вдоль цеха, тельфера 2, служащего для подъема, спуска и поперечного перемещения груза (рисунок 2.24).

Привод механизма передвижения балки, подъема груза и передвижения тельфера осуществляется от отдельных электродвигателей через редукторы. Спуск груза производится в режиме генераторного торможения. Питание энергией двигателей осуществляется от троллейных проводов. Пусковая и защитная аппаратура установлена на кран-балке.

Расчетные данные по вариантам приведены в таблице 10 приложения Б. Коэффициент трения качения колес балки $f_{б} = 0,05$, тельфера $f_{т} = 0,03$, коэффициент трения в цапфах $\mu = 0,015$; коэффициент, учитывающий дополнительные сопротивления в ребордах колес, торцах ступиц $\alpha = 2,5$ [7].

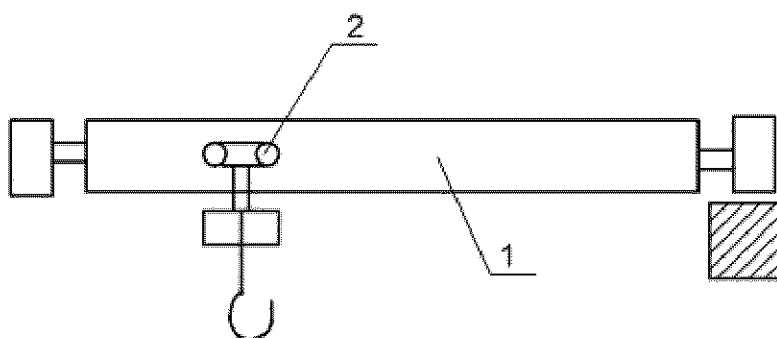


Рисунок 2.24 – Кран-балка: 1 – балка; 2 – тельфер

Для определения режимов работы крановых механизмов и выбора к ним электрических двигателей необходимо определить значения усилий, мощностей и продолжительность их действия, как под нагрузкой, так и на холостом ходу.

Механизм передвижения

Величина суммарного усилия под нагрузкой при пуске для механизма передвижения

$$\sum F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4,$$

где F_1 – усилие, необходимое для преодоления сопротивления движению кран-балки на горизонтальном прямолинейном участке пути, Н;

F_2 – усилие, необходимое для перемещения кран-балки по вертикали, Н;

F_3 – усилие, связанное с преодолением действия ветровой нагрузки, Н;

F_4 – динамическое усилие, связанное с разгоном и торможением кран-балки, Н.

Усилие, необходимое для преодоления сопротивления движению кран-балки на горизонтальном прямолинейном участке пути

$$F_1 = 9,81K_p (m_e + m_{\sigma})(\mu_e + f_{\sigma}) \frac{1}{R} \cos \alpha,$$

где r – радиус шейки оси колеса балки, м;

R – радиус колеса балки; $R = 0,225$ м [12];

α – угол наклона путей к горизонту; $\alpha = 0$ [12].

Усилие, необходимое для перемещения кран-балки по вертикали

$$F_2 = 9.81(m_e + m_{\sigma}) \sin \alpha$$

Усилие, связанное с преодолением действия ветровой нагрузки

$$F_3 = F_0 S,$$

где F_0 – удельная ветровая нагрузка, Н;

S – площадь, подверженная действию ветра под углом 90° по вертикали, м^2 .

Удельная ветровая нагрузка

$$F_0 = q_0 n_e c \beta$$

где q_0 – скоростной напор ветра на высоте 10 м над поверхностью; $q_0 = 0,63v^2$ [12];

n_e – коэффициент, учитывающий возрастание скоростного напора в зависимости от высоты (до 10 м $n_e = 1$, до 20 м $n_e = 1,32$) [12];

c – аэродинамический коэффициент (для конструкций из труб $c = 0,8 \dots 1,2$, для коробчатых конструкций $c = 1,2 \dots 1,3$) [12];

β – коэффициент динамичности, учитывающий пульсирующий характер ветровой нагрузки; $\beta = 2$ [12].

В связи с тем, что в условиях цеха скоростью ветра можно пренебречь, а удельная ветровая нагрузка равна нулю, тогда

$$F_4 = (m_z + m_6) \frac{dv}{dt},$$

где $\frac{dv}{dt}$ – ускорение при разгоне кран-балки; $\frac{dv}{dt} = 0,8 \text{ м/с}^2$ [12].

В установившемся режиме под нагрузкой суммарное усилие

$$\sum F_y = F_1 + F_2 + F_3.$$

Мощность механизма передвижения кран-балки при разгоне под нагрузкой

$$P_1 = \frac{\sum Fv}{\eta_6}.$$

В установившемся режиме значение потребляемой мощности механизма передвижения кран-балки находится, из выражения

$$P_2 = \frac{\sum F_y v}{\eta_{\delta}}.$$

На холостом ходу значения усилий и мощностей при пуске и установившемся режиме рассчитывается:

$$\sum F_{n.x.} = F'_{1x} + F'_{4x};$$

$$F'_{1x} = 9,81K_p m_{\delta} (\mu_2 + f_{\delta}) \frac{1}{R} \cos \alpha;$$

$$F'_{4x} = m_{\delta} \frac{dv}{dt};$$

$$P_3 = \frac{\sum F_{n.x.} v}{\eta_{\delta}};$$

$$P_4 = \frac{F'_{1x} v}{\eta_{\delta}}.$$

Для определения режима работы механизма передвижения кран-балки необходимо установить продолжительность включения, предварительно определив время пуска, время движения кран-балки как с грузом, так и на холостом ходу, и построить нагрузочную диаграмму.

Время разгона кран-балки до установившейся скорости движения

$$t_1 = \frac{v_{\delta}}{dv/dt}.$$

Время передвижения кран-балки при постоянной нагрузке

$$t_2 = \frac{l_{\delta}}{v_{\delta}}.$$

Время опускания груза и подъема захватывающего устройства

$$t_3 = \frac{2H}{v_{\Gamma}}.$$

Время разгона кран-балки до установившейся скорости движения при возвращении ее в исходное положение

$$t_4 = t_1.$$

Продолжительность перемещения кран-балки в исходное положение с постоянной скоростью движения

$$t_5 = t_2.$$

Продолжительность опускания захватывающего устройства и поднятия груза

$$t_6 = t_3.$$

Нагрузочная диаграмма механизма перемещения кран-балки показана на рисунке 2.25.

Относительная продолжительность включения

$$ПВ = \frac{t_1 + t_2 + t_4 + t_5}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6}.$$

Как видно из нагрузочной диаграммы, механизм передвижения кран-балки работает в перемежающемся режиме с продолжительностью включения свыше 60 %.

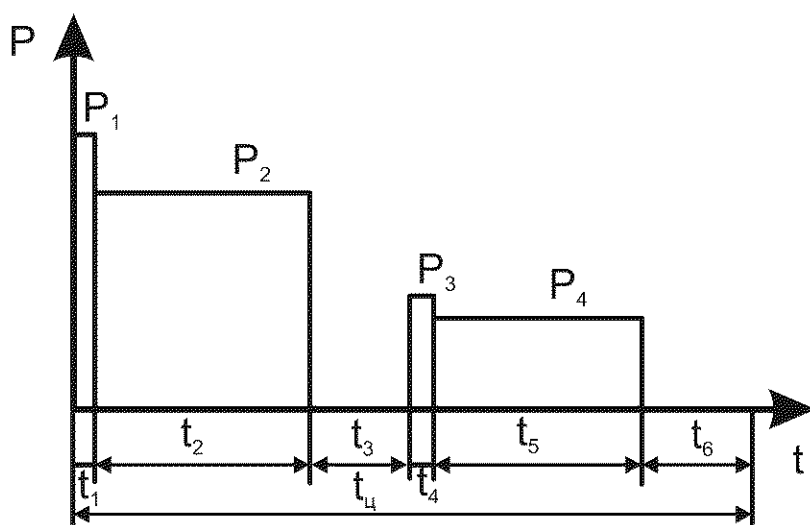


Рисунок 2.25 – Нагрузочная диаграмма механизма передвижения кран-балки

В связи с этим выбор электрического двигателя для механизма передвижения кран-балки производят с учетом методов, применяемых для длительной переменной нагрузки.

Эквивалентное значение мощности определяется

$$P_{\text{эк}} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + P_3^2 t_4 + P_4^2 t_5}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6}}.$$

Механизм подъема

Величина суммарного усилия под нагрузкой при пуске

$$\sum F = F_1 + F_2,$$

где F_1 – усилие подъема в установившемся режиме, Н;
 F_2 – величина динамического усилия, возникающего при пуске механизма подъема, Н.

$$F_1 = 9,81(m_{\Gamma} + m_3),$$

где m_{Γ} , m_3 – соответственно масса груза ($m_{\Gamma} = 4\ 000$ кг), масса захватывающего устройства ($m_3 = 50$ кг) [12].

$$F_2 = (m_{\Gamma} + m_3) \frac{dv}{dt},$$

где $\frac{dv}{dt}$ – величина ускорения при подъеме груза; $dv/dt = 0,2$ м/с [12].

Значения потребных мощностей механизма подъема при пуске и установившемся режиме соответственно:

$$P_1 = \frac{\sum F v_{\Gamma}}{\eta_n};$$

$$P_2 = \frac{F_1 v_1}{\eta_n}.$$

Суммарное усилие при пуске механизма подъема на холостом ходу

$$\sum F_{\text{х.х.}} = F_3 + F_4,$$

где F_3 – усилие подъема на холостом ходу в установившемся режиме, Н;
 F_4 – значение динамического усилия на холостом ходу, Н.

$$F_3 = 9,81m_3;$$

$$F_4 = m_0 \frac{dv}{dt}.$$

Расчетные формулы мощностей механизма подъема, работающего на холостом ходу в процессе запуска и в установившемся режиме работы:

$$P_3 = \frac{\sum F_{x.x} \cdot v_{\Gamma}}{\eta_n};$$

$$P_4 = \frac{F_3 v_1}{\eta_n}.$$

Для определения режима работы механизма подъема необходимо установить продолжительность действия соответствующих усилий и мощностей.

В данном случае полный цикл перемещения груза состоит из следующих операций:

- подъем груза;
- перемещение в заданную точку;
- опускание груза;
- подъем захватывающего устройства;
- возвращение кран-балки в исходное положение;
- опускание захватывающего устройства.

Рассматривая пуск и торможение механизма подъема кран-балки как равноускоренное или равнозамедленное движение, можно определить его продолжительность:

$$t_1 = \frac{v_{\Gamma}}{dv/dt}.$$

Время подъема и опускания груза с постоянной нагрузкой

$$t_2 = \frac{H}{v_{\Gamma}}.$$

Продолжительность паузы механизма подъема соответствует продолжительности передвижения кран-балки:

$$t_3 = \frac{L}{v_6}.$$

Время, в течение которого происходят захват груза и его освобождение от захватывающего устройства, равно $t_3 = 2$ с [12].

Нагрузочная диаграмма механизма подъема показана на рисунке 2.26.

Продолжительность включения механизма подъема определяют по данным нагрузочной диаграммы:

$$ПВ = \frac{t_1 + t_2 + t_4 + t_5 + t_7 + t_8 + t_{10} + t_{11}}{t_y}.$$

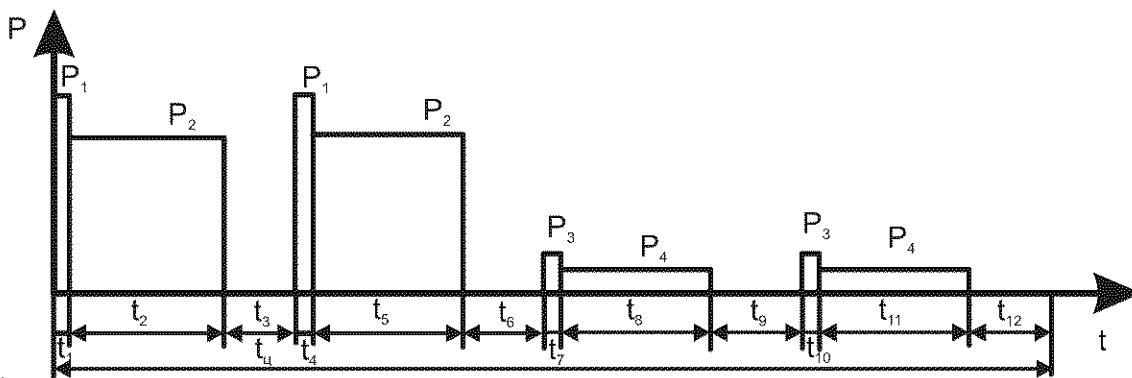


Рисунок 2.26 – Нагрузочная диаграмма механизма подъема кран-балки

Из нагрузочной диаграммы следует, что привод механизма подъема работает в повторно-кратковременном режиме с переменной нагрузкой в цикле. При этом эквивалентное значение мощности будет определяться по формуле

$$P_{эк} = \sqrt{\frac{2P_1^2 t_1 + 2P_2^2 t_2 + 2P_3^2 t_7 + 2P_4^2 t_8}{t_y}}$$

2.2 ПОСТРОЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Механическая характеристика электродвигателя строится по следующему алгоритму.

Номинальный момент определяется по формуле:

$$M_n = 9,55 \frac{P_n}{n_n},$$

где P_n – номинальная мощность двигателя, Вт;
 n_n – номинальная частота вращения, мин⁻¹.

Номинальное скольжение определяется как:

$$S_n = \frac{n_o - n_n}{n_o},$$

где n_o – синхронная частота вращения, мин⁻¹.

Критический момент находится по выражению:

$$M_{кр} = \lambda_{кр} M_n,$$

где $\lambda_{кр}$ – кратность критического момента.

Критическое скольжение рассчитывается по уравнению:

$$S_{кр} = S_n \left(\lambda_{кр} + \sqrt{\lambda_{кр}^2 - 1} \right)$$

Минимальный момент определяется по формуле:

$$M_{min} = \lambda_{min} M_n,$$

где λ_{min} – кратность минимального момента.

Скольжение минимальное принимается $S_{min} = 0,8 \dots 0,85$ [1].

Пусковой момент равен:

$$M_n = \lambda_n M_n,$$

где λ_n – кратность пускового момента.

Угловая скорость для нескольких значений скольжений:

$$\omega_i = \omega_o(1 - S_i).$$

Расчетные значения сводятся в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Расчетные данные для построения механической характеристики электродвигателя

S_i	1	0,85	$S_{кр}$	S_H	0
$M_i, Нм$	$M_{п}$	M_{min}	$M_{кр}$	M_H	0
ω_i, c^{-1}	0	ω_{min}	$\omega_{кр}$	ω_H	ω_0

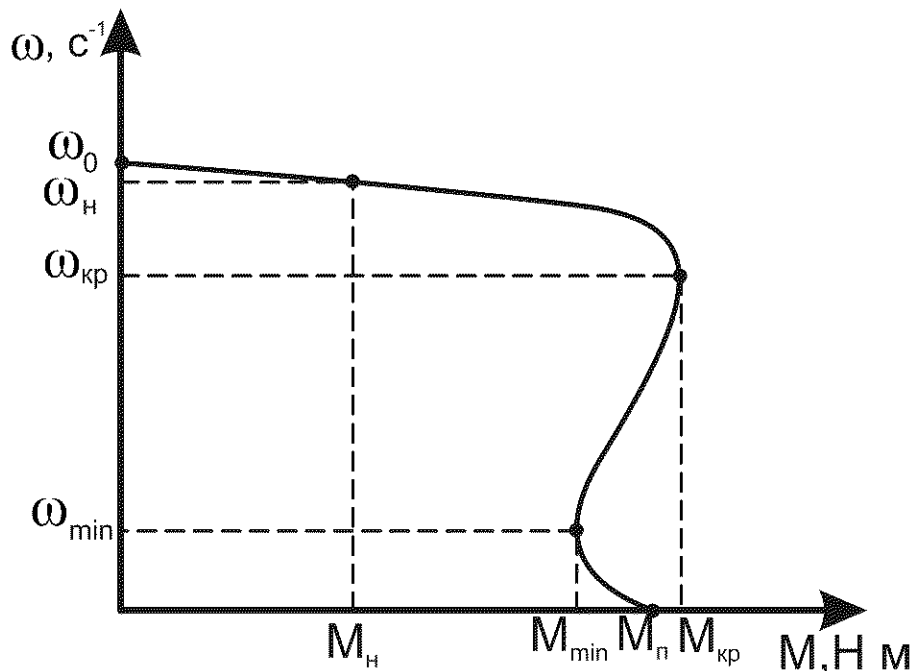


Рисунок 2.31 – Механическая характеристика электродвигателя

2.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИВЕДЕННОГО МОМЕНТА ИНЕРЦИИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ – РАБОЧАЯ МАШИНА

Эти характеристики определяют величину и характер изменения момента инерции подвижных частей машины.

Величина момента инерции машин определяется массой движущихся деталей и грузов, а также радиусами инерции. Приведенный к валу двигателя момент, инерции зависит и от кинематической характеристики системы двигатель - машина.

Величину приведенного к валу двигателя момента инерции машины необходимо определить как для холостого хода, так и для работы под нагрузкой.

Момент инерции машины определяется исходя из равенства запасов кинетической энергии:

$$J = J_M \frac{\omega^2}{\omega_\delta^2} + m \frac{v^2}{\omega_\delta^2},$$

где J_M – момент инерции частей машины, совершающих вращательное движение с угловой скоростью относительно оси вращения, кг·м²;
 m – масса деталей и грузов, совершающих поступательное движение, Н;
 v – скорость поступательного движения, м/с;
 ω_δ – угловая скорость вала двигателя, рад/с.

Для деталей цилиндрической формы (см. телескопический кормо-раздаточный транспортер, кресло передвижения оператора доильной установки, агрегат витаминной муки, зерноочистительный агрегат ЗАВ-20) момент, инерции относительно оси вращения определяется по формуле

$$J = m \frac{R^2}{2}$$

где m – масса вращающейся детали, равная ее весу, Н;
 R – геометрический радиус детали, м.

При работе под нагрузкой момент инерции увеличивается за счет перемещения материала.

Момент инерции редукторов следует принимать ориентировочно равным $J_p = 1,1J_{\delta\epsilon}$ момента инерции двигателя. Момент инерции ДВС (обкаточно-испытательный стенд) принимается равным моменту инерции электродвигателя.

В каталогах на электродвигатели в настоящее время дается: величина махового момента (GD^2) в кг·м². Для нахождения момента инерции в системе СИ необходимо воспользоваться соотношением

$$J = \frac{GD^2}{2}.$$

При расчетах приводных характеристик рабочих машин следует учитывать только сведения, приведенные в задании. Отсутствие данных для определения усилий или моментов инерции некоторых деталей указывает на то, что этими величинами можно пренебречь.

2.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПУСКА СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ – РАБОЧАЯ МАШИНА

Для определения времени пуска системы необходимо воспользоваться основным уравнением движения электропривода:

$$M_{\text{дин}} = M_{\text{дв}} - M_c = J \frac{d\omega}{dt},$$

где J – момент инерции системы, кгм²;

$M_{\text{дв}}$ – момент электродвигателя, Н м;

M_c – момент сопротивления рабочей машины, Н м.

Динамическая характеристика строится графическим способом.

Для определения времени пуска рекомендуется воспользоваться методом пропорций.

В основе метода лежит представление переменных в виде приращений:

$$\frac{(M_{\text{дв}} - M_c)}{J} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}.$$

Ось скорости вращения разбивают на ряд интервалов, на каждом из которых динамический момент принимают постоянным. В соответствующем масштабе по угловой скорости μ_ω ((рад/с)/см), по моменту μ_m (Н·м/см), по моменту инерции системы μ_J (кгм²/см), определяется масштаб по времени:

$$\mu_t = \frac{\mu_J \mu_\omega}{\mu_m}.$$

На оси моментов откладывают отрезок ОА в масштабе, который характеризует момент инерции системы. Дальнейшее построение ведут в следующем порядке: переносят абсциссу первой ступени $M_{\text{дин}}$ в масштабе на ось ординат полученную точку соединяют прямой с точкой N_1 . Из точки О влево от оси ординат проводят прямую, параллельную лучу N_1 , до пересечения с прямой в точке АІ, проведенной через ординату ω .

Для следующих ступеней определяем аналогичным образом.

Время разгона получается из суммирования отрезков отдельных участков.

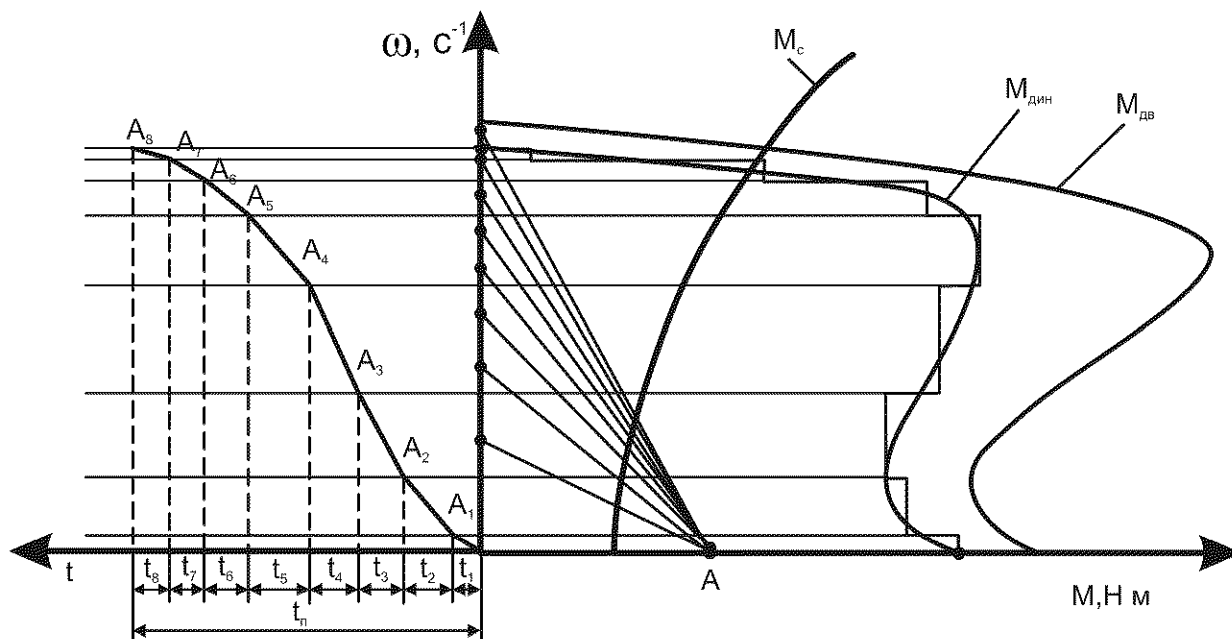


Рисунок 2.32 – Определение времени разгона системы методом пропорций

2.5 ПРОВЕРКА ВЫБРАННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПО НАГРЕВУ, ПЕРЕГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПУСКА

В общем случае выбранный электродвигатель проверяется по условиям пуска, перегрузочной способности и по нагреву.

Проверка выбранного электродвигателя по нагреву производится по его нагрузочной диаграмме $I = f(t)$ для приводов: штангового транспортера, кареточно-скреперного транспортера, кресла передвижения оператора, водоснабжающей установки, кран-балки, подъемника ЗАВ-20 и обкаточно-испытательного стенда.

Проверка осуществляется по $M = f(t)$ для электродвигателей приводов транспортера кругового движения, телескопического транспортера, самоходного бункерного кормораздатчика.

Время разбега и характер изменения момента и тока во времени показывает пусковая диаграмма привода. Для ее построения необходимы механические характеристики электродвигателя и рабочей машины, с учетом приведенного момента инерции системы. Расчет механической характеристики электродвигателя производится по его каталожным данным. Минимальный момент считается для скольжения $S = 0,8 \dots 0,87$.

В зависимости от условий пуска механическая характеристика рабочей машины строится как минимум для двух режимов работы: на холостом ходу и под нагрузкой.

Построение электромеханической характеристики производится по точкам, взятым из каталожных данных электродвигателя: пусковому и

номинальному току, а также току соответствующему режиму идеального холостого хода.

Зависимость тока статора I_1 от скольжения S асинхронного двигателя в естественной схеме включения выражается следующим соотношением:

$$I_1 = \sqrt{I_0^2 + \left(I_{1н}^2 + I_0^2\right) \frac{M \cdot S}{M_n \cdot S_n}},$$

где M – электромагнитный момент (находится по естественной характеристике), Н·м;

M_n – номинальный момент, Н·м;

S_n – номинальное скольжение двигателя;

$I_{1н}$ – номинальный ток статора, А;

I_0 – ток холостого хода, А.

Значение I_0 иногда указывается в паспортных данных электродвигателя, а при отсутствии может быть рассчитано по формуле:

$$I_0 = I_{1н} \left(\sin \varphi_n - \frac{S_n}{S_k} \cos \varphi_n \right),$$

где $\cos \varphi_n$ – коэффициент мощности в номинальном режиме;

S_k – критическое скольжение.

Критическое скольжение рассчитывается

$$S_k = S_n (\lambda_k + \sqrt{\lambda_k^2 - 1}).$$

Ток ротора I_2 в функции скольжения S электрической машины с фазным ротором находится из выражения

$$I_1 = I_{2н} \sqrt{\frac{M \cdot S}{M_n \cdot S_n}},$$

где $I_{2н}$ – номинальный ток ротора, А.

При расчете характеристик крановых двигателей (типа МТ) в качестве номинальных значений I_n , P_n , M_n , $\cos \varphi_n$, S_n следует принимать соответствующие величины при ПВ–25%.

Момент M для скольжения S определяется по искусственной механической характеристике, построенной по схеме с добавочными сопротивлениями в цепи ротора.

Скольжение двигателя на искусственной характеристике при номинальном моменте M_n равно

$$S_{ни} = S_n \frac{r_p + R}{r_p},$$

где r_p – активное сопротивление фазы роторной обмотки.

Если в каталоге отсутствует значение r_p , то оно может быть рассчитано приближенно по одной из формул:

$$r_p = \frac{E_{2н}}{\sqrt{3}I_{2н}};$$

или

$$r_p = \frac{M_n \omega_0 S_n}{3I_{2н}^2},$$

где $E_{2н}$ – ЭДС между кольцами неподвижного разомкнутого ротора, указывается в каталожных данных двигателя, В;

ω_0 – синхронная скорость электродвигателя, c^{-1} .

Нагрузочные диаграммы, построенные для переходных и установившихся режимов работы электропривода, дают возможность проверить выбранный электродвигатель по условиям заданной производительности, нагреву, перегрузке и условиям пуска.

Расчет нагрузочных диаграмм при запуске, торможении, снижении и увеличении нагрузки в общем случае сводится к решению уравнения движения

$$M = M_c + J \frac{d\omega}{dt}.$$

Для постоянного статического момента M_c и прямолинейной механической характеристике двигателя, что справедливо для двигателей постоянного тока независимого и параллельного возбуждения и для асинхронных электродвигателей на участке механической характеристики с $M < 0,8M_{max}$ (M_{max} – максимальный момент), возможно построение нагрузочных диаграмм по аналитическим выражениям:

$$\left. \begin{aligned} \omega &= \omega_y + (\omega_{нач} - \omega_y) e^{-\frac{t}{T_m}} \\ M &= M_y + (M_{нач} - M_y) e^{-\frac{t}{T_m}} \\ I &= I_y + (I_{нач} - I_y) e^{-\frac{t}{T_m}} \end{aligned} \right\},$$

где $\omega_{нач}, M_{нач}, I_{нач}$ – соответственно начальные значения скорости, момента и тока;

ω_y, M_y, I_y – установившиеся значения скорости, момента и тока двигателя ;

T_m – электромеханическая постоянная времени электропривода.

Особое внимание следует обратить на правильность расчета электромеханической постоянной времени T_m и выборе установившихся и начальных значений величин ω, M, I – на каждой из пусковых и тормозных характеристик.

Для электрических машин постоянного тока последовательного или смешанного возбуждения и асинхронных двигателей при работе в зоне, близкой к критическому моменту, (на нелинейном участке механической характеристики), расчет нагрузочных диаграмм в переходных режимах производится приближенными графическими или графоаналитическими методами.

Одним из наиболее распространенных методов определения M и I является графоаналитический метод, который основан на замене бесконечно малых величин в уравнениях движения электропривода на конечные приращения. Предполагаемая замена позволяет перейти от дифференциального уравнения к алгебраическому и определить приращение времени Δt на любом i -том участке кривой разбега, в течение которого скорость изменяется от $\omega_{нач.i}$ до $\omega_{кон.i}$

Приращение времени по участкам рассчитывается по выражению

$$\Delta t_i = J \frac{\omega_{кон.i} - \omega_{нач.i}}{M_{ср.i} \pm M_{стср.i}} = J \frac{\Delta \omega_i}{M_{дин.ср.i}}$$

При расчете должны быть известны начальные условия процесса $\omega_{нач}$ и $M_{нач}$. Весь диапазон изменения скорости (режимы: пуск, торможение, наброс нагрузки и т.д.) на механической характеристике разбивается на определенные интервалы скоростей $\Delta \omega_i$.

В процессе построения нагрузочной диаграммы токов $I = f(t)$ следует использовать электромеханические характеристики для каждой схемы включения двигателя.

Проверка выбранного электродвигателя по нагреву производится на основании нагрузочных диаграмм электропривода. Основным способом проверки - метод эквивалентного тока, и лишь в тех случаях, когда наблюдается прямая пропорциональность между током и моментом двигателя (машины постоянного тока параллельного и независимого возбуждения, асинхронные двигатели с нагрузкой меньше номинальной), проверку можно выполнить методом эквивалентного момента.

На первоначальном этапе практических расчетов, связанных с нахождением значения тока (или момента), функции $I = f(t)$ или $M = f(t)$ следует заменить ступенчатым графиком, который охватывал бы ту же площадь, что и действительная непрерывная функция.

При расчете электроприводов, работающих в повторно-кратковременном режиме, эквивалентный за время работы момент (или ток) следует сопоставить с допустимым моментом (током) двигателя при той же относительной продолжительности включения.

Определение эквивалентного тока (или момента) должно быть произведено с учетом изменения условий теплоотдачи, если возможна остановка двигателя и работа его со скоростью ниже номинальной.

Рекомендуется принимать следующие значения коэффициентов, учитывающих ухудшение условий охлаждения электродвигателя β (в периоде пауз) α (при пуске и торможении, когда скорость вращения двигателя изменяется от нуля до номинального); для двигателя постоянного тока: $\beta = 0,5$; $\alpha = 0,75$; для двигателей переменного тока типа МТ: $\beta = 0,35$; $\alpha = 0,675$.

В заключение необходимо дать оценку выбранного электрического двигателя по условиям нагрева. Требуется учитывать то, что превышение эквивалентного тока или момента над номинальным значением недопустимо, а нагрузка по нагреву в пределах 10-15% считается практически допустимой.

Проверка двигателя на кратковременную перегрузку проводится в сравнении номинальных величин тока или момента, которые находятся по нагрузочным диаграммам, с максимально допустимыми значениями тока или момента исследуемой машины.

Для асинхронных двигателей фактором, ограничивающим кратковременную перегрузку, является не ток, а момент двигателя, который не может быть больше критического. Поэтому проверка на перегрузку осуществляется в сопоставлении максимального момента электродвигателя из взятого нагрузочной диаграммы с критическим моментом.

Для электроприводов с возвратно поступательным движением реверсирование должно осуществляется без торможения противовключением, то есть после полной остановки ротора двигателя. Время торможения системы двигатель – рабочая машина определяется по формуле

$$t_T = J \frac{\omega_n}{M_c},$$

где M_c – момент сопротивления механизма приведенный к валу двигателя, Н·м.

Допустимая по условиям нагрева мощность при кратковременной нагрузке

$$P_k = P_n \sqrt{\frac{\alpha + 1}{1 - e^{-\frac{t}{T_m}} - \alpha}},$$

где P_n – номинальная мощность двигателя при длительной нагрузке, кВт;

$\alpha = (0,5+1)$ – отношение постоянных потерь к переменным в номинальном режиме работы.

Если электрические двигатели, предназначенные для повторно - кратковременного режима и работающие с номинальной нагрузкой, в процессе эксплуатации переходят в кратковременный режим работы, то относительная продолжительность включения $E = 1$.

На заключительном этапе расчетов требуется проверить соотношение $P_k \geq P_э$. Соблюдение неравенства говорит о выполнении требуемых условий работы электрической машины.

2.6 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ИЛИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

После изучения кинематической, технологической характеристик машин и требований к системе регулирования, составляется принципиальная электрическая схема автоматического управления. На ней показываются цепи управления и силовые. Для дистанционной коммутации в силовых цепях электродвигателя рекомендуется использовать магнитные пускатели. Первоначальный импульс на включение подается нажатием на кнопку «Пуск». Если привод включается по программе, то в качестве программных аппаратов рекомендуется использовать реле времени. Место

установки путевых выключателей определяется длиной хода, механизма за время торможения.

Необходимые выдержки по времени производятся с помощью реле.

Для увеличения количества контактов используются промежуточные реле, например, универсальные малогабаритные марки МКУ-48.

Составляя принципиальную схему автоматического управления, необходимо предусмотреть, где и в каких устройствах она должна быть смонтирована. В общем случае схема может быть собрана в силовых шкафах (автоматы, магнитные пускатели), шкафах автоматики (программные реле, реле времени, промежуточные реле), пультах управления и сигнализации (кнопки управления, универсальные переключатели, сигнальные лампы). При небольшом количестве пусковой, защитной и другой аппаратуры все устройства могут быть расположены в одном корпусе. Аппаратуру управления и сигнализации следует располагать в производственных помещениях вблизи привода рабочей машины. Силовые шкафы и шкафы автоматики рекомендуется устанавливать в отдельных помещениях, изолированных от вредного влияния среды.

Монтажные схемы разрабатываются для каждого шкафа в отдельности. На монтажной схеме приборы и аппараты имеют условно-графическое обозначение, но располагаются так, как фактически размещены в щитке. Буквенные и цифровые обозначения проставляются согласно ГОСТа. Монтажная схема выполняется с соблюдением масштаба шкафа и примерных размеров аппаратов. Аналогичные условные обозначения вводятся и на принципиальной схеме управления электроприводом.

Для защиты двигателей от токов короткого замыкания рекомендуется использовать автоматические выключатели с электромагнитными расцепителями.

Защита двигателей от обрыва фаз питающей сети или не симметрии напряжений может быть произведена с помощью реле напряжения, которые включаются между нулевой точкой звезды статора двигателя и нулевым проводом сети. В зависимости от параметров сети может быть создана и искусственная нулевая точка путем включения трех конденсаторов. Для повышенной защиты от обрыва фаз и несимметрии напряжений следует использовать специальные реле. Защита цепей управления и сигнализации от режима короткого замыкания производится плавкими предохранителями.

2.7 ВЫБОР АППАРАТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

2.7.1 Автоматические выключатели

Воздушные автоматические выключатели предназначены для коммутации тока при распределении электроэнергии между отдельными токоприемниками и защиты электроустановок от коротких замыканий и перегрузок.

Автоматические выключатели могут быть также использованы для нечастых оперативных включений и отключений токоприемников и запуска электродвигателей.

Для защиты электроприемников и питающих сетей от токов короткого замыкания автоматические выключатели комплектуются максимально-токовыми расцепителями, а от токов перегрузки - комбинированными расцепителями, содержащими максимально-токовый и тепловой расцепители.

В некоторые типы автоматических выключателей могут быть встроены расцепители минимального напряжения, отключающие автомат при понижении напряжения в сети, а также независимый расцепитель для дистанционного отключения.

Автоматические выключатели характеризуются следующими параметрами:

- номинальным напряжением $U_{н.а}$, соответствующему наибольшему напряжению сети;
- номинальным током $I_{н.а}$ – наибольшим током, на который рассчитаны токоведущие и контактные части выключателя, равным наибольшему из токов расцепителя, А;
- номинальным током расцепителя $I_{н.расц}$ ($I_{н.эл}$ – электромагнитного, $I_{н.т}$ – теплового или $I_{н.комб}$ – комбинированного) – наибольшим током, на который рассчитан расцепитель при длительной работе, не вызывающим срабатывания расцепителя, А;
- номинальным током уставки теплового расцепителя $I_{н.уст.т}$ – током, на который отрегулирован тепловой расцепитель и при котором тепловой расцепитель не срабатывает, А;
- током срабатывания (уставки) расцепителя $I_{ср. расц}$ ($I_{ср.эл}$, $I_{ср.т}$) – наименьшим током, при котором срабатывает расцепитель автоматического выключателя. Рекомендуется выбирать $I_{ср.л} = (3...15)I_{н.эл}$ – для выключателей с электромагнитным или комбинированным;
- предельным током отключения $I_{пред.а}$ – наибольшим значением тока короткого замыкания сети, при котором гарантируется надежное отключение автоматического выключателя, А.

В сельских электроустановках наибольшее распространение получили трехполюсные автоматы серий АЕ–2000, АЕ–2000М, А3700 и ВА51. Автоматические выключатели АЕ–2000 и АЕ–2000М рассчитаны на номинальные токи 16 А (АЕ–2020М), 63 (АЕ–2040М), 100 (АЕ–2050М), 160 А (АЕ–2060) и могут быть снабжены комбинированными (электромагнитными и тепловыми) или только электромагнитными расцепителями. Они имеют регулировку тока срабатывания тепловых расцепителей в пределах $(0,9...1,15) I_n$. Однополюсные выключатели с электромагнитным расцепителем рассчитаны на кратность тока отсечки 3,5 – 12 раз выше номинального значения. Трехфазные автоматические выключатели с комбинированным расцепителем разрабатываются на 12-ти кратное превышение. Степень защиты автоматических выключателей IP00 и IP20.

Автоматические выключатели серии А3700 выпускаются на токи 160 А (А3710), 250 А (А3720), 630 А (А3730), с токоограничивающими тепловыми или электромагнитными расцепителями максимального тока, а так же с селективными полупроводниковыми расцепителями максимального тока. Работа данных выключателей характеризуется выдержкой во времени в пределах $(0,1...0,4)$ с регулировкой полупроводникового расцепителя.

Выключатели токоограничивающего исполнения имеют в условном обозначении букву Б, а в селективном исполнении - букву С (например, А3710Б, А3730С).

Автоматические выключатели серии ВА51 рассчитаны на токи до 630 А (ВА51-25 – 25 А, ВА51-31 – 100 А, ВА51-33 – 160 А, ВА51-35 – 250 А, ВА51-37 – 400 А, ВА51-39 – 630 А). Выключатели типоразмеров ВА51Г-25 и ВА51Г-31 предназначены для пуска и остановки асинхронных электродвигателей с частотой включений до 30 раз в час, а также для защиты электродвигателей от токов короткого замыкания и перегрузки. Степень защиты оболочки выключателей IP30 и их зажимов для присоединения внешних проводников – IP00, IP20. Ток срабатывания тепловых расцепителей выключателей ВА51 регулируют в пределах $(0,8...1) I_n$.

Автоматические выключатели ВА51-25 разработаны на токи срабатывания тепловых расцепителей $1,35I_n$ и отсечки $10I_n$, а выключатели ВА51Г-25 – соответственно $1,2I_n$ и $14I_n$.

Выключатели серии ВА51-31 имеют кратность тока отсечки $3,7I_n$ (ВА51Г-31–14) и $10I_n$ (ВА51-33–10). Ток срабатывания тепловых расцепителей (с номинальной силой тока расцепителей до 100 А) $1,35I_n$, а свыше 100 А - $1,25I_n$.

Автоматические выключатели выбирают по следующим условиям:

$$U_{н.а.} > U_{н.уст.};$$

$$I_{н.т.} > k_{н.т.} \cdot I_{р.мах};$$

$$I_{н.эл} > k_{н.эл} I_{мах};$$

$$I_{пред.а} > I_{к.мах},$$

где $U_{н.а.}$, $I_{н.а.}$ – номинальные значения напряжения (В) и тока (А) автоматического выключателя;

$I_{н.т.}$ – номинальный ток теплового расцепителя, А;

$I_{р.мах}$ – максимальный ток теплового расцепителя, А;

$I_{мах}$ – максимальный ток электродвигателя, А;

$I_{пред.а}$ – предельное значение тока автоматического выключателя, А;

$U_{н.уст}$ и $I_{н.уст}$ – номинальное напряжение (В) и ток (А) электроустановки;

$k_{н.т.}$ – коэффициент надежности, учитывающий разброс по току срабатывания теплового расцепителя, принимается в пределах 1,1 – 1,3;

$I_{н.эл}$ – ток срабатывания (отсечки) электромагнитного расцепителя, А;

$k_{н.эл}$ – коэффициент надежности, учитывающий разброс по току электромагнитного расцепителя и пускового тока электродвигателя (для автоматических выключателей АЕ–2000 и А3700 $k_{н.эл} = 1,25$);

$I_{к.мах}$ – максимальный ток короткого замыкания в месте установки автоматического выключателя, А.

Ток короткого замыкания находится по формуле

$$I_{к.мах} = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot (Z_m + Z_l)},$$

где U_c – напряжение питающей сети, В;

Z_m – сопротивление трансформатора, приведенное к напряжению 400 В, Ом;

Z_l – сопротивление линии от шин 0,4 кВ подстанции до места установки автоматического выключателя, Ом.

Автоматические выключатели также выбирают по исполнению и наличию дополнительных расцепителей.

Исходя из практических расчетов автоматических выключателей для защиты одного электродвигателя ток отсечки электромагнитного расцепителя выбирается $I_{н.эл} \geq (1,5 \dots 1,6) I_{мах}$.

При выборе автоматического выключателя для защиты линии, которая питает несколько электродвигателей, номинальный ток выключателя, как и номинальный ток расцепителя, должен быть равен сумме номиналь-

ных токов одновременно работающих электродвигателей или превышать их значения. Ток отсечки электромагнитного расцепителя в данном случае

$$I_{н.эл} > (1,5...1,8) \cdot \left[\sum_1^n I_n + I_{н.н} - I_{н.н} \right],$$

где ΣI_n – сумма номинальных токов одновременно работающих электродвигателей, А;

$I_{н.нб} - I_{н.нб}$ – разность между пусковым и номинальным токами, А.

От возможной перегрузки рекомендуется защищать каждый электродвигатель отдельно.

2.7.2 Магнитные пускатели

Пускатели электромагнитные предназначены для дистанционного пуска, остановки и реверсирования трехфазных АД с коротко-замкнутым ротором предназначены для работы на напряжение до 660 В переменного тока. Магнитные пускатели защищают электрические машины, отключая их при снижении напряжения в питающей сети до $(0,3...0,4)U_c$ и предотвращают их самопуск после восстановления напряжения.

При наличии тепловых реле или аппаратов позисторной защиты пускатели защищают управляемые электродвигатели от перегрузок недопустимой продолжительности.

В настоящее время отечественная промышленность выпускает магнитные пускатели двух серий ПМЛ и ПМА.

Пускатели серии ПМЛ изготавливаются на номинальные токи 10 А (ПМЛ-1000), 25 А (ПМЛ-2000), 40 А (ПМЛ-3000), 63 А (ПМЛ-4000) 80 А (ПМЛ-5000), 125 А (ПМЛ-6000) и 200 А (ПМЛ-7000). Пускатели серии ПМЛ комплектуются трехполюсными тепловыми реле РТЛ, а также снабжаются контактными приставками ПКЛ (для увеличения количества коммутируемых вспомогательных цепей) и промежуточными реле РПЛ, приставками выдержки времени ПВЛ и приставками памяти ППЛ. Степень защиты оболочек – IP00 и IP54.

Пускатели марки ПМА разработаны на номинальные токи 40 А (ПМА-3000), 63 А (ПМА-4000), 100 А (ПМА-5000) и 160 А (ПМА-6000). Для комплектования пускателей ПМА используют трехполюсные тепловые реле РТТ, которые могут работать с аппаратами позисторной защиты электродвигателей (например, УВТЗ). Степень защиты оболочек пускателей - IP00, IP40 и IP54.

Магнитные пускатели серии ПМА-0000, изготавливают на номинальный ток 6,3 А и комплектуются тепловым реле РТТ-89.

Пускатели выбираются в зависимости от условий окружающей среды, схемы управления и по номинальному напряжению, номинальному току, току нагревательного элемента и теплового реле, напряжению втягивающей катушки:

$$U_{н.п.} > U_{н.уст.};$$

$$I_{н.п.} > I_{рас.};$$

$$I_{н.тр.} > I_{н.дв.},$$

где $U_{н.п.}$ – номинальное напряжение пускателя, В;

$I_{н.п.}$ и $I_{рас.}$ – соответственно номинальный ток пускателя и расчетный ток управляемой цепи, А;

$I_{н.тр.}$ – номинальный ток теплового реле, А.

Количество контактов главных цепей пускателя определяется: назначением (неревверсивный, реверсивный, переключатель со звезды на треугольник); числом замыкающих и размыкающих контактов, вспомогательных цепей (блок контактов); схемой управления; наличием сигнализации, предназначенной отслеживать положение пускателя и управляемого им электроприемника.

В отношении напряжения втягивающей катушки можно руководствоваться следующими положениями, вытекающими из Правил устройства электроустановок. Если нет особых требований, рекомендуемых включать контактор на пониженное напряжение, то для защиты электродвигателя предохранителями намагничивающая катушка должна включаться на линейное напряжение сети, а при защите двигателя автоматическим выключателем она может включаться как на линейное, так и на фазное напряжение.

3 ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

3.1 ВИДЫ И ТИПЫ СХЕМ (ГОСТ 2.701–84)

Схемы в зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия (установки), подразделяют на следующие виды: электрические; гидравлические; пневматические; газовые (кроме пневматических); кинематические; вакуумные; оптические; энергетические; деления; комбинированные.

Схемы в зависимости от основного назначения подразделяют на следующие типы: структурные; функциональные; принципиальные (полные); соединений (монтажные); подключения; общие; расположения; объединенные.

Таблица 3.1 – Виды схем

Вид схемы	Код вида схемы
электрические	Э
гидравлические	Г
пневматические	П
газовые	Х
кинематические	К
вакуумные	В
оптические	Л
энергетические	Р
деления	Е
комбинированные	С

Таблица 3.2 – Типы схем

Тип схемы	Код типа схемы	
	по ГОСТ 2.701-84	по СТ СЭВ 527-77
Структурные	1	101
Функциональные	2	102
Принципиальные (полные)	3	201
Эквивалентные	–	202
Соединений (монтажные)	4	301
Подключения	5	303
Общие	6	302
Расположения	7	401
Электрооборудования и проводки на планах	–	402
Электроснабжения и связи	–	403
Объединенные	0	–

Наименование и код схем определяют их видом и типом.

Наименование схемы комбинированной определяют комбинированными видами схем и типов схемы.

Наименование схемы объединенной определяют видом схемы и объединенными типами схемы.

Код схемы должен состоять из буквенной части, определяющей вид схемы, и цифровой части, определяющей тип схемы.

Например, схема электрическая принципиальная – Э3; схема гидравлическая соединений – Г4; схема деления структурная – Е1; схема электрогидравлическая принципиальная – С3; схема электрогидропневмокинематическая принципиальная – С3; схема электрическая соединений и подключения – Э0; схема гидравлическая структурная, принципиальная и соединений – Г0.

3.2 ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ (ГОСТ 2.702–75)

На структурной схеме изображают все основные функциональные части изделия и основные взаимосвязи между ними.

Функциональные части на схеме изображают в виде прямоугольника или условных графических обозначений.

Графическое построение схемы должно давать наиболее наглядное представление о последовательности взаимодействия функциональных частей в изделии.

На линиях взаимосвязей рекомендуется стрелками обозначать направление хода процессов, происходящих в изделии.

На схеме должны быть указаны наименования каждой функциональной части изделия, если для ее обозначения применен прямоугольник. Допускается указывать тип элемента (устройства) и (или) обозначение документа (основной конструкторский документ, государственный стандарт, технические условия), на основании которого этот элемент (устройство) применен.

При изображении функциональных частей в виде прямоугольников наименования, типы и обозначения рекомендуется вписывать внутрь прямоугольников.

При большом количестве функциональных частей допускается взамен наименований, типов и обозначений проставлять порядковые номера справа от изображения или над ним, как правило, сверху вниз в направлении слева направо. В этом случае наименования, типы и обозначения указывают в таблице, помещаемой на поле схемы.

Допускается помещать на схеме поясняющие надписи, диаграммы или таблицы, определяющие последовательность процессов во времени, а также указывать параметры в характерных точках (величины токов, напряжений, формы и величины импульсов, математические зависимости и т. п.).

3.3 ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ

На функциональной схеме изображают функциональные части изделия, участвующие в процессе, иллюстрируемой схемой, и связи между этими частями.

Функциональные части и связи между ними на схеме изображают в виде условных графических обозначений, установленных в стандартах Единой системы конструкторской документации. Отдельные функциональные части допускается изображать в виде прямоугольников.

Графическое построение схемы должно давать наиболее наглядное представление о последовательности процессов, иллюстрируемых схемой.

На схеме должны быть указаны:

для каждой функциональной группы – обозначение, присвоенное ей на принципиальной схеме, и (или) ее наименование; если функциональная группа изображена в виде условного графического обозначения, то ее наименование не указывают;

для каждого устройства, изображенного в виде прямоугольника, – позиционное обозначение, присвоенное ему на принципиальной схеме, его наименование и тип и (или) обозначение документа (основной конструкторский документ, государственный стандарт, технические условия), на основании которого это устройство применено;

для каждого устройства, изображенного в виде условного графического обозначения, – позиционное обозначение, присвоенное ему на принципиальной схеме, его тип и (или) обозначение документа;

для каждого элемента – позиционное обозначение, присвоенное ему на принципиальной схеме, и (или) его тип.

Наименования, типы и обозначения рекомендуется вписывать в прямоугольники.

На схеме рекомендуется указывать технические характеристики функциональных частей (рядом с графическими обозначениями или на свободном поле схемы).

На схеме помещают поясняющие надписи, диаграммы или таблицы, определяющие последовательность процессов во времени, а также указывают параметры в характерных точках (величины токов, напряжений, формы и величины импульсов, математические зависимости и т. д.).

3.4 ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ

На принципиальной схеме изображают все электрические элементы или устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, все электрические связи между ними, а также электрические элементы (соединители, зажимы и т. п.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи.

На схеме допускается изображать соединительные и монтажные элементы, устанавливаемые в изделии по конструктивным соображениям.

Схемы выполняют для изделий, находящихся в отключенном положении.

В технически обоснованных случаях допускается отдельные элементы схемы изображать в выбранном рабочем положении с указанием на поле схемы режима, для которого изображены эти элементы.

Элементы или устройства, используемые в изделии частично, допускается изображать на схеме не полностью, ограничиваясь изображением только используемых частей или элементов.

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.

При выполнении схем рекомендуется пользоваться строчным способом. При этом условные графические обозначения элементов или их составных частей, входящих в одну цепь, изображают последовательно друг за другом по прямой, а отдельные цепи – рядом, образуя параллельные (горизонтальные или вертикальные) строки.

При выполнении схемы строчным способом допускается нумеровать строки арабскими цифрами (рисунок 3.1).

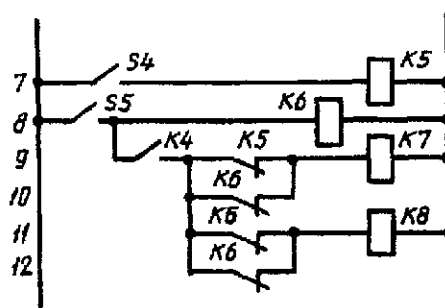


Рисунок 3.1 – Схема, выполненная строчным способом

При изображении элементов или устройств разнесенным способом допускается на свободном поле схемы помещать условные графические обозначения элементов или устройств, выполненные совмещенным способом. При этом элементы или устройства, используемые в изделии частично, изображают полностью с указанием использованных и неиспользованных частей или элементов (например, все контакты многоконтактного реле).

Выводы (контакты) неиспользованных элементов (частей) изображают короче, чем выводы (контакты) использованных элементов (частей) (рисунок 3.2).

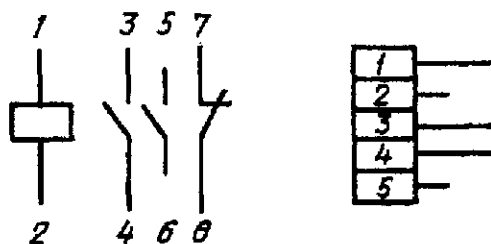


Рисунок 3.2 – Изображение элемента выполненного разнесенным способом

Схемы выполняют в многолинейном или однолинейном изображении.

При многолинейном изображении каждую цепь изображают отдельной линией, а элементы, содержащиеся в этих цепях, – отдельными условными графическими обозначениями (рисунок 3.3а).

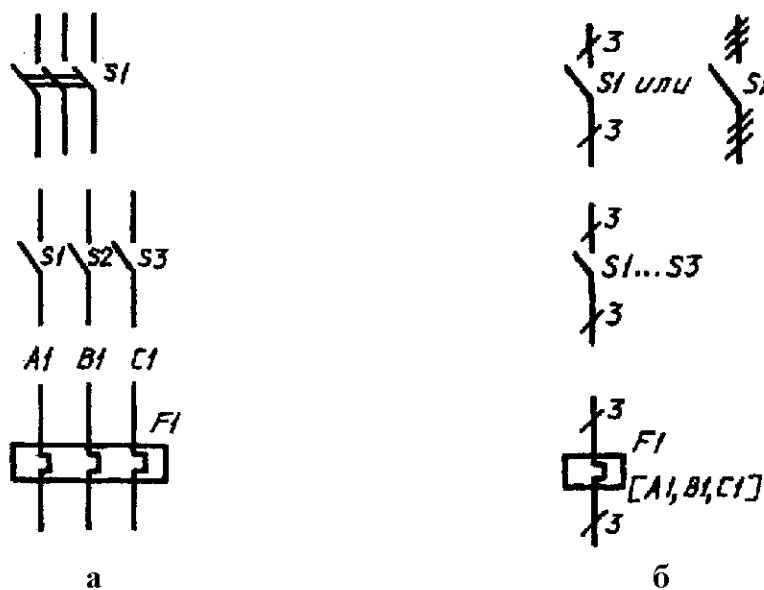


Рисунок 3.3 – Многолинейное (а) и однолинейное (б) изображение цепи

При однолинейном изображении цепи, выполняющие идентичные функции, изображают одной линией, а одинаковые элементы этих цепей – одним условным графическим обозначением (рисунок 3.3б).

При изображении на одной схеме различных функциональных цепей допускается различать их толщиной линии. На одной схеме рекомендуется применять не более трех размеров линий по толщине. При необходимости на поле схемы помещают соответствующие пояснения.

Для упрощения схемы допускается несколько электрически не связанных линий связи сливать в линию групповой связи, но при подходе к контактам (элементам) каждую линию связи изображают отдельной линией.

При слиянии линий связи каждую линию помечают в месте слияния, а при необходимости, и на обоих концах условными обозначениями (цифрами, буквами или сочетанием букв и цифр) или обозначениями, принятыми для электрических цепей.

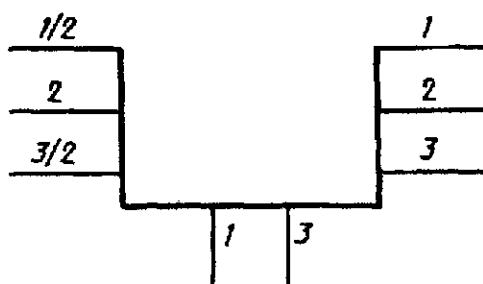


Рисунок 3.4 – Слияние различных линий в линию групповой связи

Линии электрической связи, сливаемые в линию групповой связи, как правило, не должны иметь разветвлений, т. е. всякий условный номер должен встречаться на линии групповой связи два раза. При необходимости разветвлений их количество указывают после порядкового номера линии через дробную черту (рисунок 3.4).

Каждый элемент и (или) устройство, имеющее самостоятельную принципиальную схему и рассматриваемое как элемент, входящие в изделие и изображенные на схеме, должны иметь обозначение (позиционное обозначение).

Позиционные обозначения элементам (устройствам) следует присваивать в пределах изделия (установки).

Порядковые номера элементам (устройствам) следует присваивать, начиная с единицы, в пределах группы элементов (устройств), которым на схеме присвоено одинаковое буквенное позиционное обозначение, например, R_1, R_2, R_3 и т. д., C_1, C_2, C_3 и т. д.

Порядковые номера должны быть присвоены 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.

При внесении изменений в схему последовательность присвоения порядковых номеров может быть нарушена.

Позиционные обозначения проставляют на схеме рядом с условными графическими обозначениями элементов и (или) устройств с правой стороны или над ними.

На схеме изделия, в состав которого входят устройства, не имеющие самостоятельных принципиальных схем, допускается позиционные обозначения элементам присваивать в пределах каждого устройства.

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

При изображении на схеме элемента или устройства разнесенным способом позиционное обозначение элемента или устройства проставляют около каждой составной части (рисунок 3.5).

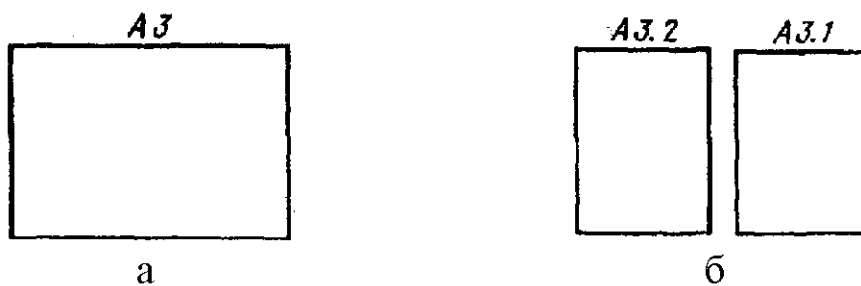


Рисунок 3.5 – Способы изображения устройств: а совмещенный; б разнесенный

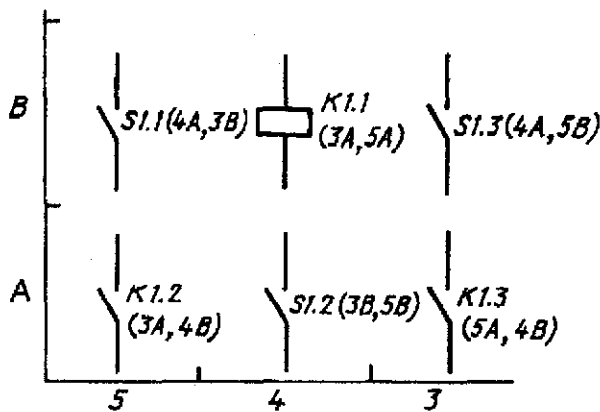


Рисунок 3.6 – Схема, выполненная строчным способом

Если поле схемы разбито на зоны или схема выполнена строчным способом, то справа от позиционного обозначения или под позиционным обозначением каждой составной части элемента или устройства допускается указывать в скобках обозначения зон или номера строк, в которых изображены все остальные составные части этого элемента или устройства (рисунок 3.6).

При однолинейном изображении около одного условного графического обозначения, заменяющего несколько условных графических обозначений одинаковых элементов или устройств, указывают позиционные обозначения всех этих элементов или устройств.

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

Данные об элементах должны быть записаны в перечень элементов (рисунок 3.7). При этом связь перечня с условными графическими обозначениями элементов должна осуществляться через позиционные обозначения.

Допускается в отдельных случаях, установленных в государственных или отраслевых стандартах, все сведения об элементах помещать около условных графических обозначений.

При указании около условных графических обозначений номиналов резисторов и конденсаторов (рисунок 3.8) допускается применять упрощенный способ обозначения единиц измерений:

для резисторов

от 0 до 999 Ом – без указания единиц измерения,

от $1 \cdot 10^3$ до $999 \cdot 10^3$ Ом – в килоомах с обозначением единицы измерения строчной буквой к,

от $1 \cdot 10^6$ до $999 \cdot 10^6$ Ом – в мегаомах с обозначением единицы измерения прописной буквой М,

свыше $1 \cdot 10^9$ Ом – в гигаомах с обозначением единицы измерения прописной буквой Г;

для конденсаторов

от 0 до $9999 \cdot 12^{-12}$ Ф – в пикофарадах без указания единицы измерения,

от $1 \cdot 10^{-8}$ до $9999 \cdot 10^{-6}$ Ф – в микрофарадах с обозначением единицы измерения строчными буквами мк.

На схеме следует указывать обозначения выводов (контактов) элементов (устройств), нанесенные на изделие или установленные в их документации.

Если в конструкции элемента (устройства) и в его документации обозначения выводов (контактов) не указаны, то допускается условно

присваивать им обозначения на схеме, повторяя их в дальнейшем в соответствующих конструкторских документах.

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
A1	Дешифратор АБВГ. ХХХХХХ. 033	1	
D1	Микросхема К155ТМ2 бко. 348. 006ТУ1	1	
D2	Микросхема К155ЛА3. бко. 348. 006ТУ1	1	
	<i>Резисторы</i>		
R1, R2	МЛТ-0,25-430 Ом ± 10 % ГОСТ...	2	
R3	МЛТ-0,25-13 Ом ± 10 % ГОСТ...	1	
R4	ППЗ-43-60 Ом ± 10 % ... ТУ	1	
SA1	Переключатель АБВГ. ХХХХХХ. 154	1	
A2	1. Блок включения ФЭУ. АБВГ. ХХХХХХ. 249	1	
AB1	Блок индикации АБВГ. ХХХХХХ. 122	1	
	<i>Резисторы ГОСТ...</i>		
R1, R2	МЛТ-0,25-120 Ом ± 10 %	2	
R3	МЛТ-0,25-220 Ом ± 10 %	1	
R4... R6	МЛТ-0,25-120 Ом ± 10 %	3	
LPM1	1.1. Измеритель		
AC1	Блок сигнализации АБВГ. ХХХХХХ. 021	1	
C1, C2	Конденсатор КМ-3а-Н30-0,22 ... ТУ	2	
R7	Резистор МЛТ-0,25-470 Ом ± 10 % ГОСТ...	1	
KLВ1...KLВ4	2. Переключатель тока	4	
A3	Блок индикации АБВГ. ХХХХХХ. 020	1	
R5	Резистор МЛТ-0,25-4,7 кОм ± 10 % ГОСТ...	1	
R6, R7	Резистор МЛТ-0,25-4,7 кОм ± 10 % ГОСТ...	2	

Рисунок 3.7 – Перечень элементов

При условном присвоении обозначений выводам (контактам) на поле схемы помещают соответствующее пояснение.

При изображении на схеме нескольких одинаковых элементов (устройств) обозначения выводов (контактов) допускается указывать на одном из них.

При разнесенном способе изображения одинаковых элементов (устройств) обозначения выводов (контактов) указывают на каждой составной части элемента (устройства).

Для отличия на схеме обозначений выводов (контактов) от других обозначений (обозначений цепей и т. п.) допускается записывать обозначения выводов (контактов) с квалифицирующим символом.

При изображении элемента или устройства разнесенным способом поясняющую надпись помещают около одной составной части изделия или на поле схемы около изображения элемента или устройства, выполненного совмещенным способом.

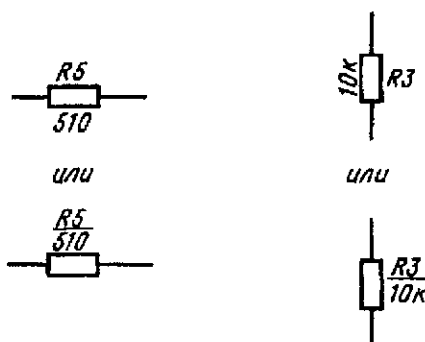


Рисунок 3.8 – Обозначения номиналов резисторов

На схеме рекомендуется указывать характеристики входных и выходных цепей изделия (частоту, напряжение, силу тока, сопротивление, индуктивность и т. п.), а также параметры, подлежащие измерению на контрольных контактах, гнездах и т. п.

Если невозможно указать характеристики или параметры входных и выходных цепей изделия, то рекомендуется указывать наименование цепей или контролируемых величин.

Если изделие заведомо предназначено для работы только в определенном изделии (установке), то на схеме допускается указывать адреса внешних соединений входных и выходных цепей данного изделия. Адрес должен обеспечивать однозначность присоединения, например, если выходной контакт изделия должен быть соединен с пятым контактом третьего соединителя устройства A , то адрес должен быть записан следующим образом: $= A - X3:5$.

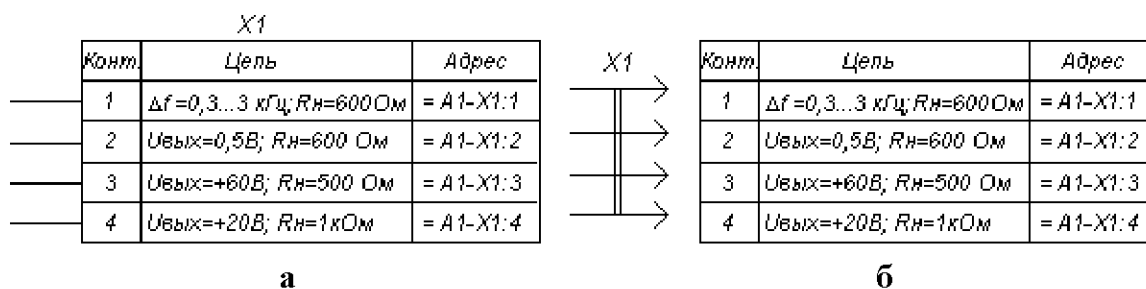


Рисунок 3.9 – Таблица указания адреса соединений

Допускается указывать адрес в общем виде, если будет обеспечена однозначность присоединения, например, «Прибор А».

Характеристики входных и выходных цепей изделия, а также адреса их внешних подключений рекомендуется записывать в таблицы, помещаемые взамен условных графических обозначений входных и выходных элементов – соединителей, плат и т. д. (рисунок 3.9а).

Каждой таблице присваивают позиционное обозначение элемента, взамен условного графического обозначения которого она помещена.

Над таблицей допускается указывать условное графическое обозначение контакта – гнезда или штыря.

Таблицы допускается выполнять разнесенным способом.

Порядок расположения контактов в таблице определяется удобством построения схемы.

Допускается помещать таблицы с характеристиками цепей при наличии на схеме условных графических обозначений входных и выходных элементов – соединителей, плат и т. д. (рисунок 3.9б).

Аналогичные таблицы рекомендуется помещать на линиях, изображающих входные и выходные цепи и не заканчивающихся на схеме соединителями, платами и т. д. В этом случае позиционные обозначения таблицам не присваивают.

При изображении на схеме многоконтактных соединителей допускается применять условные графические обозначения, не показывающие отдельные контакты.

Сведения о соединении контактов соединителей указывают одним из следующих способов:

- около изображения соединителей, на свободном поле схемы или на последующих листах схемы помещают таблицы, в которых указывают адрес соединения (обозначение цепи (рисунок 3.10) и (или) позиционное обозначение элементов, присоединяемых к данному контакту (рисунок 3.11)).

При необходимости в таблице указывают характеристики цепей и адреса внешних соединений (рисунок 3.10).

Если таблицы помещены на поле схемы или на последующих листах, то им присваивают позиционные обозначения соединителей, к которым они составлены.

X2

<i>Конпт.</i>	<i>Адрес</i>	<i>Цель</i>	<i>Адрес внешний</i>
1	5	+ 27В	=А1-Х1:1
2	20	- 27В	=А1-Х1:2

Рисунок 3.10 – Таблица, помещаемая на свободном поле схемы или на последующих листах схемы

Конт.	Адрес
1	~К1:3
2	~К1:5

Рисунок 3.11 – Таблица, помещаемая около изображения соединителя

В графах таблиц указывают следующие данные:

в графе «Конт.» – номер контакта соединителя. Номера контактов записывают в порядке возрастания;

в графе «Адрес» – обозначение цепи и (или) позиционное обозначение элементов, соединенных с контактами;

в графе «Цепь» – характеристику цепи;

в графе «Адрес внешний» – адрес внешнего соединения;

– соединения с контактами соединителя изображают разнесенным способом (рисунок 3.12).

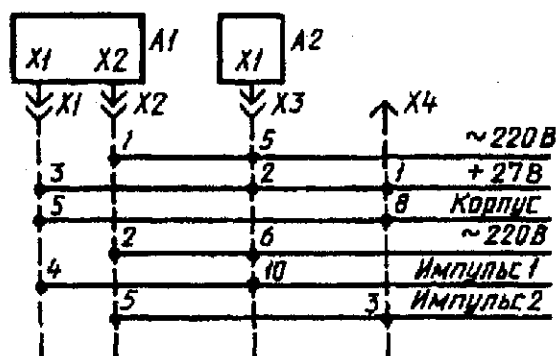


Рисунок 3.12 – Схема соединения с контактами соединителя изображенная разнесенным способом

При изображении на схеме элементов, параметры которых подбирают при регулировании, около позиционных обозначений этих элементов на схеме и в перечне элементов проставляют звездочки (например $R1^*$), а на поле схемы помещают сноску: «* Подбирают при регулировании».

В перечень должны быть записаны элементы, параметры которых наиболее близки к расчетным.

Допускаемые при подборе предельные значения параметров элементов указывают в перечне в графе «Примечание».

Если подбираемый при регулировании параметр обеспечивается элементами различных типов, то эти элементы перечисляют в технических требованиях на поле схемы, а в графах перечня элементов указывают следующие данные:

в графе «Наименование» – наименование элемента и параметр наиболее близкий к расчетному;

в графе «Примечание» – ссылку на соответствующий пункт технических требований и допускаемые при подборе предельные значения параметров.

Если параллельное или последовательное соединение осуществлено для получения определенного значения параметра (емкости или сопротивления определенной величины), то в перечне элементов в графе «Примечания» указывают общий (суммарный) параметр элементов (например $R = 151 \text{ кОм}$).

3.5 ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ СХЕМ СОЕДИНЕНИЙ

На схеме соединений должны быть изображены все устройства и элементы, входящие в состав изделия, их входные и выходные элементы (соединители, платы, зажимы и т. п.), а также соединения между этими устройствами и элементами.

Устройства и элементы на схеме изображают:

устройства – в виде прямоугольников или упрощенных внешних очертаний;

элементы – в виде условных графических обозначений, прямоугольников или упрощенных внешних очертаний.

При изображении элементов в виде прямоугольников или упрощенных внешних очертаний допускается внутри их помещать условные графические обозначения элементов.

Входные и выходные элементы изображают в виде условных графических обозначений.

Расположение графических обозначений устройств и элементов на схеме должно примерно соответствовать действительному размещению элементов и устройств в изделии.

Расположение изображений входных и выходных элементов или выводов внутри графических обозначений и устройств или элементов должно примерно соответствовать их действительному размещению в устройстве или элементе.

Допускается на схеме не отражать расположение устройств и элементов в изделии, если схему выполняют на нескольких листах или размещение устройств и элементов на месте эксплуатации неизвестно.

Элементы, используемые в изделии частично, допускается изображать на схеме не полностью, ограничиваясь изображением только используемых частей.

На схеме около графических обозначений устройств и элементов указывают позиционные обозначения, присвоенные им на принципиальной схеме.

Около или внутри графического обозначения устройства допускается указывать его наименование и тип и (или) обозначение документа, на основании которого устройство применено.

На схеме следует указывать обозначения выводов (контактов) элементов (устройств), нанесенные на изделие или установленные в их документации.

Если в конструкции устройства или элемента и в его документации обозначения входных и выходных элементов (выводов) не указаны, то допускается условно присваивать им обозначения на схеме, повторяя их в дальнейшем в соответствующих конструкторских документах.

При условном присвоении обозначений входным и выходным элементам (выводам) на поле схемы помещают соответствующее пояснение.

При изображении на схеме нескольких одинаковых устройств обозначения выводов допускается указывать на одном из них (например, цоколевку электровакуумных приборов).

Устройства и элементы с одинаковыми внешними подключениями допускается изображать на схеме с указанием подключения только для одного устройства или элемента.

Устройства, имеющие самостоятельные схемы подключения, допускается изображать на схеме изделия без показа присоединения проводов и жил кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) к входным и выходным элементам.

При изображении на схеме соединителей допускается применять условные графические обозначения, не показывающие отдельные контакты.

В этом случае около изображения соединителя, на поле схемы или на последующих листах схемы помещают таблицы с указанием подключения контактов (рисунок 3.13).

При размещении таблиц на поле схемы или на последующих листах им присваивают позиционные обозначения соединителей, в дополнение к которым они составлены.

Допускается в таблицу вводить дополнительные графы (например, данные провода).

Если жгут (кабель – многожильный провод, электрический шнур, группа проводов) соединяет одноименные контакты соединителей, то допускается таблицу помещать около одного конца изображения жгута (кабеля – многожильного провода, электрического шнура, группы проводов).

Если сведения о подключении контактов приведены в таблице соединений, то таблицы с указанием подключения контактов на схеме допускается не помещать.

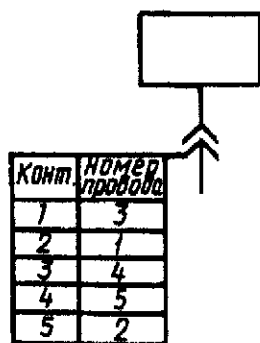


Рисунок 3.13 – Таблица с указанием подключения контактов

На схеме изделия внутри прямоугольников или упрощенных внешних очертаний, изображающих устройства, допускается изображать их структурные, функциональные или принципиальные схемы.

При отсутствии принципиальной схемы изделия на схеме соединений присваивают позиционные обозначения устройствам, а также элементам, не вошедшим в принципиальные схемы составных частей изделия, и записывают их в перечень элементов.

Провода, группы проводов, жгуты и кабели (многожильные провода, электрические шнуры) должны быть показаны на схеме отдельными линиями. Толщина линий, изображающих провода, жгуты и кабели (многожильные провода, электрические шнуры) на схемах, должна быть от 0,4 до 1 мм.

Для упрощения начертания схемы допускается сливать отдельные провода или кабели (многожильные провода, электрические шнуры), идущие на схеме в одном направлении, в общую линию.

При подходе к контактам каждый провод и жилу кабеля (многожильного провода, электрического шнура) изображают отдельной линией.

Допускается линии, изображающие провода, группы проводов, жгуты и кабели (многожильные провода, электрические шнуры), не проводить или обрывать их около мест присоединения, если их изображение затрудняет чтение схемы.

В этих случаях на схеме около мест присоединения (рисунок 3.14а) или в таблице на свободном поле схемы (рисунок 3.14б) помещают сведения в объеме, достаточном для обеспечения однозначного соединения.

На схеме изделия, в состав которого входят многоконтактные элементы, линии, изображающие жгуты (кабели – многожильные провода, электрические шнуры, группы проводов), допускается доводить только до контура графического обозначения элемента, не показывая присоединения к контактам.

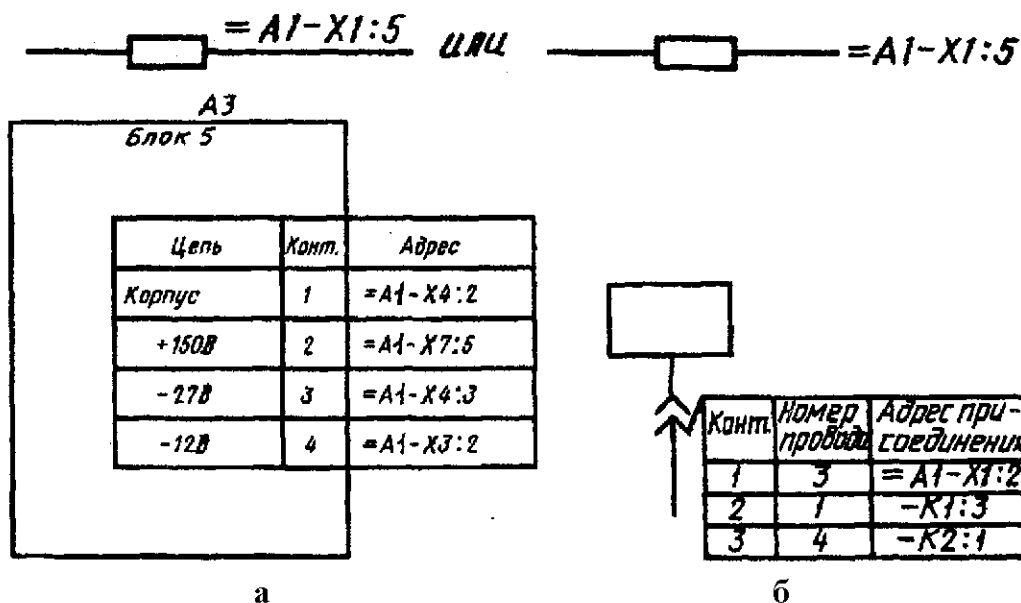


Рисунок 3.14 – Таблица схем присоединения

Указания о присоединении проводов или жил кабеля (многожильного провода, электрического шнура) к контактам приводят в этом случае одним из следующих способов:

- у контактов показывают концы линий, изображающих провода или жилы кабеля (многожильного провода, электрического шнура), и указывают их обозначения. Концы линий направляют в сторону соответствующего жгута, кабеля (многожильного провода, электрического шнура), группы проводов (рисунок 3.15);
- у изображения многоконтактного элемента помещают таблицу с указанием подключения контактов. Таблицу соединяют линейно-выноской с соответствующим жгутом, кабелем, (многожильным проводом, электрическим шнуром) группой проводов (рисунок 3.16).

Вводные элементы, через которые проходят провода (группа проводов, жгуты, кабели – многожильные провода, электрические шнуры), изображают в виде условных графических обозначений, установленных в стандартах Единой системы конструкторской документации.

На схеме следует указывать обозначения вводных элементов, нанесенные на изделие.

Если обозначения вводных элементов не указаны в конструкции изделия, то допускается условно присваивать им обозначения на схеме соединений, повторяя их в соответствующей конструкторской документации. При этом на поле схемы помещают необходимые пояснения.

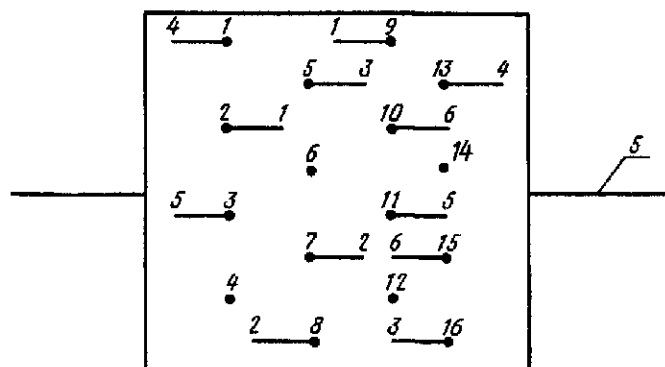


Рисунок 3.15 – Схема присоединения проводов или жил кабеля

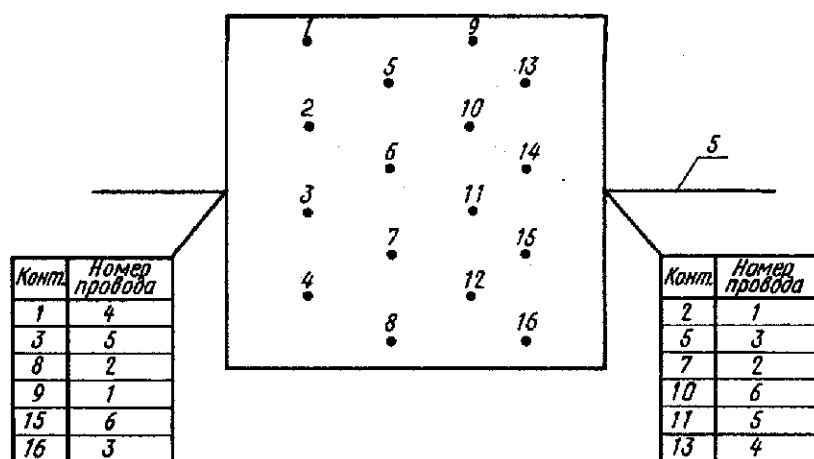


Рисунок 3.16 –Схема присоединения проводов или жил кабеля

Одножильные провода, жгуты, кабели (многожильные провода, электрические шнуры) должны быть обозначены порядковыми номерами в пределах изделия.

Провода, жгуты, кабели (многожильные провода, электрические шнуры) следует нумеровать отдельно. При этом провода, входящие в жгут, нумеруют в пределах жгута, а жилы кабеля (многожильного провода, электрического шнура) – в пределах кабеля (многожильного провода, электрического шнура).

Примечания:

1. Допускается сквозная нумерация всех проводов и жил кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) в пределах изделия.

2. Допускается сквозная нумерация отдельных проводов, жгутов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) в пределах изделия. При этом провода, входящие в жгут, нумеруют в пределах жгута, а жилы кабеля (многожильного провода, электрического шнура) – в пределах кабеля (многожильного провода, электрического шнура).

3. Допускается не обозначать жгуты, кабели (многожильные провода, электрические шнуры) и отдельные провода, если изделие, на которое составляют схему, войдет в комплекс и обозначения жгутам, кабелям

(многожильным проводам, электрическим шнурам) и проводам будут присвоены в пределах всего комплекса.

4. Допускается присваивать обозначения группам проводов.

Если на принципиальной схеме электрическим цепям присвоены обозначения в соответствии с ГОСТ 2.709, то всем одножильным проводам, жилам кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) и проводам жгутов присваивают те же обозначения.

На схеме при помощи буквенного (буквенно-цифрового) обозначения допускается определять функциональную принадлежность провода, жгута или кабеля (многожильного провода, электрического шнура) к определенному комплексу, помещению или функциональной цепи.

Буквенное (буквенно-цифровое) обозначение проставляют перед обозначением каждого провода, жгута, кабеля (многожильного провода, электрического шнура), отделяя его знаком дефиса. В этом случае буквенное (буквенно-цифровое) обозначение входит в состав обозначения каждого провода, жгута и кабеля (многожильного провода, электрического шнура).

Дефис в обозначении допускается не проставлять, если это не внесет неясность в чтение схемы.

Если все провода, жгуты, кабели (многожильные провода, электрические шнуры), изображенные на схеме, принадлежат к одному комплексу, помещению или функциональной цепи, то буквенное (буквенно-цифровое) обозначение не проставляют, а на поле схемы помещают соответствующее пояснение.

Номера проводов и жил кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) на схеме проставляют, как правило, около обоих концов изображений.

Номера кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) проставляют в окружностях, помещенных в разрывах изображений кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) вблизи от мест разветвления жил.

Номера жгутов проставляют на полках линий-выносок около мест разветвления проводов.

Номера групп проводов проставляют около линий-выносок.

Примечания:

1. При обозначении кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров), а также при большом количестве кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров), идущих на схеме в одном направлении, допускается номера кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) проставлять в разрыве линии без окружности.

2. При изображении на схеме проводов, жгутов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) большой длины номера про-

ставляют через промежутки, определяемые удобством пользования схемой.

На схеме должны быть указаны:

для одножильных проводов – марка, сечение и, при необходимости, расцветка;

для кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров), записываемых в спецификацию как материал – марка, количество и сечение жил и, при необходимости, количество занятых жил. Количество занятых жил указывают в прямоугольнике, помещаемом справа от обозначения данного кабеля (многожильного провода, электрического шнура);

для жгутов, кабелей и проводов, изготавливаемых по чертежам – обозначение основного конструкторского документа.

На схеме приводят характеристики входных и выходных цепей устройств и элементов или другие исходные данные, необходимые для выбора конкретных проводов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров), если при разработке схемы комплекса данные о проводах и кабелях (многожильных проводах, электрических шнурах) не могут быть определены.

Характеристики входных и выходных цепей рекомендуется указывать в виде таблиц, помещаемых взамен условных графических обозначений входных и выходных элементов.

Данные (марку, сечение и др.) о проводах и кабелях (многожильных проводах, электрических шнурах) указывают около линий, изображающих провода и кабели (многожильные провода, электрические шнуры).

В этом случае допускается обозначения проводам и кабелям (многожильным проводам, электрическим шнурам) не присваивать.

При указании данных о проводах и кабелях (многожильных проводах, электрических шнурах) в виде условных обозначений эти обозначения расшифровывают на поле схемы.

Одинаковые марку, сечение и другие данные о всех или большинстве проводов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) допускается указывать на поле схемы.

Если на схеме не указаны места присоединений (например, не показаны отдельные контакты в изображении соединителей) или затруднено отыскание мест присоединения проводов и жил кабеля (многожильного провода, электрического шнура), то данные о проводах, жгутах и кабелях (многожильных проводов, электрических шнуров) и адреса их соединений сводят в таблицу, именуемую «Таблицей соединений».

Таблицу соединений следует помещать на первом листе схемы или выполнять в виде самостоятельного документа.

Таблицу соединений, помещаемую на первом листе схемы, располагают, как правило, над основной надписью. Расстояние между таблицей и основной надписью должно быть не менее 12 мм.

Продолжение таблицы соединений помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы.

Таблицу соединений в виде самостоятельного документа выполняют на формате А4. Основную надпись и дополнительные графы к ней выполняют по ГОСТ 2.104 (форма 2 и 2а).

Форму таблицы соединений выбирает разработчик схемы в зависимости от сведений, которые необходимо поместить на схеме (рисунок 3.17).

В графах таблиц указывают следующие данные:

в графе «Обозначение провода» – обозначение одножильного провода, жилы кабеля (многожильного провода, электрического шнура) или провода жгута;

в графах «Откуда идет», «Куда поступает» – условные буквенно-цифровые обозначения соединяемых элементов или устройств;

в графе «Соединения» – условные буквенно-цифровые обозначения соединяемых элементов или устройств, разделяя их запятой;

в графе «Данные провода»:

для одножильного провода – марку, сечение и, при необходимости, расцветку в соответствии с документом, на основании которого его применяют;

для кабеля (многожильного провода, электрического шнура), записываемого в спецификацию как материал – марку, сечение и количество жил в соответствии с документом, на основании которого применяют кабель (многожильный провод, электрический шнур);

в графе «Примечание» – дополнительные уточняющие данные.

При заполнении таблицы соединений следует придерживаться следующего порядка:

- при выполнении соединений отдельными проводами в таблицу записывают провода в порядке возрастания номеров, присвоенных им;
- при выполнении соединений проводами жгутов или жилами кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) перед записью проводов каждого жгута или жил каждого кабеля (многожильного провода, электрического шнура) помещают заголовок, например: «Жгут 1» или «Жгут АВВГ.ХХХХХХ.032»; «Кабель 3» или «Кабель АВВГ.ХХХХХХ.042»; «Провод 5». Провода жгута или жилы кабеля (многожильного провода, электрического шнура) записывают в порядке возрастания номеров, присвоенных проводам или жилам;

- при выполнении соединений отдельными проводами, жгутами проводов и кабелями (многожильные провода, электрические шнуры) в таблицу соединений вначале записывают отдельные провода (без заголовка), а затем (с соответствующими заголовками) жгуты проводов и кабели (многожильные провода, электрические шнуры);
- если на отдельные провода должны быть надеты изоляционные трубки, экранирующие оплетки и т. п., то в графе «Примечание» помещают соответствующие указания. Допускается эти указания помещать на поле схемы.

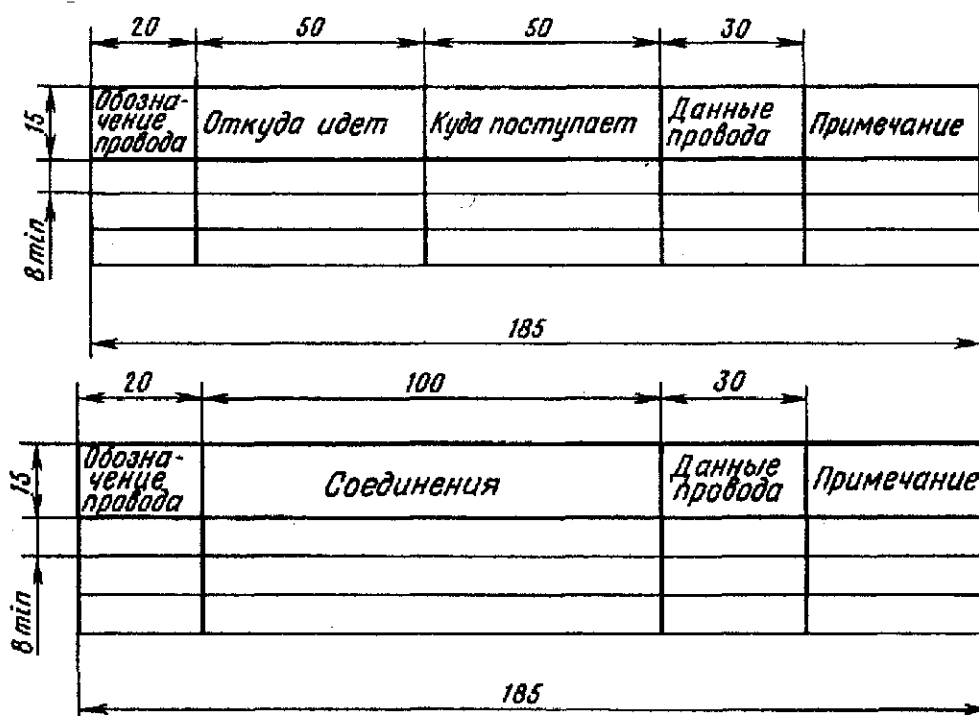


Рисунок 3.17 –Таблица соединений

На схеме соединений около обоих концов линий, изображающих отдельные провода, провода жгутов и жилы кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) допускается указывать адрес соединений. В этом случае таблицу соединений не составляют. Обозначения проводам допускается не присваивать.

На поле схемы над основной надписью допускается помещать необходимые технические указания, например: требования о недопустимости совместной прокладки некоторых проводов, жгутов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров); величины минимально допустимых расстояний между проводами, жгутами и кабелями (многожильными проводами, электрическими шнурами); данные о специфичности прокладки и защиты проводов, жгутов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) и т. п.

3.6 ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ СХЕМ ПОДКЛЮЧЕНИЯ

На схеме подключения должны быть изображены изделие, его входные и выходные элементы (соединители, зажимы и т. п.) и подводимые к ним концы проводов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) внешнего монтажа, около которых помещают данные о подключении изделия (характеристики внешних цепей и (или) адреса).

Изделие на схеме изображают в виде прямоугольника, а его входные и выходные элементы – в виде условных графических обозначений.

Допускается изображать изделие в виде упрощенных внешних очертаний. Входные и выходные элементы изображают в этом случае в виде упрощенных внешних очертаний.

Размещение изображений входных и выходных элементов внутри графического обозначения изделия должно примерно соответствовать их действительному размещению в изделии.

На схеме должны быть указаны позиционные обозначения входных и выходных элементов, присвоенные им на принципиальной схеме изделия.

Вводные элементы (например, сальники, гермовводы, проходные изоляторы), через которые проходят провода или кабели (многожильные провода, электрические шнуры), изображают на схеме по правилам.

На схеме следует указывать обозначения входных, выходных или выводных элементов, нанесенные на изделие.

Если обозначения входных, выходных и выводных элементов в конструкции изделия не указаны, то допускается условно присваивать им обозначения на схеме, повторяя их в соответствующей конструкторской документации. При этом на поле схемы помещают необходимые пояснения.

На схеме около условных графических обозначений соединителей, к которым присоединены провода и кабели (многожильные провода, электрические шнуры), допускается указывать наименования этих соединителей и (или) обозначения документов, на основании которых они применены.

Провода и кабели (многожильные провода, электрические шнуры) должны быть показаны на схеме отдельными линиями.

При необходимости на схеме указывают марки, сечения, расцветку проводов, а также марки кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров), количество, сечение и занятость жил.

При указании марок, сечений и расцветки проводов в виде условных обозначений на поле схемы расшифровывают эти обозначения.

3.7 ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ОБЩИХ СХЕМ

На общей схеме изображают устройства и элементы, входящие в комплекс, а также провода, жгуты и кабели (многожильные провода, электрические шнуры), соединяющие эти устройства и элементы.

Устройства и элементы на схеме изображают в виде прямоугольников. Допускается элементы изображать в виде условных графических обозначений или упрощенных внешних очертаний, а устройства – в виде упрощенных внешних очертаний.

Расположение графических обозначений устройств и элементов на схеме должно примерно соответствовать действительному размещению элементов и устройств в изделии.

Допускается на схеме не отражать расположение устройств и элементов в изделии, если размещение их на месте эксплуатации неизвестно.

В этих случаях графические обозначения устройств и элементов должны быть расположены так, чтобы обеспечивалась простота и наглядность показа электрических соединений между ними.

Расположение условных графических обозначений входных, выходных и вводных элементов внутри изображений устройств и элементов должно примерно соответствовать их действительному размещению в изделии. Если для обеспечения наглядности показа соединений расположение графических обозначений этих элементов не соответствует их действительному размещению в изделии, то на поле схемы должно быть помещено соответствующее пояснение.

На схеме должны быть указаны:

для каждого устройства или элемента, изображенных в виде прямоугольника или упрощенного внешнего очертания, – их наименование и тип и (или) обозначение документа, на основании которого они применены;

для каждого элемента, изображенного в виде условного графического обозначения, – его тип и (или) обозначение документа.

При большом количестве устройств и элементов рекомендуется эти сведения записывать в перечень элементов.

В этом случае около графических обозначений устройств и элементов проставляют позиционные обозначения.

Устройства и элементы, сгруппированные в посты и (или) помещения, рекомендуется записывать в перечень по постам и (или) помещениям.

На схеме следует указывать обозначения входных, выходных и вводных элементов, нанесенные на изделие.

Если обозначения входных, выходных и вводных элементов в конструкции изделия не указаны, то допускается этим элементам условно присваивать обозначения на схеме, повторяя их в соответствующей конструкторской документации. При этом на поле схемы помещают необходимые пояснения.

На схеме допускается указывать обозначения документов соединителей на полках линий-выносок, а также число контактов соединителей, используя при этом их следующее условное графическое обозначение (рисунок 3.18).

Провода, жгуты и кабели (многожильные провода, электрические шнуры) должны быть показаны на схеме отдельными линиями и обозначены отдельно порядковыми номерами в пределах изделия.

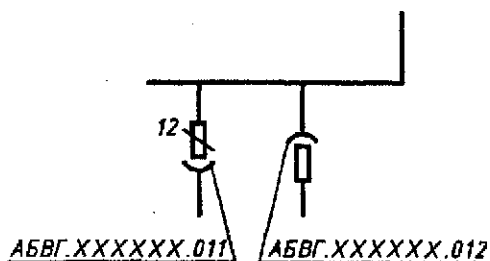


Рисунок 3.18 – Обозначение соединителей

Допускается сквозная нумерация проводов, жгутов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) в пределах изделия, если провода, входящие в жгуты, пронумерованы в пределах каждого жгута.

Если на принципиальной схеме электрическим цепям присвоены обозначения в соответствии с ГОСТ 2.709–72, то всем одножильным проводам, жилам кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) и проводам жгутов присваивают те же обозначения.

Если в состав изделия, на которое разрабатывают схему, входит несколько комплексов, то одножильные провода, кабели (многожильные провода, электрические шнуры) и жгуты следует нумеровать в пределах каждого комплекса.

Принадлежность одножильного провода, жгута, кабеля (многожильного провода, электрического шнура) к определенному комплексу определяют при помощи буквенного (буквенно-цифрового) обозначения, проставляемого перед номером каждого одножильного провода, жгута и кабеля (многожильного провода, электрического шнура) и отделяемого знаком дефис.

Допускается на схеме при помощи буквенного (буквенно-цифрового) обозначения определять принадлежность провода, жгута или кабеля (многожильного провода, электрического шнура) к определенным помещениям или функциональным цепям по правилам.

Номера одножильных проводов на схеме проставляют около концов изображений; номера одножильных коротких проводов, которые отчетливо видны на схеме, допускается помещать около середины изображений.

Номера кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) проставляются в окружностях, помещаемых в разрывах изображений кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров).

Номера жгутов проставляют на полках линий-выносок.

На схеме около изображения одножильных проводов, жгутов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) указывают следующие данные:

для одножильных проводов – марку, сечение и, при необходимости, расцветку;

для кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров), записываемых в спецификацию как материал, – марку, количество и сечение жил;

для проводов, кабелей и жгутов, изготовленных по чертежам, – обозначение основного конструкторского документа.

Если при разработке схемы данные о проводах и кабелях (многожильных проводах, электрических шнурах), прокладываемых при монтаже, не могут быть определены, то на схеме приводят соответствующие пояснения с указанием исходных данных, необходимых для выбора конкретных проводов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров).

При большом количестве соединений рекомендуется указанные сведения записывать в перечень проводов, жгутов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров).

Перечень проводов, жгутов и кабелей (многожильных проводов, электрических шнуров) (рисунок 3.19) помещают на первом листе схемы, как правило, над основной надписью или выполняют в виде последующих листов.

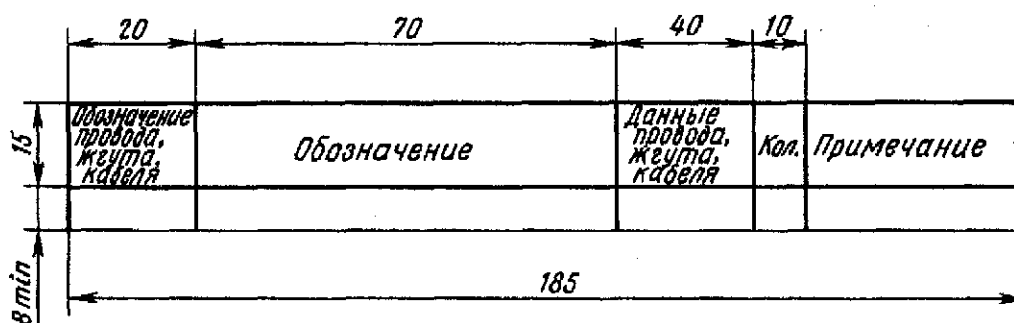


Рисунок 3.19 – Перечень проводов, жгутов и кабелей

В графах перечня указывают следующие данные:

в графе «Обозначение» – обозначение основного конструкторского документа провода, кабеля (многожильного провода, электрического шнура), жгута, изготовленных по чертежам;

в графе «Примечание» – кабели (многожильные провода, электрические шнуры), поставляемые с комплексом или прокладываемые при его монтаже;

кабели (многожильные провода, электрические шнуры), прокладываемые при монтаже, допускается в перечень не вносить.

Общую схему, по возможности, следует выполнять на одном листе. Если схема из-за сложности изделия не может быть выполнена на одном листе, то:

- на первом листе вычерчивают изделие в целом, изображая посты и (или) помещения условными очертаниями и показывая связи между постами и (или) помещениями. Внутри условных очертаний постов и (или) помещений изображают только те устройства и элементы, к которым подводят провода и кабели (многожильные провода, электрические шнуры), соединяющие посты и (или) помещения. На других листах полностью вычерчивают схемы отдельных постов и (или) помещений или групп постов и (или) помещений;
- общую схему каждого комплекса выполняют на отдельном листе, если в состав изделия входит несколько комплексов.

3.8 ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ СХЕМ РАСПОЛОЖЕНИЯ

На схеме расположения изображают составные части изделия, а при необходимости связи между ними, конструкцию, помещение или местность, на которых эти составные части будут расположены.

Составные части изделия изображают в виде упрощенных внешних очертаний или условных графических обозначений.

Провода, группы проводов, жгуты и кабели (многожильные провода, электрические шнуры) изображают в виде отдельных линий или упрощенных внешних очертаний.

Расположение графических обозначений составных частей изделия на схеме должно обеспечивать правильное представление об их действительном размещении в конструкции, помещении, на местности.

При выполнении схемы расположения допускается применять различные способы построения (аксонометрия, план, условная развертка, разрез конструкции и т. п.).

На схеме должны быть указаны:

для каждого устройства или элемента, изображенных в виде упрощенного внешнего очертания – их наименование и тип и (или) обозначение документа, на основании которого они применены;

для каждого элемента, изображенного в виде условного графического обозначения – его тип и (или) обозначение документа.

При большом количестве устройств и элементов рекомендуется эти сведения записывать в перечень элементов.

В этом случае около графических обозначений устройств и элементов проставляют позиционные обозначения.

4 УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ

4.1 ОБОЗНАЧЕНИЯ БУКВЕННО-ЦИФРОВЫЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ (ГОСТ 2.710-81)

Условные буквенно-цифровые обозначения (далее обозначения) предназначены:

- для однозначной записи в сокращенной форме сведений об элементах, об устройствах и о функциональных группах (далее части объекта) в документации на объект;
- для ссылок на соответствующие части объекта в текстовых документах;
- для нанесения непосредственно на объект, если это предусмотрено в его конструкции.

В зависимости от назначения и характера передаваемой информации устанавливаются следующие типы обозначений:

- высшего уровня - устройства (дополнительное обозначение);
- высшего уровня - функциональная группа (дополнительное обозначение);
- конструктивного расположения - конструктивное обозначение (дополнительное обозначение);
- элемента - позиционное обозначение (обязательное обозначение);
- электрического контакта (дополнительное обозначение);
- части объекта, с которой сопрягается данная часть объекта, или места расположения на документе изображения или сведений о данной части объекта (адресное обозначение).

В зависимости от полноты передаваемой информации условное буквенно-цифровое обозначение может иметь простую или сложную структуру, т.е. структуру в виде обозначений отдельных типов или в виде составного обозначения.

При необходимости допускается применять обозначения и их квалифицирующие символы, типы которых не установлены настоящим стандартом. Содержание и способ записи таких обозначений должны быть пояснены в документации на объект (например, на поле схемы).

Применение условных буквенно-цифровых обозначений в документах устанавливается правилами выполнения соответствующих документов (схем, чертежей, текстовых документов и т.д.).

Условное буквенно-цифровое обозначение записывают в виде последовательности букв, цифр и знаков в одну строку без пробелов и их количество в обозначении не устанавливается.

Соседние группы знаков отдельных обозначений, имеющие самостоятельное смысловое значение, разделяют:

чередованием буквы и цифры (например, КС25, К2, 25КС, 2К);

точкой, если группы состоят только из букв или только из цифр (например, КС.А, 2.25).

Допускается в обозначении разделять точкой самостоятельные смысловые группы, состоящие из букв и цифр (например, 01.А1.1312; 01.А.113.12).

Допускается цифровую часть, имеющую смысл порядкового номера, записывать с одинаковым количеством разрядов, заполняя старшие разряды нулями, например, А01, А02, ..., А25, ..., А99.

Составное обозначение образуют последовательной записью обозначений различных типов.

Составное обозначение должно передавать комплексную информацию о части объекта, обозначение которой указано последним. Количество обозначений, образующих составное обозначение, не устанавливается.

Обозначение элемента в общем случае состоит из трех частей, указывающих вид элемента, его номер и функцию.

Вид и номер являются обязательной частью условного буквенно-цифрового обозначения и должны быть присвоены всем элементам и устройствам объекта. Указание функции элемента не служит для идентификации элемента и не является обязательным.

В первой части записывают одну или несколько букв (буквенный код) для указания вида элемента, во второй части записывают одну или несколько цифр для указания номера элемента данного вида, в третьей части записывают одну или несколько букв (буквенный код) функции элемента. Например, С41 - конденсатор С4, используемый как интегрирующий. Допускается буквенный код функции дополнить цифрами. При разнесенном способе представления допускается к номеру добавлять условный номер изображений части элемента или устройства, отделяя его точкой. Например, А41.

При составлении перечней элементов на объект допускается указывать только первую и вторую части обозначения (обязательную часть).

Буквенные коды видов элементов приведены в таблице 4.1. Части объекта (элементы) разбиты по видам на группы, которым присвоены обозначения одной буквой. Для уточнения вида элементов допускается применять двухбуквенные и многобуквенные коды. Элемент данного вида может быть обозначен одной буквой - общим кодом вида элемента или двумя буквами - кодом данного элемента. При применении двухбуквен-

ных и многобуквенных кодов первая буква должна соответствовать группе видов, к которой принадлежит элемент. Примеры двухбуквенных кодов приведены в таблице 4.2.

Дополнительные обозначения должны быть пояснены в документации на объект (например, на поле схемы).

Буквенные коды функций элементов приведены в таблице 4.3. Эти коды следует использовать только для общей характеристики функционального назначения элемента, например, "главный", "измеряющий" и т.д. Для уточнения функционального назначения однобуквенный код, допускается дополнить последующими буквами и (или) цифрами. В этом случае должны быть приведены соответствующие пояснения в документации на объект (например, на поле схемы).

Для обозначения электрического контакта в общем случае используют комбинацию букв и цифр.

Обозначение контакта должно повторять маркировку контакта, нанесенную на объекте или указанную в документации этого объекта.

Если обозначения контактам присваивают при разработке объекта, то следует обозначить их номерами. Если контакты конструктивно сгруппированы в несколько групп, то допускается обозначать их по группам.

Таблица 4.1 – Буквенные коды наиболее распространенных видов элементов

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов
А	Устройства	Усилители, приборы телеуправления, лазеры, мазеры
В	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот аналоговые или многоуровневые преобразователи или датчики для указания или измерения	Громкоговорители, микрофоны, термоэлектрические чувствительные элементы, детекторы ионизирующих излучений, звукосниматели, сельсины
С	Конденсаторы	
Д	Схемы интегральные, микросборки	Схемы интегральные аналоговые и цифровые, логические элементы, устройства памяти, устройства задержки
Е	Элементы разные	Осветительные устройства, нагревательные элементы
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретные элементы защиты по току и напряжению, плавкие предохранители, разрядники
G	Генераторы, источники питания, кварцевые осцилляторы	Батареи, аккумуляторы, электрохимические и электротермические

		источники
Н	Устройства индикационные и сигнальные	Приборы звуковой и световой сигнализации, индикаторы
К	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовые и напряжения, реле электротепловые, реле времени, контакторы, магнитные пускатели
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссели люминесцентного освещения
М	Двигатели	Двигатели постоянного и переменного тока
Р	Приборы, измерительное оборудование	Показывающие, регистрирующие и измерительные приборы, счетчики, часы
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях	Разъединители, короткозамыкатели, автоматические выключатели (силовые)
R	Резисторы	Переменные резисторы, потенциометры, варисторы, терморезисторы
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных	Выключатели, переключатели, выключатели, срабатывающие от различных воздействий
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформаторы тока и напряжения, стабилизаторы
U	Преобразователи электрических величин в электрические, устройства связи	Модуляторы, демодуляторы, дискриминаторы, инверторы, преобразователи частоты, выпрямители
V	Приборы электровакуумные, полупроводниковые	Электронные лампы, диоды, транзисторы, тиристоры, стабилитроны
W	Линии и элементы сверхвысокой частоты, антенны	Волноводы, диполи, антенны
X	Соединения контактные	Штыри, гнезда, разборные соединения, токосъемники
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнитные муфты, тормоза, патроны
Z	Устройства оконечные, фильтры, ограничители	Линии моделирования, кварцевые фильтры

Таблица 4.2 – Примеры двухбуквенных кодов

Первая буква кода (обязательная)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код
А	Устройство (общее обозначение)		
В	Преобразователи не-	Громкоговоритель	ВА

	электрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот аналоговые или многозарядные преобразователи или датчики для указания или измерения	Магнитострикционный элемент	BB
		Детектор ионизирующих излучений	BD
		Сельсин-приемник	BE
		Телефон (капсюль)	BF
		Сельсин-датчик	BC
		Тепловой датчик	BK
		Фотоэлемент	BL
		Микрофон	BM
		Датчик давления	BP
		Пьезоэлемент	BQ
		Датчик частоты вращения (тахогенератор)	BR
		Звукосниматель	BS
		Датчик скорости	BV
C	Конденсаторы		
D	Схемы интегральные, микросборки	Схема интегральная аналоговая	DA
		Схема интегральная, цифровая, логический элемент	DD
		Устройства хранения информации	DS
		Устройство задержки	DT
E	Элементы разные	Нагревательный элемент	EK
		Лампа осветительная	EL
		Пиропатрон	ET
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия	FA
		Дискретный элемент защиты по току инерционного действия	FP
		Предохранитель плавкий	FU
		Дискретный элемент защиты по напряжению, разрядник	FV
G	Генераторы, источники питания	Батарея	GB
H	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации	HA
		Индикатор символьный	HG
		Прибор световой сигнализации	HL
K	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое	KA
		Реле указательное	KH
		Реле электротепловое	KK

		Контактор, магнитный пускатель	KM
		Реле времени	KT
		Реле напряжения	KV
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	LL
M	Двигатели		
P	Приборы, измерительное оборудование Примечание. Сочетание PE применять не допускается	Амперметр	PA
		Счетчик импульсов	PC
		Частотомер	PF
		Счетчик активной энергии	PI
		Счетчик реактивной энергии	PK
		Омметр	PR
		Регистрирующий прибор	PS
		Часы, измеритель времени действия	PT
		Вольтметр	PV
		Ваттметр	PW
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях (энергоснабжение, питание оборудования и т.д.)	Выключатель автоматический	QF
		Короткозамыкатель	QK
		Разъединитель	QS
R	Резисторы	Терморезистор	RK
		Потенциометр	RP
		Шунт измерительный	RS
		Варистор	RU
S	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных Примечание. Обозначение SF применяют для аппаратов, не имеющих контактов силовых цепей	Выключатель или переключатель	SA
		Выключатель кнопочный	SB
		Выключатель автоматический	SF
		Выключатели, срабатывающие от различных воздействий:	
		от уровня	SL
		от давления	SP
		от положения (путевой)	SQ
		от частоты вращения	SR
от температуры	SK		
T	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока	TA
		Электромагнитный стабилизатор	TS
		Трансформатор напряжения	TV
U	Устройства связи	Модулятор	UB
	Преобразователи элект-	Демодулятор	UR

	трических величин в электрические	Дискриминатор	UI
		Преобразователь частотный, инвертор, генератор частоты, выпрямитель	UZ
V	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон	VD
		Прибор электровакуумный	VL
		Транзистор	VT
		Тиристор	VS
W	Линии и элементы СВЧ	Ответвитель	WE
		Короткозамыкатель	WK
		Вентиль	WS
	Антенны	Трансформатор, неоднородность, фазовращатель	WT
		Аттенюатор	WU
	Антенна	WA	
X	Соединения контактные	Токосъемник, контакт скользящий	XA
		Штырь	XP
		Гнездо	XS
		Соединение разборное	XT
		Соединитель высокочастотный	XW
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит	YA
		Тормоз с электромагнитным приводом	YB
		Муфта с электромагнитным приводом	YC
		Электромагнитный патрон или плата	YH
Z	Устройства оконечные фильтры, ограничители	Ограничитель	ZL
		Фильтр кварцевый	ZQ

Таблица 4.3 – Буквенные коды для указания функционального назначения элементов

Буквенный код	Функциональное назначение	Буквенный код	Функциональное назначение
A	Вспомогательный	N	Измерительный
B	Направление движения (вперед, назад, вверх, вниз, по часовой стрелке, против часовой стрелки)	P	Пропорциональный
		Q	Состояние (старт, стоп, ограничение)
C	Считающий	R	Возврат, сброс
D	Дифференцирующий	S	Запоминание, запись
F	Защитный	T	Синхронизация, задержка

G	Испытательный	V	Скорость (ускорение, торможение)
H	Сигнальный	W	Сложение
I	Интегрирующий	X	Умножение
K	Толкающий	Y	Аналоговый
M	Главный	Z	Цифровой

4.2 ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ В СХЕМАХ










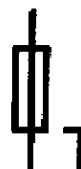
4.2.1 Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители (ГОСТ 2.723–68)




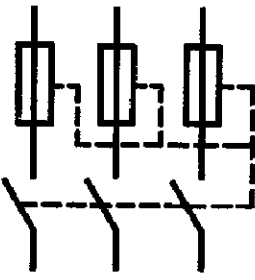

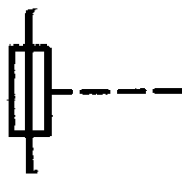
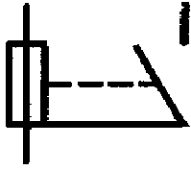
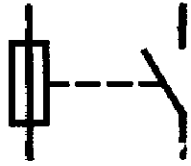
Таблица 4.4 – Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители

Наименование	Обозначение	
	Форма I	Форма II
Катушка индуктивности, дроссель без магнитопровода		
Реактор. Обозначение устанавливается для схем энергоснабжения		
Катушка индуктивности с отводами Примечание. Количество полуокружностей в изображении не устанавливается		
Катушка индуктивности со скользящими контактами (например, двумя)		
Катушка индуктивности с магнитодиэлектрическим магнитопроводом		
Катушка индуктивности, подстраиваемая магнитодиэлектрическим проводом		
Катушка индуктивности, подстраиваемая немагнитным магнитопроводом, например, медным		
Дроссель с ферромагнитным магнитопроводом		
Дроссель коаксиальный с ферромагнитным магнитопроводом		
Дроссель трехфазного тока с соединением обмоток в звезду		

4.2.2 Разрядники, предохранители (ГОСТ 2.727–68)

Таблица 4.5 – Разрядники, предохранители


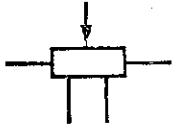
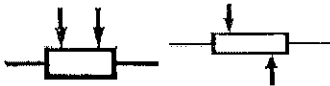
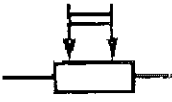
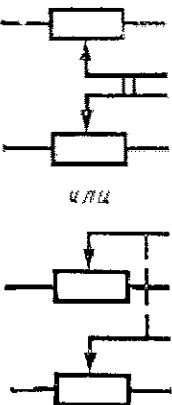
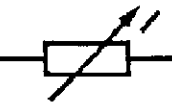
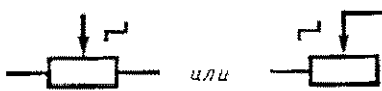
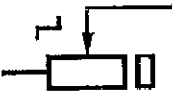
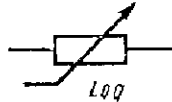
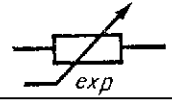
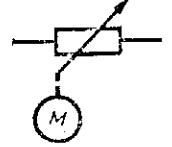
Наименование	Обозначение
Предохранитель пробивной	
Предохранитель плавкий. Общее обозначение	
Примечание. Допускается в обозначении предохранителя указывать утолщенной линией сторону, которая остается под напряжением.	
Предохранитель плавкий: а) инерционно-плавкий	 или 
б) тугоплавкий	 или 
в) быстродействующий	
Катушка термическая (предохранительная)	
Предохранитель с сигнализирующим устройством: а) с самостоятельной цепью сигнализации	
б) с общей цепью сигнализации	 или 

в) без указания цепи сигнализации	
Выключатель-предохранитель	
Разъединитель-предохранитель	
Выключатель трехфазный с автоматическим отключением любым из плавких предохранителей ударного действия	
Выключатель-разъединитель (с плавким предохранителем)	
Предохранитель плавкий ударного действия а) общее обозначение	
б) с трехвыводным контактом сигнализации	
в) с самостоятельной схемой сигнализации	

4.2.3 Резисторы (ГОСТ 2.728-74)

Таблица 4.6 – Резисторы

Наименование	Обозначение
1. Резистор постоянный Примечание. Если необходимо указать величину номинальной мощности рассеяния резисторов, то для диапазона от 0,05 до 5 Вт допускается использовать следующие обозначения резисторов, номинальная мощность рассеяния которых равна:	
0,05 Вт	
0,125 Вт	
0,25 Вт	
0,5 Вт	
1 Вт	
2 Вт	
5 Вт	
2. Резистор постоянный с дополнительными отводами:	
а) одним симметричным	
б) одним несимметричным	
в) с двумя	
Примечание. Если резистор имеет более двух дополнительных отводов, то допускается длинную сторону обозначения увеличивать, например, резистор с шестью дополнительными отводами	
3. Шунт измерительный	
Примечание. Линии, изображенные на продолжении коротких сторон прямоугольника, обозначают выводы для включения в измерительную цепь	
4. Резистор переменный	
Примечания: 1. Стрелка обозначает подвижный контакт 2. Неиспользуемый вывод допускается не изображать	
3. Для переменного резистора в реостатном включении допускается использовать следующие обозначения:	

а) общее обозначение	
б) с нелинейным регулированием	
5. Резистор переменный с дополнительными отводами	
6. Резистор переменный с несколькими подвижными контактами, например, с двумя:	
а) механически не связанными	
б) механически связанными	
7. Резистор переменный сдвоенный	
Примечание к пп. 4-7. Если необходимо уточнить характер регулирования, то следует применять обозначения регулирования по ГОСТ 2.721-74; например, резистор переменный:	
а) с плавным регулированием	
б) со ступенчатым регулированием	
Для указания разомкнутой позиции используют обозначение, например, резистор с разомкнутой позицией и ступенчатым регулированием	
в) с логарифмической характеристикой регулирования	
г) с обратно логарифмической (экспоненциальной) характеристикой регулирования	
д) регулируемый с помощью электродвигателя	
8. Резистор переменный с замыкающим контактом, изображенный:	

а) совмещенно	
б) разнесенно Примечания: 1. Точка указывает положение подвижного контакта резистора, в котором происходит срабатывание замыкающего контакта. При этом замыкание происходит при движении от точки, а размыкание - при движении к точке.	
2. При разнесенном способе замыкающий контакт следует изображать 3. Точку в обозначениях допускается не зачернять	
9. Резистор подстроечный	
Примечания: 1. Неиспользуемый вывод допускается не изображать	
2. Для подстроечного резистора в реостатном включении допускается использовать следующее обозначение	
10. Резистор переменный с подстройкой	
Примечание. Приведенному обозначению соответствует следующая эквивалентная схема:	
11. Тензорезистор:	
а) линейный	
б) нелинейный	
12. Элемент нагревательный	
13. Терморезистор:	
а) прямого подогрева с положительным температурным коэффициентом	
с отрицательным температурным коэффициентом	
б) косвенного подогрева	
14. Варистор	

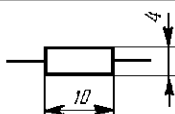
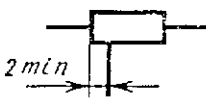
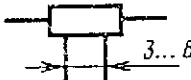
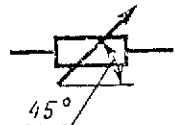
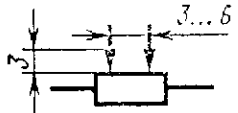
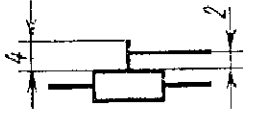
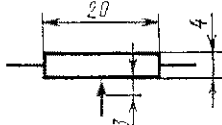
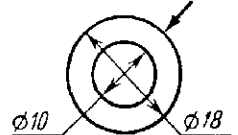
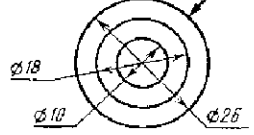
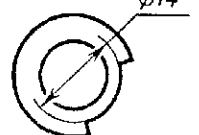
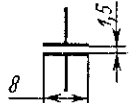
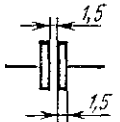
4.2.4 Конденсаторы (ГОСТ 2.728-74)

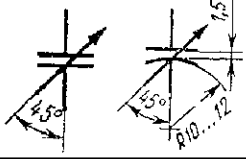
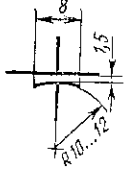
Таблица 4.7 – Конденсаторы

Наименование	Обозначение
1. Конденсатор постоянной емкости	
Примечание. Для указания поляризованного конденсатора используют обозначение	
1а. Конденсатор постоянной емкости с обозначенным внешним электродом	
2. Конденсатор электролитический:	
а) поляризованный	
б) неполяризованный.	
Примечание. Знак «+» допускается опускать, если это не приведет к неправильному пониманию схемы	
3. Конденсатор постоянной емкости с тремя выводами (двухсекционный), изображенный:	
а) совмещенно	
б) разнесенно	
4. Конденсатор проходной	
Примечание. Дуга обозначает наружную обкладку конденсатора (корпус) Допускается использовать обозначение	
5. Конденсатор опорный. Нижняя обкладка соединена с корпусом (шасси) прибора	
6. Конденсатор с последовательным собственным резистором	
7. Конденсатор в экранирующем корпусе:	
а) с одной обкладкой, соединенной с корпусом	

б) с выводом от корпуса	
8. Конденсатор переменной емкости	
9. Конденсатор переменной емкости многосекционный, например, трехсекционный	
10. Конденсатор подстроечный	
11. Конденсатор дифференциальный	
11а. Конденсатор переменной емкости двухстаторный (в каждом положении подвижного электрода С=С)	
Примечание к пп. 8 - 11а. Если необходимо указать подвижную обкладку (ротор), то ее следует изображать в виде дуги, например	
12. Вариконд	
13. Фазовращатель емкостный	
14. Конденсатор широкополосный	
15. Конденсатор помехоподавляющий	

Таблица 4.8 – Размеры условных графических обозначений












Наименование	Обозначение
1. Резистор постоянный	
2. Резистор постоянный с дополнительными отводами:	
а) одним	
б) с двумя	
3. Резистор переменный	
4. Резистор переменный с двумя подвижными контактами	
5. Резистор подстроечный	
6. Потенциометр функциональный	
7. Потенциометр функциональный кольцевой замкнутый:	
а) однообмоточный	
б) многообмоточный, например, двухобмоточный	
8. Потенциометр функциональный кольцевой замкнутый с изолированным участком	
9. Конденсатор постоянной емкости	
10. Конденсатор электролитический	

11. Конденсатор опорный	
12. Конденсатор переменной емкости	
13. Конденсатор проходной	

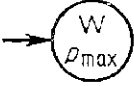





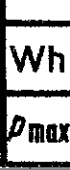
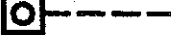

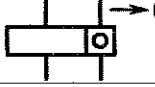
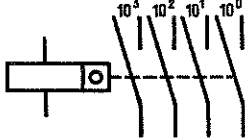
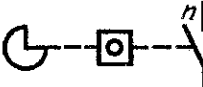





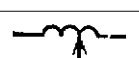
4.2.5 Приборы электроизмерительные (ГОСТ 2.729-68)

Таблица 4.9 – Электроизмерительные приборы

Наименование	Обозначение
1. Датчик измеряемой неэлектрической величины	
2. Прибор электроизмерительный	
а) показывающий	
б) регистрирующий	
в) интегрирующий (например, счетчик электрической энергии) Примечания: 1. При необходимости изображения нестандартизованных электроизмерительных приборов следует попользовать сочетания соответствующих основных обозначений, например, комбинированный прибор, показывающий и регистрирующий. 2. Для указания назначения электроизмерительного прибора в его обозначение вписывают условные графические обозначения, установленные в стандартах ЕСКД, а также буквенные обозначения единиц измерения или измеряемых величин, которые помещают внутри графического обозначения электроизмерительного прибора	
а) амперметр	A
б) вольтметр	V
в) вольтметр двойной	
г) вольтметр дифференциальный	ΔV
д) вольтамперметр	VA
е) ваттметр	W

ж) ваттметр суммирующий	ΣW
з) варметр (измеритель активной мощности)	var
и) микроамперметр	μA
к) миллиамперметр	mA
л) милливольтметр	mV
м) омметр	Ω
н) мегаомметр	$M\Omega$
о) частотомер	Hz
п) волномер	λ
р) фазометр: измеряющий сдвиг фаз	φ
измеряющий коэффициент мощности	$cos\varphi$
с) счетчик ампер-часов	Ah
г) счетчик ватт-часов	Wh
у) счетчик вольт-ампер-часов реактивный	$varh$
ф) термометр, пирометр	t° (допускается θ°)
х) индикатор полярности	\pm
ц) тахометр	n
ч) измеритель давления	Pa или P
ш) измеритель уровня жидкости	
щ) измеритель уровня сигнала	dB
3. В обозначения электроизмерительных приборов допускается вписывать необходимые данные согласно действующим стандартам на электроизмерительные приборы.	
4. Если необходимо указать характеристику отсчетного устройства прибора, то в его обозначение вписывают следующие квалифицирующие символы:	
а) прибор, подвижная часть которого может отклоняться в одну сторону от нулевой отметки:	
вправо	
влево	
б) прибор, подвижная часть которого может отклоняться в обе стороны от нулевой отметки	
допускается применять обозначение	
в) прибор вибрационной системы	
г) прибор с цифровым отсчетом	
д) прибор с непрерывной регистрацией (записывающий)	
е) прибор с точечной регистрацией (записывающий)	
ж) прибор печатающий с цифровой регистрацией	
з) прибор с регистрацией перфорированием	

Например:	
вольтметр с цифровым отсчетом	
вольтметр с непрерывной регистрацией	
амперметр, подвижная часть которого отклоняется в обе стороны от нулевой отметки	
3. Гальванометр	
4. Синхроскоп	
5. Осциллоскоп	
6. Осциллограф	
7. Гальванометр осциллографический:	
а) тока или напряжения	
б) мгновенной мощности	
8. Счетчик импульсов	
9. Электрометр	
10. Болومتر полупроводниковый	
11. Датчик температуры	 или 
12. Датчик давления	 или 
Примечание: При необходимости указания конкретной величины, в которую преобразуется неэлектрическая величина, допускается применять следующие обозначения, например, датчик давления	 и 
13. Часы вторичные	
Примечание. Для указания часов, минут и секунд используют следующее обозначение	
14. Часы первичные	
15. Часы с контактным устройством	
16. Часы синхронные, например, на 50 Гц	

17. Индикатор максимальной активной мощности, имеющий обратную связь с ваттметром	
18. Дифференциальный вольтметр	
19. Соленомер	
20. Самопишущий комбинированный ваттметр и варметр	
21. Счетчик времени	
22. Счетчик ватт-часов, измеряющий энергию, передаваемую в одном направлении	
23. Счетчик ватт-часов с регистрацией максимальной активной мощности	
24. Отличительный символ функции счета числа событий	
25. Счетчик электрических импульсов с ручной установкой на n (установка на нуль при $n=0$)	
26. Счетчик электрических импульсов с установкой на нуль электрическим путем	
27. Счетчик электрических импульсов с несколькими контактами; контакты замыкаются соответственно на каждой единице (10^0), десятке (10^1), сотне (10^2), тысяче (10^3) событий, зарегистрированных счетным устройством	
28. Счетное устройство, управляемое кулачком и управляющее замыканием контакта через каждые n событий	
Примечания к пп. 1-28	
1. При изображении обмоток измерительных приборов разнесенным способом используют следующие обозначения:	
а) обмотка токовая	
б) обмотка напряжения	
в) обмотка секционирования с отводами:	
токовая	
напряжения	
г) обмотка секционирования переключаемая:	
токовая	
напряжения	
2. Обмотки в схемах измерительных приборов, отражающих их взаимное расположение в измерительном механизме, изо-	

бражают следующим образом:	
а) обмотка токовая	
б) обмотка напряжения	
в) обмотки токовые для сложения или вычитания	
г) обмотки напряжения для сложения или вычитания	
Например, механизм измерительный:	
амперметра однообмоточного	
вольтметра однообмоточного	
ваттметра однофазного	
ваттметра трехфазного одноэлементного с двумя токовыми обмотками	
ваттметра трехфазного двухэлементного	
ваттметра трехфазного трехэлементного	
логометра магнитоэлектрического (например, омметра-логометра)	
логометра ферродинамического (например, частотомера)	
логометра электродинамического (например, фазометра однофазного)	
логометра трехобмоточного (например, фазометра трехфазного с двумя токовыми обмотками)	
логометра четырехобмоточного (например, синхроскопа трехфазного)	
логометра четырехобмоточного (например, фазометра трехфазного с одной токовой обмоткой)	
3. Выводные контакты обмоток допускается не изображать, если это не приведет к недоразумению	
4. Выводные контакты обмоток допускается не зачернять, например, вольтметр однообмоточный	

4.2.6 Приборы полупроводниковые (ГОСТ 2.730-73)

Таблица 4.10 – Знаки, характеризующие физические свойства полупроводниковых приборов

Наименование	Обозначение
1. Эффект туннельный а) прямой	┌
б) обращенный	┐
2. Эффект лавинного пробоя: а) односторонний	└
б) двухсторонний	┘
3. Эффект Шоттки	┘└

Таблица 4.11 – Примеры построения обозначений полупроводниковых диодов

Наименование	Обозначение
1. Диод Общее обозначение	
2. Диод туннельный	
3. Диод обращенный	
4. Стабилитрон (диод лавинный выпрямительный) а) односторонний	
б) двухсторонний	
5 Диод термоэлектрический	
6. Варикап (диод емкостной)	или
7. Диод двунаправленный	или
8. Модуль с несколькими (например, тремя) одинаковыми диодами с общим анодным и самостоятельными катодными выводами	

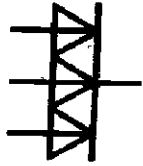








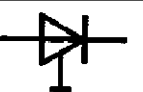
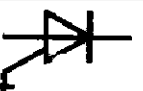
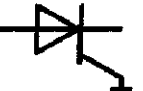
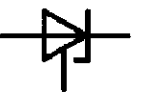
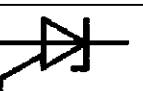

8а. Модуль с несколькими одинаковыми диодами с общим катодным и самостоятельными анодными выводами	
9. Диод Шоттки	
10. Диод светоизлучающий	

Таблица 4.12 – Обозначения тиристоров

Наименование	Обозначение
1. Тиристор диодный, запираемый в обратном направлении	
2. Тиристор диодный, проводящий в обратном направлении	
3. Тиристор диодный симметричный	 или 
4. Тиристор триодный. Общее обозначение	
5. Тиристор триодный, запираемый в обратном направлении с управлением: по аноду	
по катоду	 или 
6. Тиристор триодный выключаемый: общее обозначение	
запираемый в обратном направлении, с управлением по аноду	
запираемый в обратном направлении, с управлением по катоду	
7. Тиристор триодный, проводящий в обратном направлении: общее обозначение	
с управлением по аноду	
с управлением по катоду	

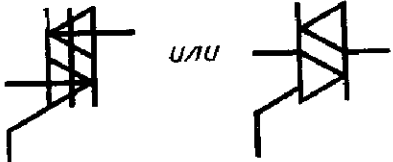

8. Тиристор триодный симметричный (двунаправленный) – триак	
9. Тиристор тетродный, запираемый в обратном направлении	

Таблица 4.13 – Примеры построения обозначений транзисторов с $P-N$ -переходами

Наименование	Обозначение
1. Транзистор а) типа PNP	
б) типа NPN с выводом от внутреннего экрана	
2. Транзистор типа NPN , коллектор соединен с корпусом	
3. Транзистор лавинный типа NPN	
4. Транзистор однопереходный с N -базой	
5. Транзистор однопереходный с P -базой	
6. Транзистор двухбазовый типа NPN	
7. Транзистор двухбазовый типа $PNIP$ с выводом от i -области	
8. Транзистор двухбазовый типа $PNIP$ с выводом от i -области	
9. Транзистор многоэмиттерный типа NPN	

Таблица 4.14 – Примеры построений обозначений фоточувствительных и излучающих полупроводниковых приборов



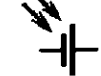
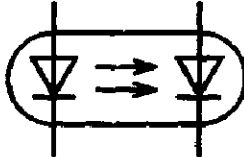
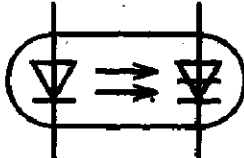
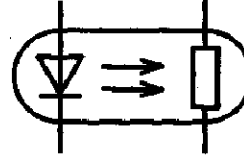
Наименование	Обозначение
1. Фоторезистор: а) общее обозначение	
б) дифференциальный	
2. Фотодиод	
3. Фототиристор	
4. Фототранзистор:	
а) типа <i>PNP</i>	
б) типа <i>NPN</i>	
5. Фотоэлемент	
6. Фотобатарея	

Таблица 4.15 – Примеры построения обозначений оптоэлектронных приборов

Наименование	Обозначение
1. Оptron диодный	
2. Оptron тиристорный	
3. Оptron резисторный	
4. Прибор оптоэлектронный с фотодиодом и усилителем:	

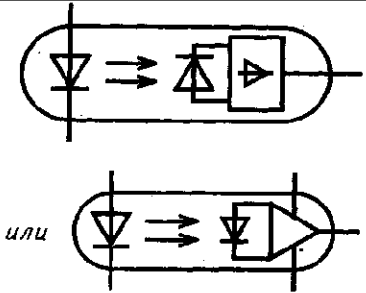
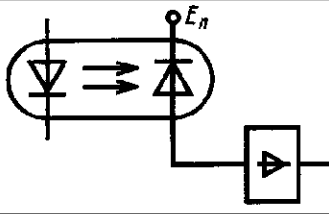
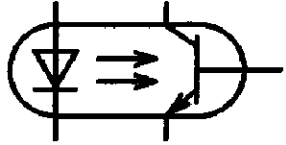
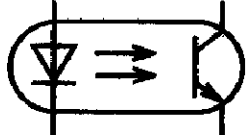
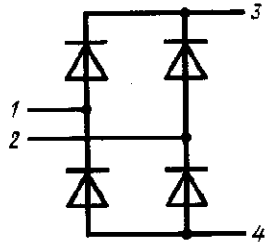
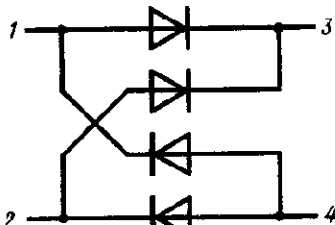
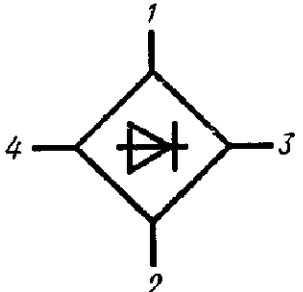
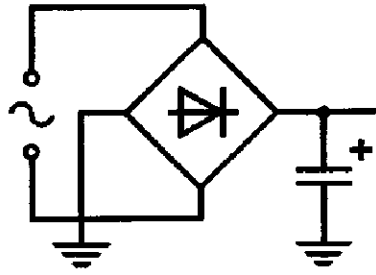
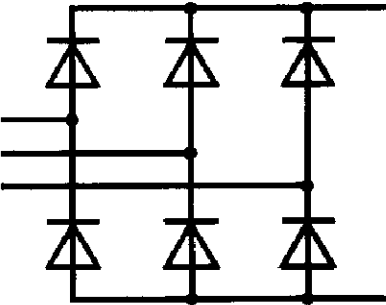
а) совмещенно	
б) разнесенно	
5. Прибор оптоэлектронный с фототранзистором: а) с выводом от базы	
б) без вывода от базы	

Таблица 4.16 – Примеры изображения типовых схем на полупроводниковых диодах

Наименование	Обозначение
1. Однофазная мостовая выпрямительная схема: а) развернутое изображение	 <p align="center">или</p> 
б) упрощенное изображение (условное графическое обозначение) Примечание. К выводам 1 – 2 подключается напряжение переменного тока; выводы 3 – 4 – выпрямленное напряжение; вывод 3 имеет положительную полярность. Цифры 1, 2, 3 и 4 указаны для пояснения.	

<p>Пример применения условного графического обозначения на схеме</p>	
<p>2. Трехфазная мостовая выпрямительная схема</p>	

4.2.7 Устройства коммутационные и контактные соединения (ГОСТ 2.755-87)

Коммутационные устройства на схемах должны быть изображены в положении, принятом за начальное, при котором пусковая система контактов обесточена.

Таблица 4.17 – Изображения основных (базовых) функциональных признаков коммутационных устройств












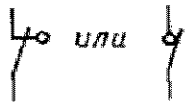

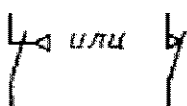

<p>1) замыкающих</p>	
<p>2) размыкающих</p>	
<p>3) переключающих</p>	
<p>4) переключающих с нейтральным центральным положением</p>	











Таблица 4.18 – Изображения на контакт-деталях коммутационных устройств

Наименование	Обозначение
1. Функция контактора	
2. Функция выключателя	
3. Функция разъединителя	
4. Функция выключателя-разъединителя	
5. Автоматическое срабатывание	
6. Функция путевого или концевого выключателя	
7. Самовозврат	
8. Отсутствие самовозврата	
9. Дугогашение	

Таблица 4.19 – Примеры построения обозначений контактов коммутационных устройств

Наименование	Обозначение
1. Контакт коммутационного устройства:	
1) переключающий без размыкания цепи (мостовой)	
2) с двойным замыканием	
3) с двойным размыканием	
2. Контакт импульсный замыкающий:	
1) при срабатывании	
2) при возврате	
3) при срабатывании и возврате	
3. Контакт импульсный размыкающий:	
1) при срабатывании	

2) при возврате	
3) при срабатывании и возврате	
4. Контакт в контактной группе, срабатывающий раньше по отношению к другим контактам группы:	
1) замыкающий	
2) размыкающий	
5. Контакт в контактной группе, срабатывающий позже по отношению к другим контактам группы:	
1) замыкающий	
2) размыкающий	
6. Контакт без самовозврата:	
1) замыкающий	
2) размыкающий	
7. Контакт с самовозвратом:	
1) замыкающий	
2) размыкающий	
8. Контакт переключающий с нейтральным центральным положением, с самовозвратом из левого положения и без возврата из правого положения	

9. Контакт контактора:	
1) замыкающий	
2) размыкающий	
3) замыкающий дугогасительный	
4) размыкающий дугогасительный	
5) замыкающий с автоматическим срабатыванием	
10. Контакт выключателя	
11. Контакт разъединителя	
12. Контакт выключателя-разъединителя	
13. Контакт концевого выключателя:	
1) замыкающий	
2) размыкающий	
14. Контакт, чувствительный к температуре (термоконтакт):	

1) замыкающий	
2) размыкающий	
15. Контакт замыкающий с замедлением, действующим:	
1) при срабатывании	
2) при возврате	
3) при срабатывании и возврате	
16. Контакт размыкающий с замедлением, действующим:	
1) при срабатывании	
2) при возврате	
3) при срабатывании и возврате	

Таблица 4.20 – Примеры построения обозначений контактов двухпозиционных коммутационных устройств

Наименование	Обозначение	
1. Контакт замыкающий выключателя:		
1) однополюсный		
	Однолинейное	Многолинейное
2) трехполюсный		
2. Контакт замыкающий выключателя трехполюсного с автоматическим срабатыванием максимального тока		
3. Контакт замыкающий нажимного кнопочного выключателя без самовозврата, с размыканием и		

возвратом элемента управления:	
1) автоматически	
2) посредством вторичного нажатия кнопки	
3) посредством вытягивания кнопки	
4) посредством отдельного привода (пример нажатия кнопки-сброс)	
4. Разъединитель трехполюсный	
5. Выключатель-разъединитель трехполюсный	
6. Выключатель ручной	
7. Выключатель электромагнитный (реле)	
8. Выключатель концевой с двумя отдельными цепями	
9. Выключатель термический саморегулирующий Примечание. Следует делать различие в изображении контакта и контакта термореле, изображаемого следующим образом	
10. Выключатель инерционный	
11. Переключатель ртутный трехконечный	

Таблица 4.21 – Примеры построения обозначений многопозиционных коммутационных устройств

Наименование	Обозначение
1. Переключатель однополюсный многопозиционный (пример шестипозиционного)	
Примечание. Позиции переключателя, в которых отсутствуют коммутируемые цепи, или позиции, соединенные между собой, обозначают короткими штрихами (пример шестипозиционного переключателя, не коммутирующего электрическую цепь в первой позиции и коммутирующего одну и ту же цепь в четвертой и шестой позициях)	
2. Переключатель однополюсный, шестипозиционный с безобрывным переключателем	
3. Переключатель однополюсный, многопозиционный с подвижным контактом, замыкающим три соседние цепи в каждой позиции	
4. Переключатель однополюсный, многопозиционный с подвижным контактом, замыкающим три цепи, исключая одну промежуточную	
5. Переключатель однополюсный, многопозиционный с подвижным контактом, который в каждой последующей позиции подключает параллельную цепь к цепям, замкнутым в предыдущей позиции	
6. Переключатель однополюсный, шестипозиционный с подвижным контактом, не размыкающим цепь при переходе его из третьей в четвертую позицию	
7. Переключатель двухполюсный, четырехпозиционный	
8. Переключатель двухполюсный шестипозиционный, в котором третий контакт верхнего полюса срабатывает раньше, а пятый контакт - позже, чем соответствующие контакты нижнего полюса	
9. Переключатель многопозиционный независимых цепей (пример шести цепей)	
Примечания к пп. 1-9:	
1. При необходимости указания ограничения движе-	

<p>ния привода переключателя применяют диаграмму положения, например:</p>	
<p>1) привод обеспечивает переход подвижного контакта переключателя от позиции 1 к позиции 4 и обратно</p>	
<p>2) привод обеспечивает переход подвижного контакта от позиции 1 к позиции 4 и далее в позицию 1; обратное движение возможно только от позиции 3 к позиции 1</p>	
<p>2. Диаграмму положения связывают с подвижным контактом переключателя линией механической связи</p>	
<p>10. Переключатель со сложной коммутацией изображают на схеме одним из следующих способов: 1) общее обозначение (пример обозначения восемнадцатипозиционного роторного переключателя с шестью зажимами, обозначенными от A до F)</p>	
<p>2) обозначение, составленное согласно конструкции</p>	
<p>11. Переключатель двухполюсный, трехпозиционный с нейтральным положением</p>	
<p>12. Переключатель двухполюсный, трехпозиционный с самовозвратом в нейтральное положение</p>	

Таблица 4.22 – Обозначения контактов контактных соединений

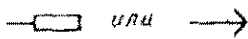
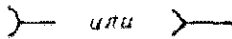
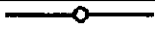





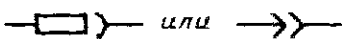
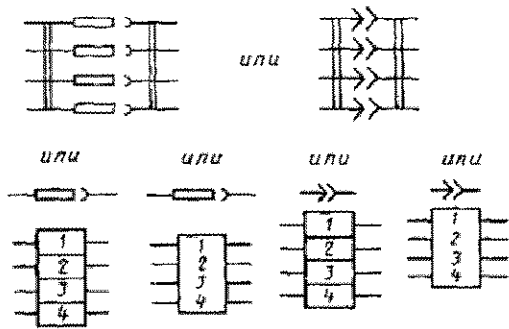
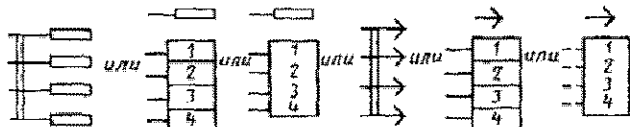
Наименование	Обозначение
1. Контакт контактного соединения:	
1) разъемного соединения:	
- штырь	
- гнездо	
2) разборного соединения	
3) неразборного соединения	
2. Контакт скользящий:	
1) по линейной токопроводящей поверхности	
2) по нескольким линейным токопроводящим поверхностям	
3) по кольцевой токопроводящей поверхности	
4) по нескольким кольцевым токопроводящим поверхностям	
Примечание. При выполнении схем с помощью ЭВМ допускается применять штриховку вместо зачернения	

Таблица 4.23 – Примеры построения обозначений контактных соединений

Наименование	Обозначение
1. Соединение контактное разъемное	
2. Соединение контактное разъемное четырехпроводное	
3. Штырь четырехпроводного контактного разъемного соединения	

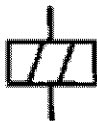
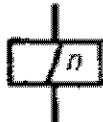
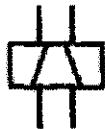
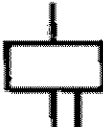
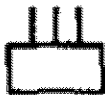
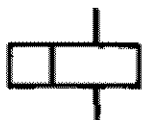
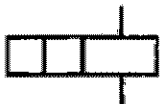
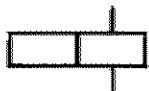
4. Гнездо четырехпроводного контактного разъёмного соединения	
Примечание. В пп. 2-4 цифры внутри прямоугольников обозначают номера контактов	
5. Соединение контактное разъёмное коаксиальное	
6. Перемычки контактные	
Примечание. Вид связи см. табл. 5, п. 1.	
7. Колодка зажимов Примечание. Для указания видов контактных соединений допускается применять следующие обозначения:	
1) колодки с разборными контактами	
2) колодки с разборными и неразборными контактами	
8. Перемычка коммутационная:	
1) на размыкание	
2) с выведенным штырем	
3) с выведенным гнездом	
4) на переключение	
9. Соединение с защитным контактом	

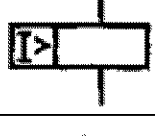
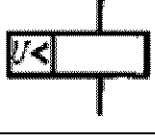
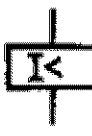
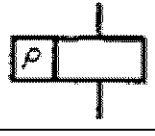
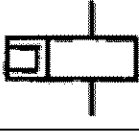
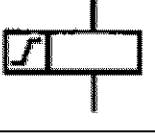
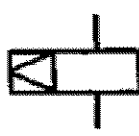
4.2.8 Воспринимающая часть электромеханических устройств (ГОСТ 2.756-76)

Условные графические обозначения воспринимающих частей электромеханических устройств (электрических реле, у которых связь воспринимающей части с исполнительной осуществляется механически, а также магнитных пускателей, контакторов и электромагнитов) в схемах, выполняемых вручную или автоматизированным способом, изделий всех отраслей промышленности.

Таблица 4.24 – Обозначения воспринимающих частей электромеханических устройств

Наименование	Обозначение
<p>1. Катушка электромеханического устройства. Общее обозначение</p> <p>Примечание. Выводы катушки допускается изображать с одной стороны прямоугольника</p>	
<p>2. Катушка электромеханического устройства с одной обмоткой.</p> <p>Примечание. Наклонную линию допускается не изображать, если нет необходимости подчеркнуть, что катушка с одной обмоткой</p>	
<p>3. Катушка электромеханического устройства с двумя обмотками</p> <p>Примечание. Допускается применять следующее обозначение</p>	
<p>4. Катушка электромеханического устройства с <i>n</i> обмотками</p>	
<p>Примечания к подпунктам 2-4:</p>	
<p>1. Около прямоугольника или в прямоугольнике допускается указывать величины, характеризующие обмотку, например, катушка с двумя обмотками, сопротивление каждой 200 Ом</p>	

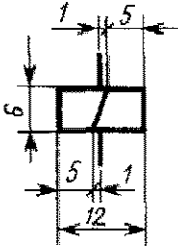
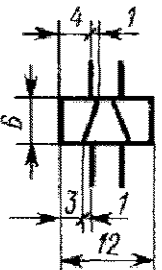
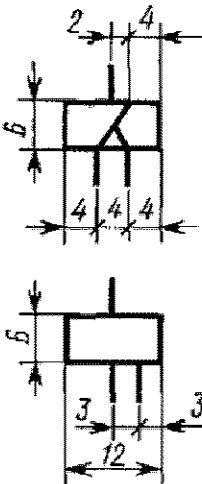
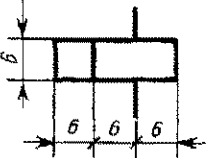
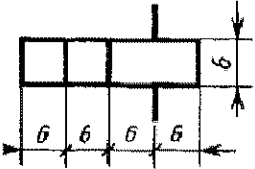
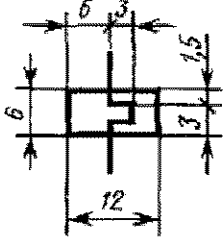
2. Если катушку электромеханического устройства с несколькими обмотками разносят на схеме, то каждую обмотку изображают следующим образом:	
катушка с двумя обмотками	
катушка с <i>n</i> обмотками	
5. Катушка электромеханического устройства с двумя встречными обмотками	
6. Катушка электромеханического устройства с двумя встречными одинаковыми обмотками (бифилярная обмотка)	
7. Катушка электромеханического устройства с одним отводом	
Примечание. Допускается применять следующее обозначение	
8. Катушка электромеханического устройства трехфазного тока	
9. Катушка электромеханического устройства с дополнительным графическим полем:	
с одним дополнительным графическим полем	
с двумя дополнительными графическими полями	
Примечания:	
1. Линию между двумя дополнительными графическими полями допускается опускать	

2. В дополнительном графическом поле указывают уточняющие данные электромеханического устройства, например, электромагнит переменного тока	
10. Катушка электромеханического устройства с указанием вида обмотки: обмотка тока	
обмотка напряжения	
обмотка максимального тока	
обмотка минимального напряжения	
Примечание к подпунктам 9, 10. При отсутствии дополнительной информации в основном поле допускается в этом поле указывать уточняющие данные, например, катушка электромеханического устройства с обмоткой минимального тока	
11. Катушка поляризованного электромеханического устройства	
Примечание. Допускается применять следующее обозначение	
12. Катушка электромеханического устройства, обладающая остаточным намагничиванием	
13. Катушка электромеханического устройства, имеющего механическую блокировку	
14. Катушка электромеханического устройства, работающего с ускорением при срабатывании	
15. Катушка электромеханического устройства, работающего с ускорением при срабатывании и отпуске	

16. Катушка электромеханического устройства, работающего с замедлением при срабатывании	
17. Катушка электромеханического устройства, работающего с замедлением при отпуске	
18. Катушка электромеханического устройства, работающего с замедлением при срабатывании и отпуске	
Примечание к подпунктам 14-18. Около условного графического обозначения допускается указывать временные характеристики электромеханического устройства	
19. Катушка электромеханического устройства, нечувствительного к переменному току	
20. Катушка электромеханического устройства, работающего с механическим резонансом	
Примечание. Допускается около обозначения указывать резонансную частоту	
21. Воспринимающая часть электротеплового реле	

Таблица 4.25 – Размеры условных графических обозначений

Наименование	Обозначение
1. Катушка электромеханического устройства	

<p>2. Катушка электромеханического устройства с одной обмоткой</p>	
<p>3. Катушка электромеханического устройства с двумя встречными обмотками</p>	
<p>4. Катушка электромеханического устройства с одним отводом</p>	
<p>5. Катушка электромеханического устройства:</p>	
<p>с одним дополнительным графическим полем</p>	
<p>с двумя дополнительными графическими полями</p>	
<p>6. Воспринимающая часть электротеплового реле</p>	

4.2.9 Элементы кинематики (ГОСТ 2.770-68)

Условные графические обозначения элементов машин и механизмов, а также характера и направления движения в схемах, изображенных в ортогональных проекциях, выполняемых во всех отраслях промышленности.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 2519-80.

Таблица 4.26 – Обозначения элементов машин и механизмов

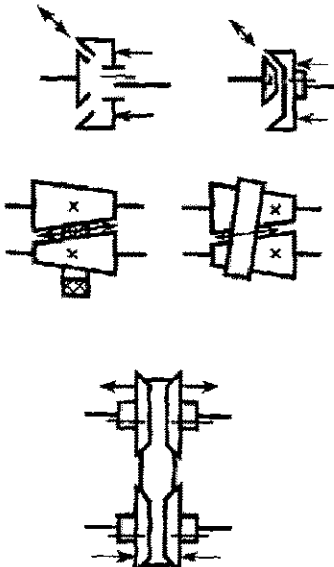

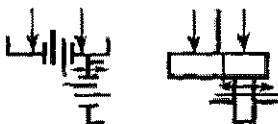
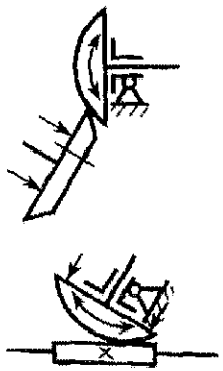
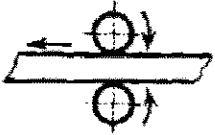

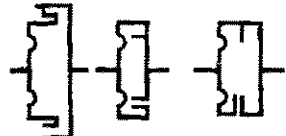
Наименование	Обозначение
1. Вал, валик, ось, стержень, шатун и т. п.	
2. Неподвижное звено (стойка). Для указания неподвижности любого звена часть его контура покрывают штриховкой, например,	
5. Соединение частей звена	
а) неподвижное	
б) неподвижное, допускающее регулировку	
в) неподвижное соединение детали с валом, стержнем	
6. Кинематическая пара	
а) вращательная	
б) вращательная многократная, например, двукратная	
в) поступательная	
г) винтовая	
д) цилиндрическая	
е) сферическая с пальцем	

ж) карданный шарнир	
з) сферическая (шаровая)	
и) плоскостная	 
к) трубчатая (шар-цилиндр)	 
л) точечная (шар-плоскость)	 
7. Подшипники скольжения и качения на валу (без уточнения типа):	
а) радиальные	
б) упорные	
8. Подшипники скольжения:	
а) радиальные	
б) радиально-упорные: односторонние	
двусторонние	
г) упорные:	
односторонние	
двусторонние	
9. Подшипники качения:	
а) радиальные	
б) радиально-упорные:	
односторонние	
двусторонние	
в) упорные:	
односторонние	
двусторонние	

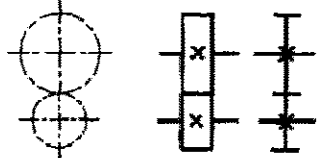
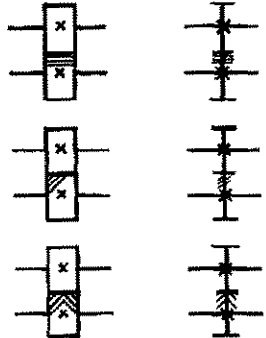
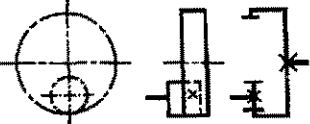

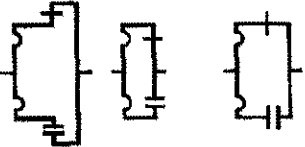
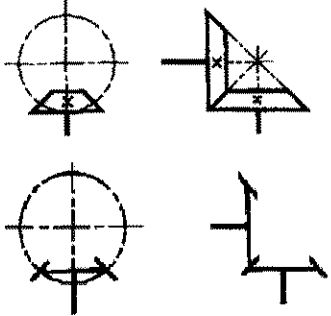
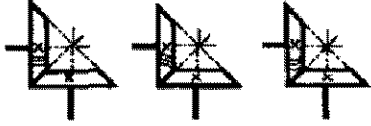
10. Муфта. Общее обозначение без уточнения типа	
11. Муфта нерасцепляемая (неуправляемая)	
а) глухая	
б) упругая	
в) компенсирующая	
12. Муфта сцепляемая (управляемая)	
а) общее обозначение	
б) односторонняя	
в) двусторонняя	
13. Муфта сцепляемая механическая	
а) синхронная, например, зубчатая	
б) асинхронная, например, фрикционная	
13а. Муфта сцепляемая электрическая	
13б. Муфта сцепляемая гидравлическая или пневматическая	
14. Муфта автоматическая (самодействующая)	
а) общее обозначение	
б) обгонная (свободного хода)	
в) центробежная фрикционная	

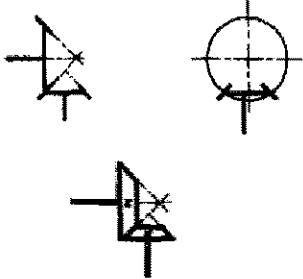
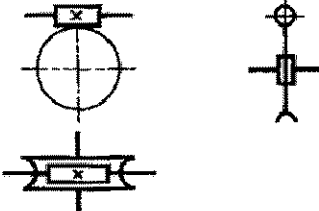
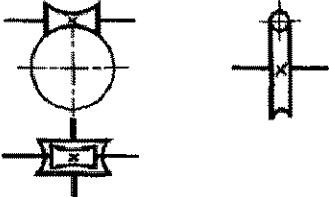

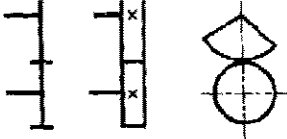





г) предохранительная	
с разрушаемым элементом	
с не разрушаемым элементом	
15. Тормоз. Общее обозначение без уточнения типа	
16. Кулачки плоские:	
а) продольного перемещения	
б) вращающиеся	
в) вращающиеся пазовые	
17. Кулачки барабанные:	
а) цилиндрические	
б) конические	
в) криволинейные	
18. Толкатель (ведомое звено)	
а) заостренный	
б) дуговой	
в) роликовый	
г) плоский	
19. Звено рычажных механизмов двухэлементное	
а) кривошип, коромысло, шатун	
б) эксцентрик	

в) ползун	
г) кулиса	
20. Звено рычажных механизмов трехэлементное	
Примечания:	
1. Штриховку допускается не наносить.	
2. Обозначение многоэлементного звена аналогично двух- и трехэлементному	
24. Храповые зубчатые механизмы:	
а) с наружным зацеплением односторонние	
б) с наружным зацеплением двусторонние	
в) с внутренним зацеплением односторонние	
г) с реечным зацеплением	
26. Передачи фрикционные:	
а) с цилиндрическими роликами	
б) с коническими роликами	

<p>в) с коническими роликами регулируемые</p>	
<p>г) с криволинейными образующими рабочих тел и наклоняющимися роликами регулируемые</p>	
<p>д) торцовые (лобовые) регулируемые</p>	
<p>е) со сферическими и коническими (цилиндрическими) роликами регулируемые</p>	
<p>ж) с цилиндрическими роликами, преобразующие вращательное движение в поступательное</p>	
<p>з) с гиперболоидными роликами, преобразующими вращательное движение в винтовое</p>	
<p>и) с гибкими роликами (волновые)</p>	

27. Маховик на валу	
28. Шкив ступенчатый, закрепленный на валу	
29. Передача ремнем без уточнения типа ремня	
30. Передача плоским ремнем	
31. Передача клиновидным ремнем	
32. Передача круглым ремнем	
33. Передача зубчатым ремнем	
34. Передача цепью:	
а) общее обозначение без уточнения типа цепи	
б) круглозвенной	
в) пластинчатой	
г) зубчатой	
35. Передачи зубчатые (цилиндрические):	

<p>а) внешнее зацепление (общее обозначение без уточнения типа зубьев)</p>	
<p>б) то же, с прямыми, косыми и шевронными зубьями</p>	
<p>в) внутреннее зацепление</p>	
<p>г) с некруглыми колесами</p>	
<p>35а. Передатки зубчатые с гибкими колесами (волновые)</p>	
<p>36. Передатки зубчатые с пересекающимися валами и конические:</p>	
<p>а) общее обозначение без уточнения типа зубьев</p>	
<p>б) с прямыми, спиральными и круговыми зубьями</p>	
<p>37. Передатки зубчатые со скрещивающимися валами:</p>	

а) гипоидные	
б) червячные с цилиндрическим червяком	
в) червячные глобоидные	
38. Передачи зубчатые реечные:	
а) общее обозначение без уточнения типа зубьев	
38а. Передача зубчатым сектором без уточнения типа зубьев	
39. Винт, передающий движение	
40. Гайка на винте, передающем движение:	
а) неразъемная	
б) неразъемная с шариками	
в) разъемная	
41. Пружины:	
а) цилиндрические сжатия	
б) цилиндрические растяжения	



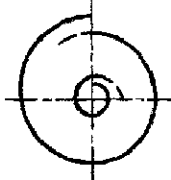





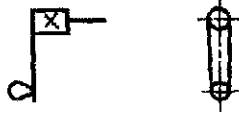
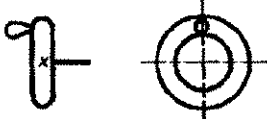







в) конические сжатия	
г) цилиндрические, работающие на кручение	
д) спиральные	
е) листовые:	
одинарная	
рессора	
ж) тарельчатые	
42. Рычаг переключения	
43. Конец вала под съемную рукоятку	
45. Рукоятка	
46. Маховичок	
47. Передвижные упоры	
49. Гибкий вал для передачи вращающего момента	

Таблица 4.27 – Обозначения движений







Наименование	Обозначение
1. Одностороннее движение:	
а) прямолинейное	
б) вращательное:	
с осью вращения в плоскости чертежа	
с осью вращения перпендикулярной плоскости чертежа	
в) винтовое:	
с осью вращения в плоскости чертежа	
с осью вращения перпендикулярной плоскости чертежа	
2. Возвратное движение:	
а) прямолинейное	
б) вращательное:	
с осью вращения в плоскости чертежа	
с осью вращения перпендикулярной плоскости чертежа	
в) винтовое с осью вращения в плоскости чертежа	
с осью вращения перпендикулярной плоскости чертежа	
Примечание к пп. 1 и 2. Для указания правого или левого винта на поле схемы приводят необходимое пояснение.	
3. Одностороннее движение с мгновенной остановкой в промежуточном положении:	
а) прямолинейное	
б) вращательное	
4. Одностороннее движение с выстоем в промежуточном положении:	
а) прямолинейное	

б) вращательное	
5. Одностороннее движение с частичным обратным движением:	
а) прямолинейное	
б) вращательное	
6. Возвратное движение с выстоем в одном крайнем положении:	
а) прямолинейное	
б) вращательное	

4.2.10 Обозначения общего применения (ГОСТ 2.721-74)

Настоящий стандарт устанавливает условные графические обозначения общего применения на схемах, выполняемых вручную или автоматизированным способом, изделий всех отраслей промышленности и строительства.

Таблица 4.28 – Обозначения направлений распространения тока, сигнала, информации и потока энергии, жидкости и газа

Наименование	Обозначение
1. Распространение тока, сигнала, информации и потока энергии:	
а) в одном направлении	
б) в обоих направлениях неодновременно	
в) в обоих направлениях одновременно	
1.1. Направление тока, сигнала, информации и потока энергии:	
а) передача	
б) прием	
1.2. Распространение энергии в направлениях:	
а) от токоведущей шины	

Наименование	Обозначение
б) к токоведущей шине	
в) в обоих направлениях	
2. Поток жидкости:	
а) в одном направлении (например, вправо)	
б) в обоих направлениях	
3. Поток газа (воздуха):	
а) в одном направлении (например, вправо)	
б) в обоих направлениях	
Примечания к пп. 2 и 3:	
1. Если необходимо уточнить рабочую среду в трубопроводах, то следует применять обозначения по ГОСТ 3464-63.	
2. При выполнении схем автоматизированным способом допускается вместо зачернения применять наклонную штриховку, например, поток жидкости	

Таблица 4.29 – Обозначения направления движения

Наименование	Обозначение
1. Движение прямолинейное:	
а) одностороннее	
б) возвратное	
в) одностороннее с выстоем	
г) возвратное с выстоем	
д) одностороннее с ограничением.	
Примечания. Если необходимо указать, что перемещение осуществляется на определенное расстояние, то значение расстояния следует проставлять над изображением стрелки, например, перемещение на 40 мм	
е) возвратно-поступательное	
2. Движение вращательное:	
а) одностороннее	
б) возвратное	
в) одностороннее с выстоем	

Наименование	Обозначение
г) с ограничением движения в направлении вращения.	
Примечание. Если необходимо указать, что поворот осуществляется на определенный угол, то значение угла поворота следует проставлять над изображением стрелки, например, поворот осуществляется на угол 45°	

Таблица 4.30 – Обозначения линий механической связи

Наименование	Обозначение
1. Линия механической связи в гидравлических и пневматических схемах	
2. Линия механической связи в электрических схемах.	
Примечание. При небольшом расстоянии между элементами и их составными частями допускается применять следующее обозначение	
2а. Линия механической связи с эластичным элементом	
3. Разветвление линии механической связи в электрических схемах:	
а) под углом 90°	
б) под углом 45°	
4. Пересечение линий механической связи в электрических схемах:	
а) под углом 90°	
б) под углом 45	

Таблица 4.31 – Обозначения передачи движения

Наименование	Обозначение
1. Линия механической связи, передающей движение:	
а) прямолинейное одностороннее в направлении, указанном стрелкой	

Наименование	Обозначение
б) прямолинейное возвратное	
в) прямолинейное с ограничением с одной стороны	
г) прямолинейное возвратно-поступательное с ограничением с двух сторон	
с ограничением с одной стороны	
д) вращательное по часовой стрелке (наблюдатель слева)	
допускается указывать частоту вращения, например, 40 мин-1	
е) вращательное в обоих направлениях	
ж) вращательное в обоих направлениях с ограничением с одной стороны	
з) вращательное в обоих направлениях с ограничением с двух сторон	
допускается указывать угол поворота, например, 120°	
и) вращательное в одном направлении с ограничением	
2. Линия механической связи, срабатывающей периодически (передача периодических движений).	
Примечание. Если необходимо указать частоту срабатывания, то значение частоты следует про- ставлять около знака периодичности, например, линия механической связи с частотой срабатыва- ния 17 с ⁻¹	

Наименование	Обозначение
3. Линия механической связи со ступенчатым движением.	
Примечание. При необходимости следует обозначать число ступеней, например 5	
4. Линия механической связи, имеющей выдержку времени:	
а) при движении вправо	
б) при движении влево	
в) при движении в обоих направлениях.	
Примечания:	
1. Замедление происходит при движении в направлении от дуги к центру	
2. Если необходимо указать значение выдержки времени, то его следует проставлять около знака выдержки времени, например, линия механической связи, имеющей выдержку времени 5 с при движении вправо	
5. Линия механической связи с автоматическим возвратом до состояния покоя после исчезновения приводящей силы. Возврат в направлении, указанном стрелкой	
6. Движение винтовое:	
а) вправо	
б) влево	






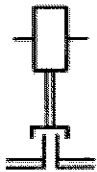








Таблица 4.32 – Обозначения регулирования, саморегулирования и преобразования







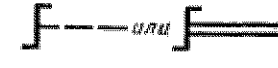






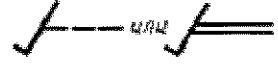
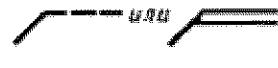
Наименование	Обозначение
1. Регулирование воздействием органов управления:	
а) линейное	
б) нелинейное.	
2. Регулирование автоматическое:	
а) линейное	
б) нелинейное	
3. Саморегулирование, вызванное физическими процессами или величинами:	
а) линейное	
б) нелинейное	
Примечания:	
1. При необходимости уточнения характера регулирования следует применять следующие обозначения:	
а) регулирование плавное	
б) регулирование ступенчатое	
в) регулирование подстроенное	

Наименование	Обозначение
2. При выполнении указания способа регулирования следует применять следующие обозначения:	
а) регулирование ручкой, выведенной наружу	
б) регулирование инструментом; элемент регулирования (например ось потенциометра) выведен наружу	
в) регулирование инструментом; элемент регулирования (например, ось потенциометра) находится внутри устройства	
г) при выполнении схем автоматизированным способом допускается вместо зачернения применять наклонную штриховку	
3. Около квалифицирующего символа допускается указывать уточняющие данные, например:	
а) регулирование при токе, равном нулю	
б) регулирование линейное при напряжении равном нулю	
в) функциональная зависимость регулирования, например логарифмическая зависимость	
г) при изображении ступенчатого регулирования допускается указывать число ступеней, например, регулирование пятиступенчатое	
д) при необходимости указания направления движения органа регулирования, при котором происходит увеличение регулируемой величины, используют стрелку, например, регулирование ручкой, выведенной наружу	
4. Обозначение в соответствии с пп. 1-3 должно пересекать условное графическое обозначение, с которым оно применяется, например:	
а) конденсатор с подстроечным регулированием	
б) усилитель с автоматическим регулированием усиления	
5. Функция преобразования, например, аналого-цифрового	X/Y A/D

Таблица 4.33 – Обозначения элементов привода и управляющих устройств

Наименование	Обозначение
1. Фиксирующий механизм:	
а) общее обозначение	
б) в положении фиксации	
в) приобретающий положение фиксации после передвижения вправо	
г) приобретающий положение фиксации после передвижения влево	
д) приобретающий положение фиксации после передвижения вправо и влево	
2. Механизм с защелкой:	
а) общее обозначение	
б) препятствующий передвижению влево в фиксированном положении	
в нефиксированном положении	
в) препятствующий передвижению вправо в фиксированном положении	
в нефиксированном положении	
г) препятствующий передвижению в обе стороны.	
Примечание к пп. 1 и 2. При необходимости следует указывать способ возврата механизма в исходное положение, например, электромагнитом	
3. Механизм свободного расцепления	
4. Муфта. Общее обозначение:	

Наименование	Обозначение
а) выключенная	
б) включенная	
5. Тормоз:	
а) общее обозначение	
б) в отпущенном состоянии	
в) в состоянии торможения.	
Примечание к пп. 4 и 5. При необходимости следует указывать способ включения муфты или тормоза, например, электромагнитом	
6. Поводок	
7. Кулачок	
8. Линейка (рейка).	
Примечание. При необходимости следует указывать направление движения	
9. Пружина	
10. Толкатель	
11. Ролик	
12. Ролик, срабатывающий в одном направлении.	
Примечание к пп. 1-12. При необходимости указания конкретных видов элементов привода следует применять обозначения по ГОСТ 2.770-68	
13. Привод ручной:	
а) общее обозначение	

Наименование	Обозначение
б) приводимый в движение ключом	
в) приводимый в движение несъемной рукояткой	
г) приводимый в движение съемной рукояткой	
д) приводимый в движение маховичком	
е) приводимый в движение нажатием кнопки	
ж) приводимый в движение нажатием кнопки с ограниченным доступом	
з) приводимый в движение вытягиванием кнопки	
и) приводимый в движение поворотом кнопки.	
Примечание к пп. 13е-13и. Предполагается, что привод кнопками имеет самовозврат.	
к) приводимый в движение рычагом	
л) аварийного срабатывания	
м) приводимый в движение эффектом близости	
н) приводимый в движение прикосанием	
о) приводимый в движение с помощью электромагнитной защиты по типу перегрузки	
п) приводимый в движение с помощью электрических часов	
14. Привод ножной	
14а. Привод другими частями тела	
15. Другие приводы:	

Наименование	Обозначение
а) аккумулятор механической энергии, общее обозначение. Примечание. При необходимости внутри квадрата помещают сведения о виде энергии	
б) электромагнитный	
в) пневматический или гидравлический	
г) электромашинный	
д) тепловой (двигатель тепловой)	
е) мембранный	
ж) поплавковый	
з) центробежный	
и) с помощью биметалла	
к) струйный	
л) кулачковый	
м) привод линейкой (рейкой)	
и) пиропатрон	
о) привод механической пружиной	
п) привод шестеренчатый	
р) привод щупом или прижимной планкой	




Таблица 4.34 – Общие элементы условных графических обозначений, линии для выделения и разделения частей схемы и для экранирования

Наименование	Обозначение
1. Прибор, устройство	
2. Баллон (электровакуумного и ионного прибора), корпус (полупроводникового прибора).	
Примечание. Комбинированные электровакуумные приборы при раздельном изображении систем электродов	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Certification in Russia http://stroyinf.ru</p>  </div>
3. Линия для выделения устройств, функциональных групп, частей схемы	
4. Экранирование.	
Примечание. При уточнении характера экранирования (электростатическое или электромагнитное) под изображением линии экранирования проставляют буквенные обозначения соответственно:	
а) электростатическое	
б) электромагнитное	
5. Экранирование группы элементов.	
Примечание. Экранирование допускается изображать с любой конфигурацией контура	
6. Экранирование группы линий электрической связи	
7. Индикатор контрольной точки	

Таблица 4.35 – обозначения заземления и возможных повреждений изоляции




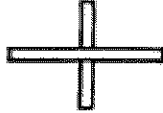
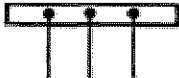





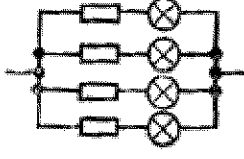
Наименование	Обозначение
1. Заземление, общее обозначение	
2. Беспыльное заземление (чистое)	
3. Защитное заземление	
4. Электрическое соединение с корпусом (массой).	
Примечание. При отсутствии наклонных линий допускается горизонтальную линию изображать толстой	
5. Эквипотенциальность	
6. Возможность повреждения изоляции, общее обозначение	
7. Возможность повреждения изоляции:	
а) между проводами	
б) между проводом и корпусом (пробой на корпус)	
в) между проводом и землей (пробой на землю).	
Примечание. Допускается применять точки для обозначения повреждения изоляции между проводами	




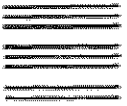
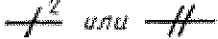
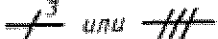
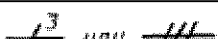
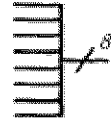

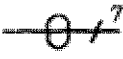
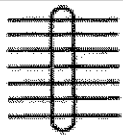
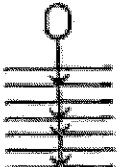
Таблица 4.36 – обозначения электрических связей, проводов, кабелей и шин

Наименование	Обозначение
1. Линия электрической связи, провода, кабели, шины, линия групповой связи.	
Примечания:	
1. Допускается защитный проводник (РЕ) изображать тонкой штрих-пунктирной линией	
2. При необходимости для линий групповой связи применяются утолщенные линии	
3. При наличии текста к линии электрической связи, кабелю, шине или к линии групповой связи текст помещают:	

Наименование	Обозначение
а) над линией	
б) в разрыве линии	
в) в начале или в конце линии	
2. Графическое разветвление (слияние) линий электрической связи в линию групповой связи, разводка жил кабеля или проводов жгута.	
Примечания:	
1. Расстояние между соседними линиями, отходящими в разные стороны, должно быть не менее 2 мм.	
2. Для облегчения поиска отдельных линий связи можно указывать направление каждой линии при помощи излома под углом 45°, при этом:	
а) точка излома должна быть удалена от групповой линии связи не менее чем на 3 мм;	
б) наклонные участки соседних линий, изображенных по одну сторону от групповой линии связи, не должны пересекаться или иметь общие точки	
3. Графическое разветвление (слияние) линий групповой связи	
4. Графический излом линий электрической связи, линий групповой связи, провода, кабеля, шины:	
а) под углом 90°	
б) под углом 135°	
5. Пересечение линий электрической связи, линий групповой связи электрически не соединенных проводов, кабелей, шин, электрически не соединенных.	

Наименование	Обозначение
Линии должны пересекаться под углом 90°	
Примечание. Линия, имеющая излом под углом 135° , не должна пересекаться с другой линией в точке излома	
6. Линия электрической связи с ответвлениями: а) с одним	
б) с двумя.	
Примечания:	
1. Ответвления допускается изображать под углами, кратными 45°	
	
2. Линию электрической связи с одним ответвлением допускается изображать без точки	
3. При изображении ответвлений электрической связи не допускается в качестве точек ответвления использовать элементы условных графических обозначений, имеющие вид точек, изломов, пересечений и т. д.	
	
4. Если при выполнении схем автоматизированным способом линии групповой связи выполняют неутолщенными, то для графического отделения этих линий от пересекающихся с ними или параллельных им линий электрической связи на линию групповой связи наносят наклонные штрихи.	
7. Линии электрической связи, графически сливаемые и расположенные:	
а) вертикально	
б) горизонтально.	
Примечание. На месте знаков X и Y должны быть указаны условные обозначения линий по ГОСТ 2.702-75	
8. Обрыв линии электрической связи.	

Наименование	Обозначение
Примечание. На месте знака X указывают необходимые данные о продолжении линии на схеме	
9. Шина	
	
10. Ответвление шины	
11. Шины, графически пересекающиеся и электрически не соединенные	
12. Отводы (отпайки) от шины.	
Примечание к пп. 9-12. Изображение шин при помощи двойных линий применяется в тех случаях, когда необходимо графически отделить их от изображения линии электрической связи	
13. Группа проводов, подключенных к одной точке электрического соединения:	
а) два провода	
б) четыре провода	
в) более четырех проводов	
14. Линия электрической связи с ответвлением в несколько параллельных идентичных цепей. Внутри обозначения ответвления указывают общее количество параллельных цепей, включая изображенную цепь, например:	
Изображение	
соответствует изображению	
15. Группа линий электрической связи, имеющих общее функциональное назначение, изображенная:	

Наименование	Обозначение
а) однолинейно	
б) многолинейно.	
Примечания:	
1. В однолинейном изображении буква n заменяется числом, указывающим количество линий в группе, например группа линий электрической связи, состоящей из семи линий	
2. При многолинейном изображении группы для облегчения поиска линий допускается разбивать группу линий на подгруппы при помощи интервалов. При этом в каждой подгруппе должно быть одинаковое количество линий; крайняя подгруппа может содержать меньшее количество линий	
3. В однолинейном изображении группы линий электрической связи, состоящей из 2-4 линий, допускается изображать:	
а) группу из двух линий	
б) группу из трех линий	
в) группу из четырех линий	
16. Переход группы линий электрической связи, имеющих общее функциональное назначение, от многолинейного изображения к однолинейному (например, восемь линий)	
17. Группа линий электрической связи, имеющих общее функциональное назначение, каждая из которых имеет ответвление	
18. Группа линий электрической связи, имеющих общее функциональное назначение и осуществляемых многожильным кабелем, например семижильным, изображенная:	
а) однолинейно	
б) многолинейно	
19. Группа линий электрической связи, четыре из которых осуществлены многожильным кабелем	

Наименование	Обозначение
20. Группа линий электрической связи, осуществленная n скрученными проводами, например, шестью скрученными проводами, изображенная:	
а) однолинейно	
б) многолинейно	
21. Группа линий электрической связи, четыре из которых осуществлены скрученными проводами	
22. Линия электрической связи, осуществленная гибким проводом	
23. Экранированная линия электрической связи, провод и кабель с экранированием.	
Примечание. При необходимости обозначение экранирования можно показывать не по всей длине линии, а на отдельных ее участках	
24. Частично экранированные линия электрической связи, провод и кабель	
25. Экранированная линия электрической связи с ответвлением	
26. Экранированная линия электрической связи с ответвлением от экрана	
27. Группа индивидуально экранированных линий электрической связи, имеющих общее функциональное назначение	
28. Группа индивидуально экранированных линий электрической связи, имеющих общее функциональное назначение и ответвления	
29. Группа линий электрической связи в общем экране, например, шесть линий электрической связи, изображенные:	
а) однолинейно	
б) многолинейно	
30. Группа линий электрической связи, четыре из которых находятся в общем экране.	







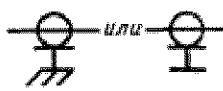

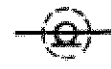







Наименование	Обозначение
Примечание к пп. 23-30. Соединение экрана:	
а) с корпусом	
	
б) с землей	
31. Экранированный провод или кабель с отводом на землю:	
а) от конца экрана	
б) от промежуточной точки экрана	
32. Коаксиальный кабель	
33. Коаксиальный кабель:	
а) соединенный с корпусом	
б) заземленный	
34. Коаксиальный экранированный кабель.	
Примечание к пп. 32-34 Если коаксиальная структура не продолжается, то касательная к окружности направлена в сторону изображения коаксиальной структуры	

Таблица 4.37 – Обозначения рода тока и напряжения

Наименование	Обозначение
1. Постоянный ток, основное обозначение.	
Примечание. Если невозможно использовать основное обозначение, то используют следующее обозначение.	
2. Полярность постоянного тока:	
а) положительная	
б) отрицательная	
3. m проводная линия постоянного тока напряжением U, например:	
а) двухпроводная линия постоянного тока напряжением 110 В	

Наименование	Обозначение
б) трехпроводная линия постоянного тока, включающая средний провод, напряжением 110 В между каждым внешним проводником и средним проводом 220 В-между внешними проводниками	$2M \text{ — } 110/220 \text{ В}$
4. Переменный ток, основное обозначение.	\sim
Примечание. Допускается справа от обозначения переменного тока указывать величину частоты, например:	
переменного тока частотой 10 кГц	$\sim 10 \text{ кГц}$
переменного тока в диапазоне частот от 100 до 600 кГц	$\sim 100 \dots 600 \text{ кГц}$
5. Переменный ток с числом фаз m , частотой f , например, переменный трехфазный ток частотой 50 Гц	$m \sim f$
	$3 \sim 50 \text{ Гц}$
6. Переменный ток с числом фаз m , частотой f , напряжением U , например:	$m \sim fU$
а) переменный ток, трехфазный, частотой 50 Гц, напряжением 220 В	$3 \sim 50 \text{ Гц } 220 \text{ В}$
б) переменный ток, трехфазный, четырехпроводная линия (три провода, нейтраль) частотой 50 Гц, напряжением 220/380 В	$3N \sim 50 \text{ Гц } 220/380 \text{ В}$
в) переменный ток, трехфазный, пятипроводная линия (три провода фаз, нейтраль, один провод защитный с заземлением) частотой 50 Гц, напряжением 220/380 В	$3NPE \sim 50 \text{ Гц } 220/380 \text{ В}$
г) переменный ток, трехфазный, четырехпроводная линия (три провода фаз, один защитный провод с заземлением, выполняющий функцию нейтрали) частотой 50 Гц, напряжением 220/380 В	$3PEN \sim 50 \text{ Гц } 220/380 \text{ В}$
7. Частоты переменного тока (основные обозначения):	
а) промышленные	\sim
б) звуковые	\approx
в) ультразвуковые и радиочастоты	\approx
г) сверхвысокие	\approx
8. Постоянный и переменный ток	I
9. Пульсирующий ток	I

Таблица 4.38 – Обозначения видов обмоток в изделиях

Наименование	Обозначение
1. Однофазная обмотка с двумя выводами	
2. Однофазная обмотка с выводом от средней точки	┴
3. Две однофазные обмотки, каждая из которых с двумя выводами	
4. Три однофазные обмотки, каждая из которых с двумя выводами	
5. m однофазных обмоток, каждая из которых с двумя выводами	^m
6. Двухфазная обмотка с отдельными фазами	₂ ~
7. Трехфазная обмотка с отдельными фазами	₃ ~
8. Многофазная обмотка n с числом отдельных фаз m.	^m _n ~
Примечание к пп. 6-8. Обозначения применяются для обмоток с отдельными фазами, для которых допускаются различные способы внешних соединений	
9. Двухфазная трехпроводная обмотка	L
10. Двухфазная четырехпроводная обмотка	L
11. Двух-трехфазная обмотка Т-образного соединения (обмотка Скотта)	T
12. Трехфазная обмотка V-образного соединения двух фаз в открытый треугольник.	V
Примечание. Допускается указывать угол, под которым включены обмотки, например, под углом 60° и 120°.	V ^{60°} V ^{120°}
13. Трехфазная обмотка, соединенная в звезду	Y
14. Трехфазная обмотка, соединенная в звезду, с выведенной нейтралью	Y-
15. Трехфазная обмотка, соединенная в звезду, с выведенной заземленной нейтралью	Y⊥
16. Трехфазная обмотка, соединенная в треугольник	Δ
17. Трехфазная обмотка, соединенная в разомкнутый треугольник	△

Наименование	Обозначение
18. Трехфазная обмотка, соединенная в зигзаг	
19. Трехфазная обмотка, соединенная в зигзаг, с выведенной нейтралью	
20. Четырехфазная обмотка	
21. Четырехфазная обмотка с выводом от средней точки	
22. Шестифазная обмотка, соединенная в звезду	
23. Шестифазная обмотка, соединенная в звезду, с выводом от средней точки	
24. Шестифазная обмотка, соединенная в двойную звезду	
25. Шестифазная обмотка, соединенная в две обратные звезды	
26. Шестифазная обмотка, соединенная в две обратные звезды, с отдельными выводами от средних точек	
27. Шестифазная обмотка, соединенная в два треугольника	
28. Шестифазная обмотка, соединенная в шестиугольник	
29. Шестифазная обмотка, соединенная в двойной зигзаг	
30. Шестифазная обмотка, соединенная в двойной зигзаг, с выводом от средней точки	

Таблица 4.39 – Обозначения форм импульсов

Наименование	Обозначение
1. Прямоугольный импульс:	
а) положительный	
б) отрицательный	
2. Трапецеидальный импульс	
3. Импульс с крутым спадом	
4. Импульс с крутым фронтом	
5. Двуполярный импульс	
6. Остроугольный импульс:	
а) положительный	

Наименование	Обозначение
б) отрицательный	
7. Остроугольный импульс с экспоненциальным спадом	
8. Пилообразный импульс:	
а) с линейным нарастанием	
б) с линейным спадом	
9. Гармонический импульс	
10. Ступенчатый импульс	
11. Импульс высокой частоты (радиоимпульс)	
12. Импульс переменного тока	
13. Искаженный импульс	

Таблица 4.40 – Обозначения сигналов

Наименование	Обозначение
1. Аналоговый сигнал	Π или Λ или A
2. Цифровой сигнал	$\#$ или D
3. Положительный перепад уровня сигнала	
4. Отрицательный перепад уровня сигнала	
5. Высокий уровень сигнала	H
6. Низкий уровень сигнала	L

Таблица 4.41 – Обозначения видов модуляции

Наименование	Обозначение
1. Амплитудная модуляция	Λ
2. Частотная модуляция	f или F
3. Фазовая модуляция	φ
4. Импульсная модуляция:	\square или P
а) фазово-импульсная	
б) частотно-импульсная	
в) амплитудно-импульсная	
г) время-импульсная	

Наименование	Обозначение
д) широтно-импульсная	\square
е) кодово-импульсная.	$\square^{\#}$
Примечание. Допускается вместо символа указывать характеристику соответствующего кода, например:	
двоичного пятиразрядного кода	\square^{2^5}
кода три из семи	$\square^{\binom{7}{3}}$

Таблица 4.42 – Обозначения появления реакций при достижении определенных величин

Наименование	Обозначение
1. Срабатывание, когда действительное значение выше номинального	\succ
2. Срабатывание, когда действительное значение ниже номинального	\prec
3. Срабатывание, когда действительное значение ниже или выше номинального	$\succ\prec$
4. Срабатывание, когда действительное значение равно номинальному	$=$
5. Срабатывание, когда действительное значение равно нулю	$=_0$
6. Срабатывание, когда действительное значение приближено к нулю	\approx_0
7. Срабатывание при максимальном токе	$\succ I$
8. Срабатывание при минимальном токе	$\prec I$
9. Срабатывание при превышении определенного значения тока	$\pm \succ I$
10. Срабатывание при обратном токе	$\uparrow I$
11. Срабатывание при максимальном напряжении	$\succ U$
12. Срабатывание при минимальном напряжении	$\prec U$
13. Срабатывание при превышении определенного значения напряжения	$\pm \succ U$
14. Срабатывание при максимальной температуре	$\succ t^{\circ}$
15. Срабатывание при минимальной температуре	$\prec t^{\circ}$

Таблица 4.43 – Обозначения веществ (сред)

Наименование	Обозначение
Вещество (среда):	
1. Твердое	
2. Жидкое	
3. Газовое	
4. Газовое (защитное)	
5. Вакуумное	
6. Полупроводниковое	
7. Изолирующее	
8. Электрет.	
Примечание к пп. 3-5. Прямоугольное обрамление допускается не выполнять, если это не приведет к неправильному пониманию схемы	

Таблица 4.44 – Обозначение воздействий, эффектов, зависимостей

Наименование	Обозначение
1. Термическое воздействие	
2. Электромагнитное воздействие	
3. Электродинамическое воздействие	
4. Магнестрикционное воздействие	
5. Магнитное воздействие	
6. Пьезоэлектрическое воздействие	
7. Воздействие от сопротивления	
8. Воздействие от индуктивности	
9. Электростатическое воздействие, емкостной эффект	
10. Гальваномагнитный эффект (эффект Холла)	



Наименование	Обозначение
11. Воздействие от ультразвука	
12. Воздействие замедления	
13. Температурная зависимость	t°

Таблица 4.45 – Обозначения излучений







Наименование	Обозначение
1. Неионизирующее электромагнитное излучение, фотоэлектрический эффект	
2. Неионизирующее излучение, например когерентный свет	
3. Ионизирующее излучение	
4. Световое излучение, фотоэлектрический эффект	
5. Связь оптическая	
6. Излучение ламп накаливания.	
Примечание. Для указания вида излучения допускается применять следующие буквы:	
а) для излучений по пп. 1 и 6:	
Инфракрасное	IR
Ультрафиолетовое	UV
б) для излучений по п. 3:	
альфа-частицы	α
бета-частицы	β
гамма-лучи	γ
кси-частицы	Ξ
лямбда-частицы	λ
мю-мезон	μ
Нейтрино	ν
пи-мезон	π
сигма-частицы	Σ
Дейтрон	δ
k-мезон	k
Нейтрон	η
Протон	ρ
Тритон	t
рентгеновские лучи	X
Электрон	e

Таблица 4.46 – Обозначения прочих квалифицирующих символов




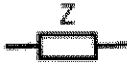








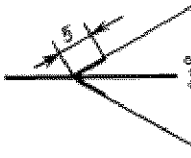
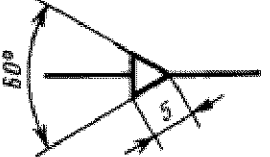



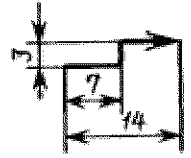

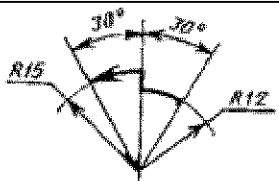


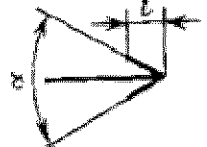



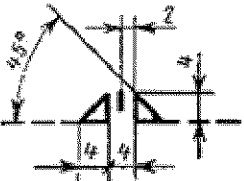
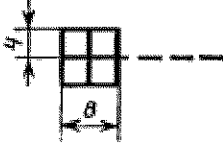
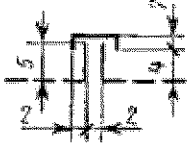

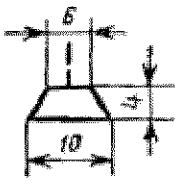

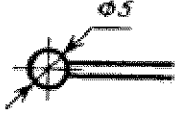

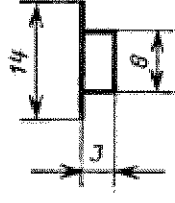
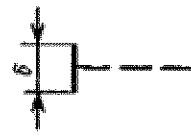
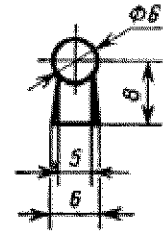
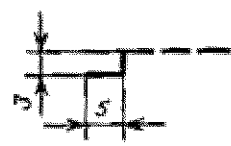
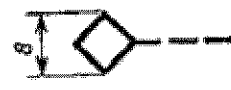
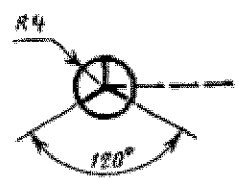

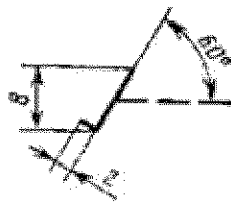
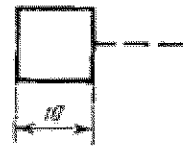
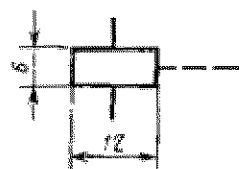
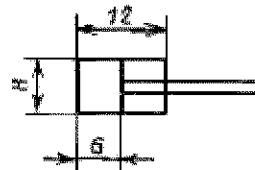

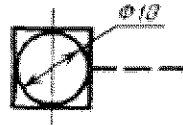

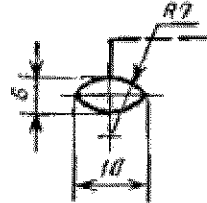
Наименование	Обозначение
1. Усиление	
2. Суммирование	Σ
3. Сопротивление:	
а) активное	
б) реактивное	
в) полное	
г) индуктивное реактивное	
д) емкостное реактивное	
4. Магнит постоянный.	
Примечание. При необходимости указания полярности магнита применять для обозначения северного полюса букву N	
5. Подогреватель	
6. Идеальный источник тока	
7. Идеальный источник напряжения	
8. Идеальный гиратор	

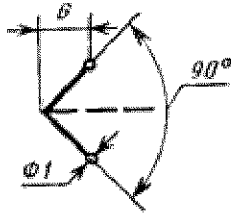
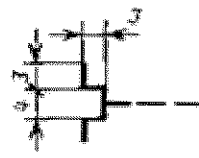
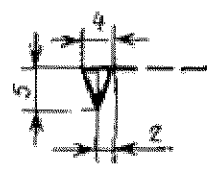
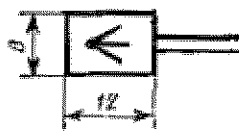
Таблица 4.47 – Размеры условных графических обозначений

Наименование	Обозначение
1. Поток электромагнитной энергии, сигнал электрический в одном направлении (например, влево)	
2 Поток газа (воздуха):	
а) в одном направлении (например, вправо)	
б) в обоих направлениях	
3. Движение прямолинейное:	
а) одностороннее	
б) возвратное	
в) одностороннее с выстоем	
4. Движение вращательное:	
в) одностороннее	
б) одностороннее с выстоем	
5. Регулирование линейное. Общее обозначение	
6. Регулирование ручкой, выведенной наружу.	
Примечание к пп. 3-6. Размеры стрелки должны быть в пределах l=3...5, □=150...300	

Наименование	Обозначение
7. Линия механической связи в гидравлических и пневматических схемах	
8. Линия механической связи со ступенчатым движением	
9. Линия механической связи, имеющей выдержку времени	
10. Механизм с защелкой, препятствующий передвижению в обе стороны	
11. Механизм свободного расцепления	
12. Муфта:	
а) выключенная	
б) включенная	
13. Тормоз	
14. Исключен (Изм. № 1).	
15. Толкатель	
16. Ролик	

Наименование	Обозначение
17. Ролик, срабатывающий в одном направлении	
18. Кулачок	
19. Линейка (рейка)	
20. Привод ручной:	
а) общее обозначение	
б) приводимый в движение ключом	
в) приводимый в движение несъемной рукояткой	
г) приводимый в движение съемной рукояткой	
д) приводимый в движение маховичком	
е) приводимый в движение нажатием кнопки	
ж) приводимый в движение нажатием кнопки с ограниченным доступом	
з) приводимый в движение рычагом	

Наименование	Обозначение
21. Привод ножной	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Certification in Russia http://stroyinf.ru</p>  </div>
22. Другие приводы:	
а) общее обозначение	
б) электромагнитный	
в) пневматический или гидравлический	
г) электромашинный	
д) тепловой (двигатель тепловой)	
е) мембранный	
ж) поплавковый	

Наименование	Обозначение
з) центробежный	
и) с помощью биметалла	
к) струйный	
л) пиропатрон.	
Примечание к пп. 1-20. Все геометрические элементы условных графических обозначений следует выполнять линиями той же толщины, что и линии связей.	

4.2.11 Машины электрические (ГОСТ 2.722-68)

Условные графические обозначения вращающихся электрических машин на схемах, выполняемых вручную или автоматизированным способом, изделий всех отраслей промышленности и строительства.

Устанавливаются три способа построения условных графических обозначений электрических машин:

- упрощенный однолинейный;
- упрощенный многолинейный (форма I);
- развернутый (форма II).

В упрощенных однолинейных обозначениях электрических машин обмотки статора и ротора изображают в виде окружностей. Выводы обмоток статора и ротора показывают одной линией с указанием на ней количества выводов в соответствии с требованиями ГОСТ 2.721-74.

В упрощенных многолинейных обозначениях обмотки статора и ротора изображают аналогично упрощенным однолинейным обозначениям,

показывая выводы обмоток статора и ротора (рисунок 4.1)

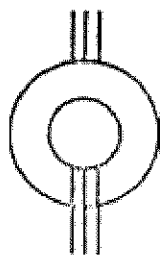


Рисунок 4.1 – Упрощенные однолинейные обозначения обмоток статора и ротора

В развернутых обозначениях обмотки статора изображают в виде цепочек полуокружностей, а обмотки ротора - в виде окружности (и наоборот).

Взаимное расположение обмоток изображают:

а) в машинах переменного тока и универсальных - с учетом (рисунок 4.2а) или без учета (рисунок 4.2б) сдвига фаз.



Рисунок 4.2 – Взаимное расположение обмоток: а – с учетом сдвига фаз; б – без учета сдвига фаз

б) в машинах постоянного тока - с учетом (рисунок 4.3а) или без учета (рисунок 4.3б) направления магнитного поля, создаваемого обмоткой.

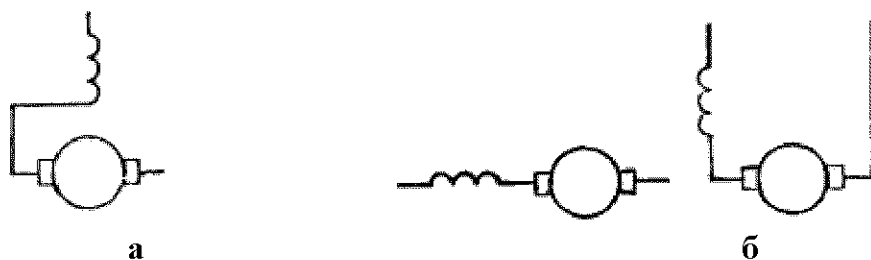


Рисунок 4.3 – Взаимное расположение обмоток: а – с учетом с учетом направления магнитного поля; б – без учета направления магнитного поля

В примерах условных графических обозначений машин переменного тока и универсальных машин приведены обозначения, отражающие сдвиг фаз в обмотке; в примерах машин постоянного тока - без учета направления магнитного поля.

Выводы обмоток статора и ротора в обозначениях машин всех типов

допускается изображать с любой стороны.

В примерах построения условных графических обозначений машин выводы обмоток показаны:















а) в машинах переменного тока: выводы обмоток статора - вверх, обмоток ротора - вниз;

б) в машинах постоянного тока выводы всех обмоток показаны вверх.

Допускается указывать дополнительные сведения (обозначения соединений обмоток, числовые данные и т.д.).

Таблица 4.48 – Обозначения элементов электрических машин

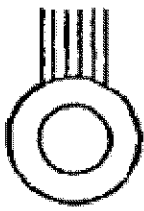
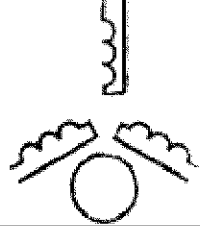
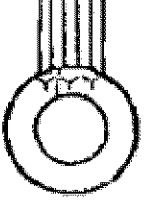
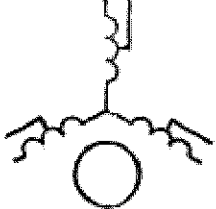
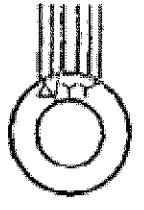
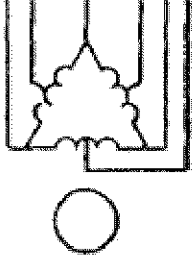
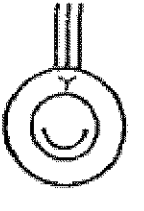
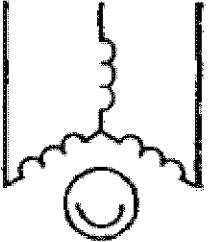
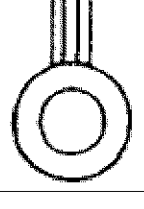
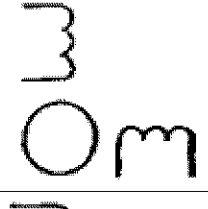
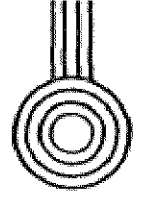
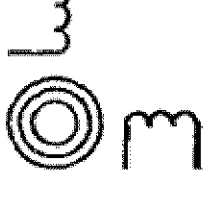
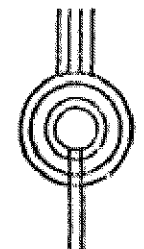
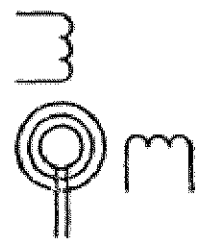
Наименование	Обозначение
1. Обмотка компенсационная	
1а. Обмотка вспомогательного полюса	
2. Обмотка статора (каждой фазы) машины переменного тока, обмотка последовательного возбуждения машины постоянного тока	
3. Обмотка параллельно возбуждения машины постоянного тока, обмотка независимого возбуждения	
4. Статор, обмотка статора. Общее обозначение	
Примечание. Если необходимо указать, что на статоре имеются две самостоятельные трехфазные обмотки, используют следующее обозначение	
5. Статор с трехфазной обмоткой: а) соединенной в треугольник	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Форма I</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Форма II</p> </div> </div>
б) соединенной в звезду	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Форма I</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Форма II</p> </div> </div>
6. Ротор. Общее обозначение	


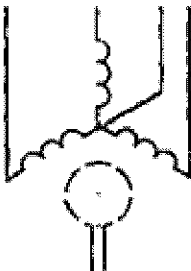
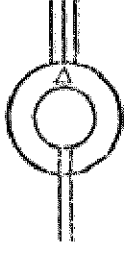
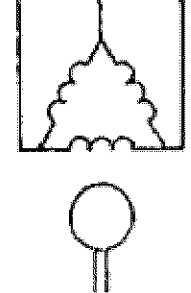
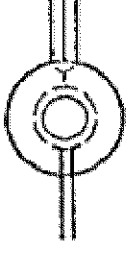
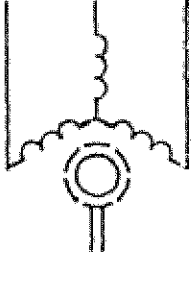
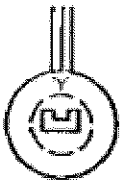
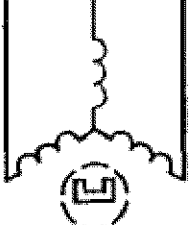
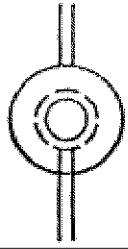
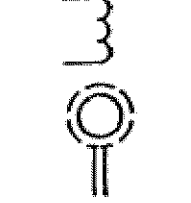
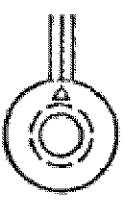
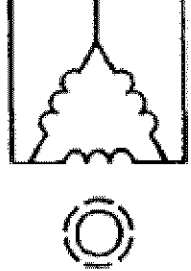
Наименование	Обозначение
7. Ротор без обмотки: а) полый немагнитный или ферромагнитный	
б) с явно выраженными полюсами (явнополюсный) с прорезями по окружности	
п) явнополюсный с постоянными магнитами	
8. Ротор с распределенной обмоткой: а) трехфазной, соединенной в звезду	
б) трехфазной, соединенной в треугольник	
в) однофазной или постоянного тока	
г) короткозамкнутой	
д) с двумя распределенными самостоятельными обмотками	
9. Ротор внешний с короткозамкнутой распределенной обмоткой (например, двигателя-гироскопа)	
10. Ротор явнополюсный с сосредоточенной обмоткой возбуждения	
11. Ротор явнополюсный с сосредоточенной обмоткой возбуждения и с распределенной короткозамкнутой успокоительной или пусковой обмоткой	
12. Ротор с обмоткой, коллектором и щетками	
12а. Ротор со щетками на контактных кольцах. Примечание к пп. 12 и 12а. Щетки изображают только при необходимости	
13 Машина электрическая. Общее обозначение. Примечание. Внутри окружности допускается указывать следующие данные: а) род машин (генератор - G, двигатель - M, генератор синхронный - GS, двигатель синхронный -	

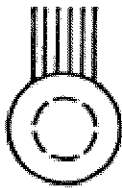
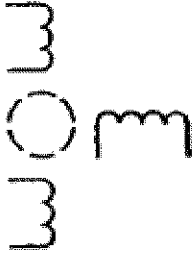
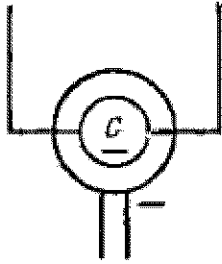
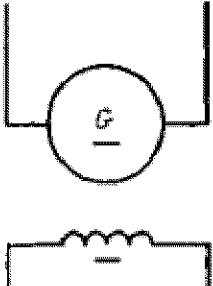
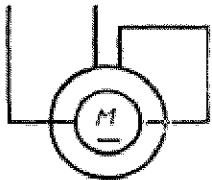
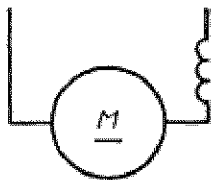
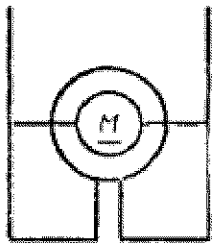
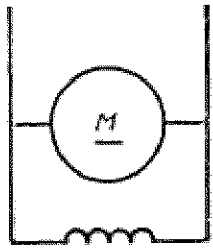
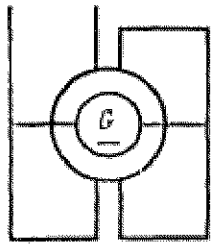
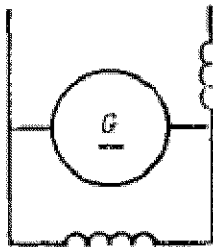
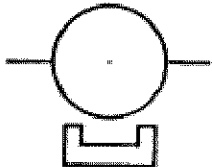

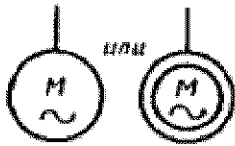
Наименование	Обозначение
MS, сельсин - ZZ, преобразователь - С); б) род тока, число фаз или вид соединения обмоток в соответствии с требованиями ГОСТ 2721-74 Например:	
генератор трехфазный	
двигатель трехфазный с соединением обмоток статора в звезду	
машина, которая может работать как генератор и как двигатель	
двигатель линейный, общее обозначение	
двигатель шаговый, общее обозначение	
генератор с ручным управлением	
14. Машины, связанные механически	


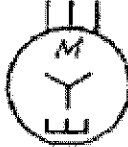

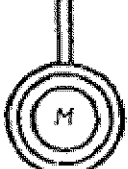



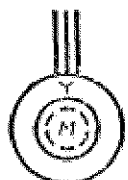
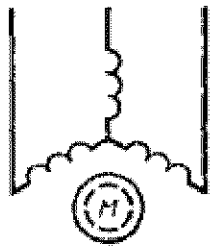
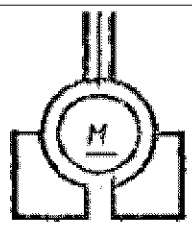
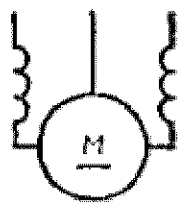
Таблица 4.49 – Примеры построения обозначений электрических машин

Наименование	Обозначение	
	Форма I	Форма II
I Машина асинхронная трехфазная с фазным ротором, обмотка которого соединена в звезду, обмотка статора соединена: а) в треугольник		
б) в звезду с выведенной нейтральной (средней) точкой		

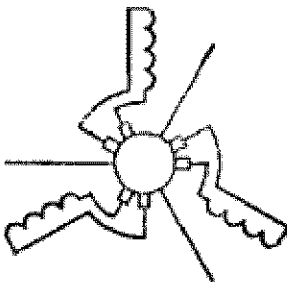
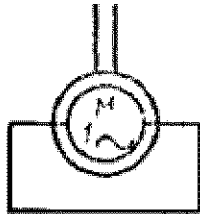
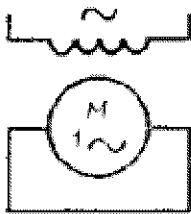
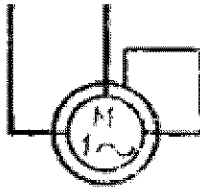
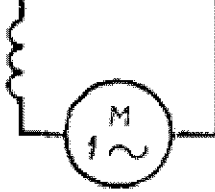
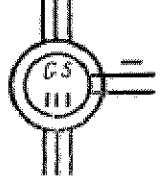

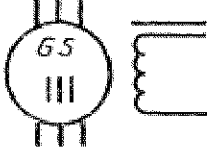






Наименование	Обозначение	
	Форма I	Форма II
2 Машина асинхронная трехфазная с шестью выведенными концами фаз обмотки статора и с короткозамкнутым ротором		
3 Машина асинхронная с переключением обмотки статора на два числа полюсов с короткозамкнутым ротором. Переключение обмотки статора: а) со звезды на звезду с двумя параллельными ветвями		
б) с треугольника на звезду с двумя параллельными ветвями		
4. Машина асинхронная трехфазная с внешним ротором; обмотка статора соединена в звезду		
5 Машина асинхронная двухфазная: а) с короткозамкнутым ротором		
б) с полым немагнитным ротором и неподвижным ферромагнитным сердечником		
6. Машина асинхронная двухфазная с тремя обмотками и полым немагнитным ротором; одна из обмоток расположена на неподвижном сердечнике. Примечание. Назначение обмоток (пусковая, управления или тахометрическая) допускается обозначать соответствующими буквами		

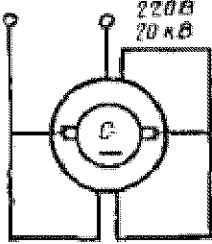
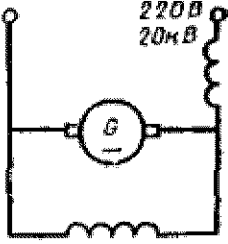


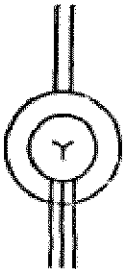

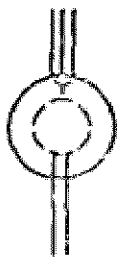
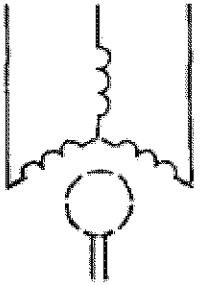

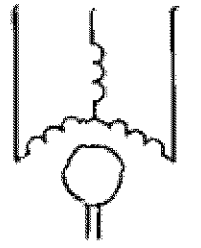
Наименование	Обозначение	
	Форма I	Форма II
7. Машина синхронная трехфазная явнополюсная с обмоткой возбуждения на роторе; обмотка статора соединена в звезду с выведенной нейтральной (средней) точкой		
8. Машина синхронная трехфазная неявнополюсная с обмоткой возбуждения на роторе; обмотка статора соединена в треугольник		
9. Машина синхронная трехфазная явнополюсная с обмоткой возбуждения и с пусковой короткозамкнутой обмоткой на роторе; обмотка статора соединена в звезду		
10. Машина синхронная трехфазная с возбуждением от постоянных магнитов; обмотка статора соединена в звезду		
11. Машина синхронная однофазная явнополюсная с обмоткой возбуждения и успокоительной или пусковой обмоткой на роторе		
12. Машина синхронная трехфазная явнополюсная без обмотки возбуждения с пусковой короткозамкнутой обмоткой на роторе (реактивный синхронный двигатель); обмотка статора соединена в треугольник		


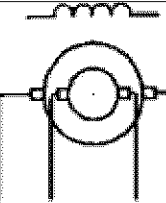

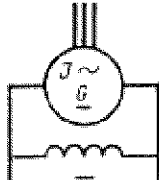
Наименование	Обозначение	
	Форма I	Форма II
13. Машина индукторная (генератор повышенной частоты) с двумя обмотками переменного тока и одной обмоткой постоянного тока на статоре		
14. Машина постоянного тока с независимым возбуждением		
15. Машина постоянного тока с последовательным возбуждением		
16. Машина постоянного тока с параллельным возбуждением		
17. Машина постоянного тока со смешанным возбуждением		
18. Машина постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов		-
19. Двигатель асинхронный с фазным ротором. Общее обозначение		-
20. Двигатель асинхронный с короткозамкнутым ротором. Общее обозначение		-

Наименование	Обозначение	
	Форма I	Форма II
21. Двигатель асинхронный трехфазный, соединенный в треугольник, с короткозамкнутым ротором		-
21а. Двигатель асинхронный трехфазный со статором, соединенным звездой, с автоматическими пускателями в роторе		-
22. Двигатель асинхронный однофазный с короткозамкнутым ротором		-
23. Двигатель асинхронный однофазный с расщепленными полюсами с короткозамкнутым ротором		
24. Двигатель асинхронный однофазный с короткозамкнутым ротором, с выводами для вспомогательной фазы		-
24а. Двигатель асинхронный трехфазный линейный с односторонним направлением вращения		-
25. Двигатель гистерезисный; обмотка статора соединена в звезду		
26. Двигатель постоянного тока реверсивный с двумя последовательными обмотками возбуждения		

Наименование	Обозначение	
	Форма I	Форма II
<p>27. Двигатель постоянного тока с параллельным возбуждением и центробежным вибрационным стабилизатором скорости вращения.</p> <p>Примечания: 1. В зависимости от типа стабилизатора контакт может быть замыкающим или размыкающим.</p> <p>2. Если необходимо показать способ включения стабилизатора скорости вращения, его контакты включают в соответствующую цепь двигателя, например, включение вибрационного стабилизатора скорости вращения в цепь возбуждения параллельно добавочному сопротивлению</p>	-	
<p>28. Двигатель постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов и центробежным вибрационным стабилизатором скорости вращения</p>		-
<p>29. Двигатель коллекторный трехфазный последовательного возбуждения</p>		
<p>30. Двигатель коллекторный трехфазный последовательного возбуждения с регулированием скорости вращения передвижением щеток</p>	-	
<p>31. Двигатель коллекторный трехфазный параллельного возбуждения с питанием через ротор с двойным рядом щеток.</p> <p>Две окружности, соединенные короткими параллельными линиями, изображают две обмотки одного и того же ротора</p>		

Наименование	Обозначение	
	Форма I	Форма II
32. Двигатель коллекторный трехфазный параллельного возбуждения с питанием в ротор с регулированием скорости вращения передвижением щеток	-	
33. Двигатель коллекторный однофазный репульсионный		
34. Двигатель коллекторный однофазный последовательного возбуждения		
35. Генератор (GS) или двигатель (MS) синхронный трехфазный, оба конца каждой фазы выведены	 или 	 или 
36. Генератор (GS) или двигатель (MS) синхронный трехфазный с обмотками, соединенными в звезду, с выведенной нейтралью		
36а. Генератор переменного тока синхронный трехфазный с постоянным магнитом		-
37. Генератор (GS) или двигатель (MS) синхронный однофазный		

Наименование	Обозначение	
	Форма I	Форма II
38. Генератор постоянного тока с двумя выводами, со смешанным возбуждением, с указанием зажимов, щеток и числовых данных, например, 220 В, 20 кВ		
39. Сельсин. Общее обозначение. Для конкретных типов сельсинов в обозначение на месте знаков ZZ вписывают соответствующий квалифицирующий символ. Первая буква символа означает: С - управление; Т - угол поворота; Р - решающее устройство. Вторая буква означает: D - дифференциальный; R - приемник; Т - преобразователь; Х - датчик; В - с поворотной статорной обмоткой.		-
Например, сельсин-датчик угла поворота		-
40. Сельсин-датчик, сельсин-приемник контактные (с контактными кольцами) однофазные: а) с обмоткой возбуждения на статоре и обмоткой синхронизации на роторе, соединенной в звезду		
б) с обмоткой возбуждения на явнополюсном роторе и обмоткой синхронизации на статоре, соединенной в звезду		
в) с распределенной обмоткой возбуждения на роторе и обмоткой синхронизации на статоре, соединенной в звезду		

Наименование	Обозначение	
	Форма I	Форма II
41. Сельсин дифференциальный контактный (с контактными кольцами) с обмотками статора и ротора, соединенными в звезду		
42. Сельсин-датчик, сельсин-приемник бесконтактные (без контактных колец) с обмоткой статора, соединенной в звезду		
43. Преобразователь электромашинный постоянного тока с двумя независимыми обмотками на роторе	-	
44. Преобразователь вращающийся постоянного тока в постоянный с общим постоянным магнитным полем (вращающийся трансформатор постоянного тока)		-
45. Преобразователь вращающийся постоянного тока в постоянный, с общей обмоткой магнитного поля	-	
46. Преобразователь одноякорный постоянно-переменного тока трехфазный		
47. Преобразователь синхронный трехфазный с параллельным возбуждением, с указанием зажимов, щеток и числовых данных, например, 600 В, 1000 кВ, 50 Гц		
48. Усилитель электромашинный с поперечным потоком и несколькими обмотками управления (например, простейший с тремя обмотками)	-	

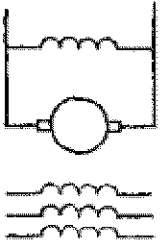
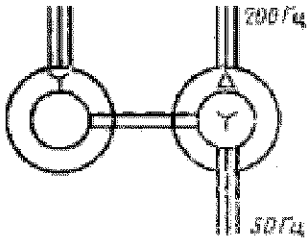
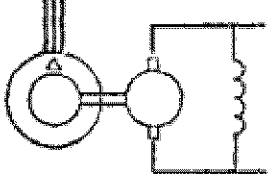



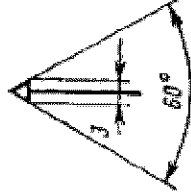

Наименование	Обозначение	
	Форма I	Форма II
49. Усилитель электромашинный с продольным потоком и несколькими обмотками управления (например, простейший с тремя обмотками)	-	
50. Агрегат, состоящий из асинхронного трехфазного двигателя с короткозамкнутым ротором и преобразователя частоты (например, 50/200 Гц); обмотки статора двигателя и ротора преобразователя соединены в звезду, обмотка статора преобразователя - в треугольник		-
51. Агрегат, состоящий из асинхронного трехфазного двигателя с короткозамкнутым ротором и генератора постоянного тока с параллельным возбуждением; обмотка статора двигателя соединена в треугольник	-	

Таблица 4.50 – Размеры основных элементов условных графических обозначений

Наименование	Обозначение
1. Обмотка	
2. Статор	
3. Ротор	
4. Щетка: на контактном кольце	
на коллекторе	

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ПРИМЕР РАСЧЕТА БУНКЕРНОГО КОРМОРАЗДАТЧИКА

1 Расчет и построение нагрузочной диаграммы рабочей машины

Бункерный кормораздатчик служит для раздачи кормовой смеси: силоса, запаренной половы и концентратов. Кормораздатчик (п.4.5 рисунок 14) представляет собой бункер 1 с подвижным дном в виде ленточно-планочного транспортера 2, установленного на четырех колесах 3, диаметром $D_k = 300$ мм с пневматическими шинами. Для равномерной выгрузки корма в кормушки 4 в передней части бункера установлены два бitera 5, а для удаления из кормушек остатков корма – щиток 6. Привод кормораздатчика ленточно-планочного транспортера и битеров осуществляется от скоростного двигателя 7, через редуктор 8. Питание энергией электродвигателя производится с помощью кабель-шторы 9. Кормораздатчик загружается с торцевой части коровника. Раздача корма производится в процессе движения кормораздатчика по кормушкам. При прямом движении его щиток опущен и остатки корма удаляются из кормушки, а в обратном движении – автоматически включается ленточно-планочный транспортер и битеры, а так же корм равномерно выгружается в кормушки. По достижении исходного положения кормораздатчик останавливается и готов к последующей раздаче.

Для построения нагрузочной диаграммы самоходного бункерного кормораздаточного транспортера необходимо определить значения усилий, мощностей, моментов и продолжительность их действия как на холстом ходу, так и под нагрузкой.

Сопротивление движению кормораздатчика в начальный момент времени при прямом движении:

$$F_1 = 9,81 \cdot f_1 \cdot (m_1 + m_2),$$

где m_1 – масса кормораздатчика, кг;

m_2 – масса корма в бункере, кг.

$$m_2 = g_k \cdot n_1 = 7 \cdot 150 = 1050 \text{ кг},$$

где g_k – количество корма, приходящегося на одно животное за кормление, $g_k = 7 \text{ кг/гол}$ [1];

n_1 – количество животных в помещении, гол;

f_1 – коэффициент сопротивления передвижению колес $f_1 = 0,05$ [1].

$$F_1 = 9,81 \cdot 0,05 \cdot (500 + 1050) = 760,3 \text{ Н.}$$

Для привода кормораздатчика используется двухскоростной асинхронный двигатель с $n = 720/1440 \text{ мин}^{-1}$ [11].

При прямом ходе кормораздатчика номинальная угловая скорость определяется по формуле

$$\omega_{n1} = \frac{\pi n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 1440}{30} = 150,7 \text{ с}^{-1},$$

где $n_1 = 1440 \text{ мин}^{-1}$.

При обратном ходе кормораздатчика номинальная угловая скорость рассчитывается по формуле

$$\omega_{n2} = \frac{\pi n_2}{30} = \frac{3,14 \cdot 730}{30} = 76,4 \text{ с}^{-1},$$

где $n_2 = 730 \text{ мин}^{-1}$.

КПД передачи привода определяется по выражению

$$\eta_{n1} = \eta_{p1} \cdot \eta_{y1} = 0,9216,$$

где η_{p1} – КПД двухступенчатого цилиндрического редуктора, 0,96 [3];

η_{y1} – КПД цепной передачи, 0,96 [3].

Момент сопротивления

$$M_1 = \frac{F_1 \cdot v_n}{\eta_{n1} \cdot \omega_{n1}} = \frac{760,3 \cdot 0,4}{0,9216 \cdot 150,7} = 2,19 \text{ Нм,}$$

где v_n – скорость кормораздатчика при прямом движении, 0,4 м/с [7].

В конце прямого движения кормораздатчика сопротивление передвижению находится по формуле

$$F_2 = 9,81 \cdot f_2 \cdot m_2' + F_1 = 9,81 \cdot 0,9 \cdot 105 + 760,3 = 1687,3 \text{ Н,}$$

где m_2' – масса удаляемого из кормушки корма, кг;

$$m_2' = 0,1 g_k n_1,$$

где f_2 – коэффициент трения корма о дно и стенки кормушки, 0,9 [1].
Момент сопротивления

$$M_2 = \frac{F_2 \cdot v_n}{\eta_{n1} \cdot \omega_{n1}} = \frac{1687,3 \cdot 0,4}{0,9216 \cdot 150,7} = 4,86 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Тяговое сопротивление движению транспортера с грузом

$$F_3 = 9,81 \cdot (f_3 \cdot m_3 + f_2 \cdot g_k \cdot n_1) = 9,81 \cdot (0,4 \cdot 100 + 0,9 \cdot 7 \cdot 150) = 9662,85 \text{ Н},$$

где m_3 – масса транспортной ленты, кг;

$$m_3 = g_{mp} \cdot l_{mp} = 50 + 2 = 100 \text{ кг},$$

где g_{mp} – вес одного погонного метра ленточного транспортера, 50 кг [1];

l_{mp} – длина ленточного транспортера, 2 м [1];

f_3 – коэффициент трения транспортной ленты, 0,4 [1].

КПД передачи привода транспортера

$$\eta_{n2} = \eta_{p1} \cdot \eta_{ц1} \cdot \eta_{p2} = 0,89$$

где η_{p2} – КПД одноступенчатого цилиндрического редуктора, 0,97 [3].

Так как при обратном движении работает один транспортер, то момент сопротивления в начальный момент обратного движения определяется по формуле

$$M_3 = \frac{F_1 \cdot v_o}{\eta_{n1} \cdot \omega_{n2}} + \frac{F_3 \cdot v_n}{\eta_{n2} \cdot \omega_{n2}} = \frac{760,3 \cdot 0,2}{0,9216 \cdot 76,4} + \frac{9662,85 \cdot 0,21}{0,89 \cdot 76,4} = 2,16 + 28,4 = 30,56 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

где v_n – скорость движения транспортной ленты, 0,21 м/с;

v_o – скорость движения кормораздатчика в обратном направлении, 0,2 м/с.

Тяговое сопротивление движению порожнего кормораздатчика

$$F_4 = 9,81 \cdot f_1 \cdot m_1 = 9,81 \cdot 0,05 \cdot 500 = 245,25 \text{ Н}.$$

Тяговое сопротивление движению ленточного транспортера

$$F_5 = 9,81 \cdot f_3 \cdot m_3 = 9,81 \cdot 0,4 \cdot 100 = 392,4 \text{ Н.}$$

Момент сопротивления в конце обратного движения кормораздатчика

$$M_4 = M_4^1 + M_4^2,$$

где M_4^1 – Момент сопротивления в конце обратного движения колес, Н·м;

M_4^2 – Момент сопротивления в конце обратного движения ленты, Н·м

$$M_4^1 = \frac{F_4 \cdot v_o}{\eta_{n1} \cdot \omega_{n2}} = \frac{245,25 \cdot 0,2}{0,9216 \cdot 76,4} = 0,7 \text{ Н·м;}$$

$$M_4^2 = \frac{F_5 \cdot v_l}{\eta_{n2} \cdot \omega_{n2}} = \frac{392,4 \cdot 0,21}{0,89 \cdot 76,4} = 1,21 \text{ Н·м;}$$

$$M_4 = 0,7 + 1,21 = 1,91 \text{ Н·м.}$$

При прямом движении момент трогания будет равен

$$M_{mp1} = 1,2 \cdot M_1 = 1,2 \cdot 2,19 = 2,63 \text{ Н·м.}$$

Для обратного движения момент трогания рассчитывается как

$$M_{mp2} = 1,2 \cdot M_3 = 1,2 \cdot 30,56 = 36,67 \text{ Н·м.}$$

Время работы кормораздатчика при прямом движении

$$t_1 = \frac{l_k}{v_n} = \frac{115}{0,4} = 287,5 \text{ с.}$$

Время работы кормораздатчика при обратном движении

$$t_2 = \frac{l_k}{v_o} = \frac{115}{0,2} = 575 \text{ с.}$$

По полученным данным строится нагрузочная диаграмма (рисунок 1)

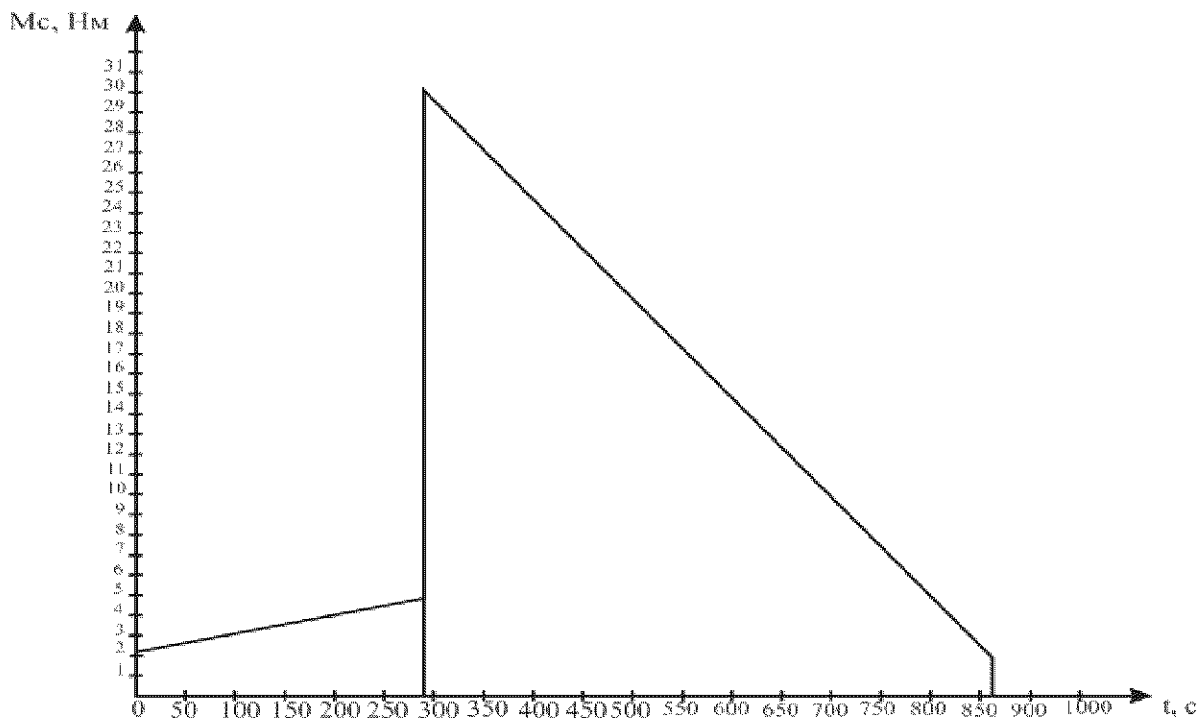


Рисунок 1 – Нагрузочная диаграмма самоходного бункерного кормораздатчика

2 Предварительный выбор электродвигателя по мощности и режиму нагрузки

На первом этапе определяется мощность, которую должен развивать АД при номинальной частоте вращения $n_H = 720$ об/мин, если действительный график нагрузки задан значениями (таблица 1)

Таблица 1 – Значения моментов во время прямого и обратного движения кормораздатчика

$t_1 = 4,79$ мин	$M_1 = 2,63$ Нм;
$t_2 = 9,58$ мин	$M_2 = 36,67$ Нм

Эквивалентный момент

$$M_{\text{Э}} = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2}{t_1 + t_2}} = \sqrt{\frac{2,63^2 \cdot 4,79 + 36,67^2 \cdot 9,58}{4,79 + 9,58}} = 29,98 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Мощность предварительно выбранного двигателя, соответствующая значениям $M_{\text{Э}}$ и n_H

$$P = \frac{M_{\text{Э}} \cdot n_{\text{H}}}{9550} = \frac{29,98 \cdot 720}{9550} = 2,26 \text{ кВт};$$

Из справочной литературы выбираем двигатель АИР132S8/4, постоянная времени нагрева которого $T = 60$ мин.

Коэффициент термической перегрузки

$$\delta_T = \frac{1}{1 - e^{\frac{-t_k}{T_H}}} = \frac{1}{1 - e^{\frac{-14,37}{60}}} = 4,76;$$

Коэффициент механической перегрузки

$$\delta_M = \sqrt{(\alpha + 1) \cdot \delta_T - \alpha} = \sqrt{(0,5 + 1) \cdot 4,76 - 0,5} = 2,58;$$

Момент и мощность двигателя для продолжительного режима работы

$$M_H = \frac{M_{\text{Э}}}{\delta_M} = \frac{29,98}{2,58} = 11,6 \text{ Н·м};$$

$$P_H = \frac{M_H \cdot n_H}{9550} = \frac{11,6 \cdot 720}{9550} = 0,87 \text{ кВт}.$$

По справочной литературе подбирается двигатель АИР132S8/4 с номинальными данными: $P_n = 3,6$ кВт; $M_{*II} = 1,5$; $M_{*K} = 2,0$; $n_n = 720$ мин⁻¹.

Номинальный момент выбранного электродвигателя

$$M_n = \frac{9550 \cdot P_n}{n_n} = \frac{9550 \cdot 3,6}{720} = 47,75 \text{ Н·м}.$$

Критический момент

$$M_K = M_{*K} \cdot M_n = 2 \cdot 47,75 = 95,5 \text{ Н·м}.$$

Проверка электродвигателя по условию

$$M_K \geq M_{\text{нагр}} \text{ т.е. } 95,5 > 36,67.$$

3 Построение механических характеристик электродвигателя и рабочей машины

1. Скорость вращения вала двигателя при идеальном холостом ходе

$$\omega_0 = \frac{\pi n_0}{30} = \frac{3,14 \cdot 750}{30} = 78,5 \text{ с}^{-1},$$

2. Скорость вращения вала двигателя при номинальной нагрузке

$$\omega_n = \omega_0 \cdot (1 - S_n) = 78,5 \cdot (1 - 0,04) = 75,4 \text{ с}^{-1}$$

3. Номинальный момент двигателя

$$M_n = \frac{P_n \cdot 10^3}{\omega_n} = \frac{3600}{75,4} = 47,7 \text{ Н.}$$

4. Критический (максимальный) момент

$$M_k = M_{*k} \cdot M_n = 2,0 \cdot 47,7 = 95,4 \text{ Н.}$$

5. Пусковой момент двигателя при $S = 1$

$$M_{II} = M_{*II} \cdot M_n = 1,5 \cdot 47,7 = 71,55 \text{ Н.}$$

6. Минимальный момент двигателя при $S = 0,85$

$$M_{\min} = M_{*\min} \cdot M_n = 1,2 \cdot 47,7 = 57,24 \text{ Н.}$$

7. Критическое скольжение

$$S_K = \frac{S_H \cdot \left(M_{*K} + \sqrt{M_{*K}^2 - 1 + 2S_H \cdot (M_{*K} - 1)} \right)}{1 - 2S_H \cdot (M_{*K} - 1)} = 0,205$$

8. Текущее значение вращающего момента при заданных величинах определяется по формуле

$$M = \frac{2M_K \cdot (1 + S_K)}{\frac{S_K}{S} + \frac{S}{S_K} + 2S_K} = \frac{2 \cdot 95,4 \cdot (1 + 0,205)}{\frac{0,205}{S} + \frac{S}{0,205} + 0,410}$$

9. Скорость вращения для заданных значений скольжения находится по выражению

$$\omega_K = \omega_0 \cdot (1 - S_K) = 78,5 \cdot (1 - 0,205) = 62,4 \text{ с}^{-1}$$

Данные расчетов сводятся в таблицу 2 и на основании этих значений строится график механической характеристики (рисунок 2)

Таблица 2 – К расчету механической характеристики электродвигателя

S	1	0,85	0,205	0,04	0
M , Н·м	71,55	57,24	95,4	47,7	0
ω , рад/с	0	11,78	62,4	75,4	78,5

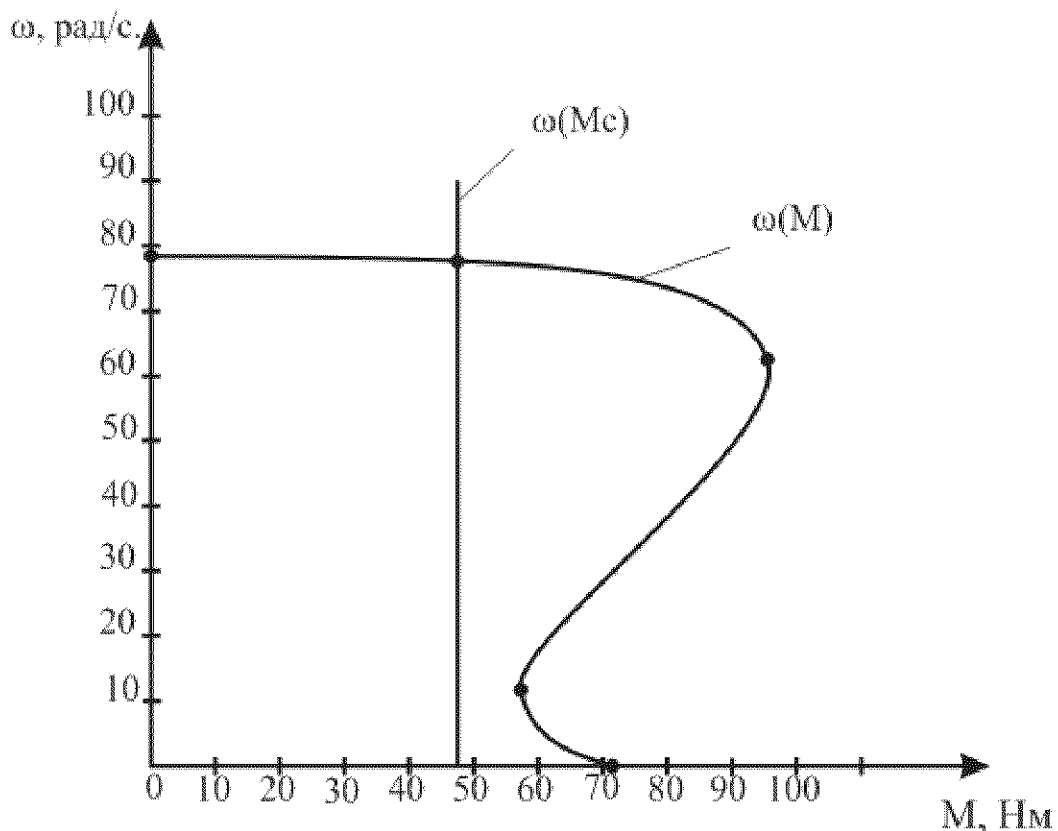


Рисунок 2 – Механическая характеристика электродвигателя и рабочей машины

4 Определение приведенного момента инерции системы электродвигатель – рабочая машина

Момент инерции системы

$$J_{сист} = J_{дв} + J_{p1} + J_{p2} + J_{ц} + \sum m_{дв.ч} \cdot \frac{v_o^2}{\omega_H^2} = 0,042 + 0,03 + 0,04 + 1 + 1550 \cdot \frac{0,2^2}{75,4^2} = 1,12 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

где $J_{сист}$ – приведенный момент инерции системы электродвигатель – рабочая машина, кг м².

$J_{дв}$ – приведенный момент двигателя, 0,042 [7];

J_{p1} – приведенный момент двухступенчатого редуктора, 0,03 [7];

J_{p2} – приведенный момент одноступенчатого редуктора, 0,04 [7];

$J_{ц}$ – приведенный момент цепной передачи, 1 [7];

$\sum m_{дв.ч}$ – сумма масс движущихся частей.

5 Определение времени пуска системы электродвигатель – рабочая машина

Для определения времени пуска системы необходимо воспользоваться основным уравнением движения электропривода:

$$M_{дин} = M_{дв} - M_c = J \frac{d\omega}{dt}$$

где J – момент инерции системы, кг·м²;

$M_{дв}$ – момент электродвигателя, Н·м;

M_c – момент сопротивления рабочей машины.

Динамическую характеристику определяем графическим способом (рисунок 3).

Для определения времени пуска воспользуемся методом пропорций.

В основе метода лежит представление переменных в виде приращений:

$$(M_{дв} - M_c) / J = \frac{d\omega}{dt}$$

Ось скорости вращения разбиваем на ряд интервалов, на каждом из которых динамический момент принимаем постоянным. В соответственном масштабе по угловой скорости μ_ω (с⁻¹/см), по моменту μ_m (Н·м/см), по моменту инерции системы μ_J кгм²/см, определяем масштаб по времени:

$$\mu_t = \frac{\mu_J \cdot \mu_\omega}{\mu_M}$$

На оси моментов откладываем отрезок ОА в масштабе момент инерции системы. Дальнейшее построение ведем в следующем порядке: переносим абсциссу первой ступени $M_{дин}$ в масштабе на ось ординат, полученную точку 1 соединяем прямой с точкой N. Из точки 0 влево от оси ординат проводим прямую, параллельную лучу 1-N, до пересечения с прямой в точке А1, проведенной через ординату ω .

Следующие ступени определяются аналогичным образом.

Время разгона получаем из суммирования отрезков отдельных участков.

Определение времени разгона системы методом пропорций представлено на рисунке 3.

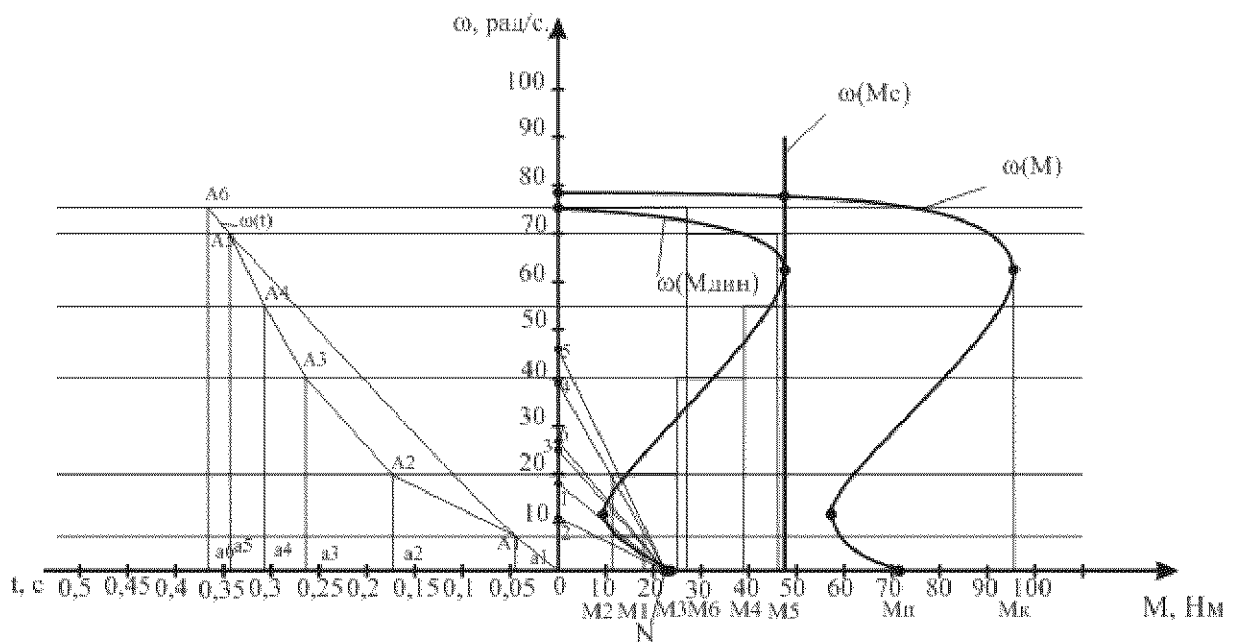


Рисунок 3 - Время пуска электродвигателя

6 Проверка выбранного электродвигателя по нагреву, перегрузочной способности и возможности пуска

Для двигателя АИР132S8/4:

$P_n = 3,6 \text{ кВт}$; $\cos\varphi_n = 0,69$; $\eta_n = 80\%$; $n_n = 720 \text{ мин}^{-1}$; $I_n = 8,78 \text{ А}$; $\chi = 5$;
 $M_{*П} = 1,5$; $M_{*min} = 1,2$; $M_{*К} = 2,0$; $J_{\text{ов}} = 0,042 \text{ кг м}^2$; $m = 56,5 \text{ кг}$; $\alpha = 0,5$ [7].

Класс изоляции обмотки двигателя с учетом допустимого превышения температуры двигателя над температурой окружающей среды.

$$\tau_{\text{доп}} = \theta_{\text{доп}} - \theta_{\text{о.ср}} = 160 - 40 = 120,$$

где $\theta_{\text{доп}}$ – допустимая температура двигателя, 160 °С;

$\theta_{\text{о.ср}}$ – температура окружающей среды.

Соответственно класс изоляции Е.

КПД электродвигателя для нагрузок, составляющих (0,25; 0,5; 0,75; 1,25)· P_n .

$$\eta_i = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{\eta_H} - 1 \right) \cdot \left(\frac{\alpha}{\chi} + \chi \right) \cdot (\alpha + 1)}$$

Ток при заданных значениях нагрузки

$$I_i = \frac{P_H}{U_C}$$

Кратность тока

$$\chi_i = \frac{I_i}{I_H}$$

Потери мощности

$$\Delta P_i = P_i \cdot \left(\frac{1 - \eta_i}{\eta_i} \right)$$

Рассчитанные данные сведены в таблицу 4

Таблица 4 – Результаты расчетов

Нагрузка:	25%	50%	75%	125%
КПД, η	0,56	0,64	0,65	0,61
Мощность, P кВт	0,9	1,8	2,7	4,5
Ток I , А	2,37	4,74	7,11	11,85
Кратность тока, χ	0,27	0,54	0,81	1,35
Потери мощности, ΔP , Вт	707	1012,5	1453,8	2877

Потери мощности при холостом ходе двигателя

$$\Delta P_0 = \frac{P_H \cdot (1 - \eta_H) \cdot \alpha}{(1 + \alpha) \cdot \eta_H} = \frac{3600 \cdot (1 - 0,8) \cdot 0,5}{(1 + 0,5) \cdot 0,8} = 0,3 \text{ кВт.}$$

Значение теплоотдачи двигателя в номинальном режиме. Номинальное превышение температуры принимается равным $\tau_{уст} = \tau_{дон} = 120^{\circ}C$ [1] согласно классу изоляции Е [1].

$$A = \frac{\Delta P_H}{\tau_{уст}} = \frac{P_H \cdot (1 - \eta_H)}{\eta_H \cdot \tau_{уст}} = \frac{3600 \cdot (1 - 0,8)}{0,8 \cdot 120} = 7,5 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

Постоянную времени нагрева T_H при номинальной нагрузке:

$$T_H = \frac{m \cdot c_1 \cdot \tau_{дон} \cdot \eta_H}{P_H \cdot (1 - \eta_H)} = \frac{56,5 \cdot 480 \cdot 120 \cdot 0,8}{3600 \cdot (1 - 0,8)} = 3616 \text{ с} \approx 60,3 \text{ мин}$$

принимается 60 мин,

где $c_1 = 480 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ – удельная теплоемкость двигателя (удельная теплоемкость стали) [1].

Постоянная времени охлаждения при неподвижном роторе:

$$T_0 = \frac{T_H}{\beta_0} = \frac{60}{0,5} = 120 \text{ мин}$$

где β_0 – коэффициент ухудшения теплоотдачи при неподвижном роторе, принимается 0,5, т.к. двигатель самовентилируемый [1].

Расчет промежуточных данных для построения кривой нагрева двигателя производится по выражению:

$$\tau_{нагр} = \tau_{уст} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{T_H}} \right) + \tau_0 \cdot e^{-\frac{t}{T_H}} = 120 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{60}} \right) + 30 \cdot e^{-\frac{t}{60}}$$

Задавая произвольными значениями t и подставляя из в формулу, получают значения температуры перегрева τ (таблица 5).

Таблица 5 – К расчету кривой нагрева

t , мин	0	12	24	48	96	120	144	180
τ , °C	30	46,16	59,7	79,5	102	108,5	112	115,5
$\tau_{0,75}$, °C	0	17,53	31,9	53,31	77,3	83,8	88,13	92,13

На основании значений таблицы 5 строятся кривые нагрева рисунок

4

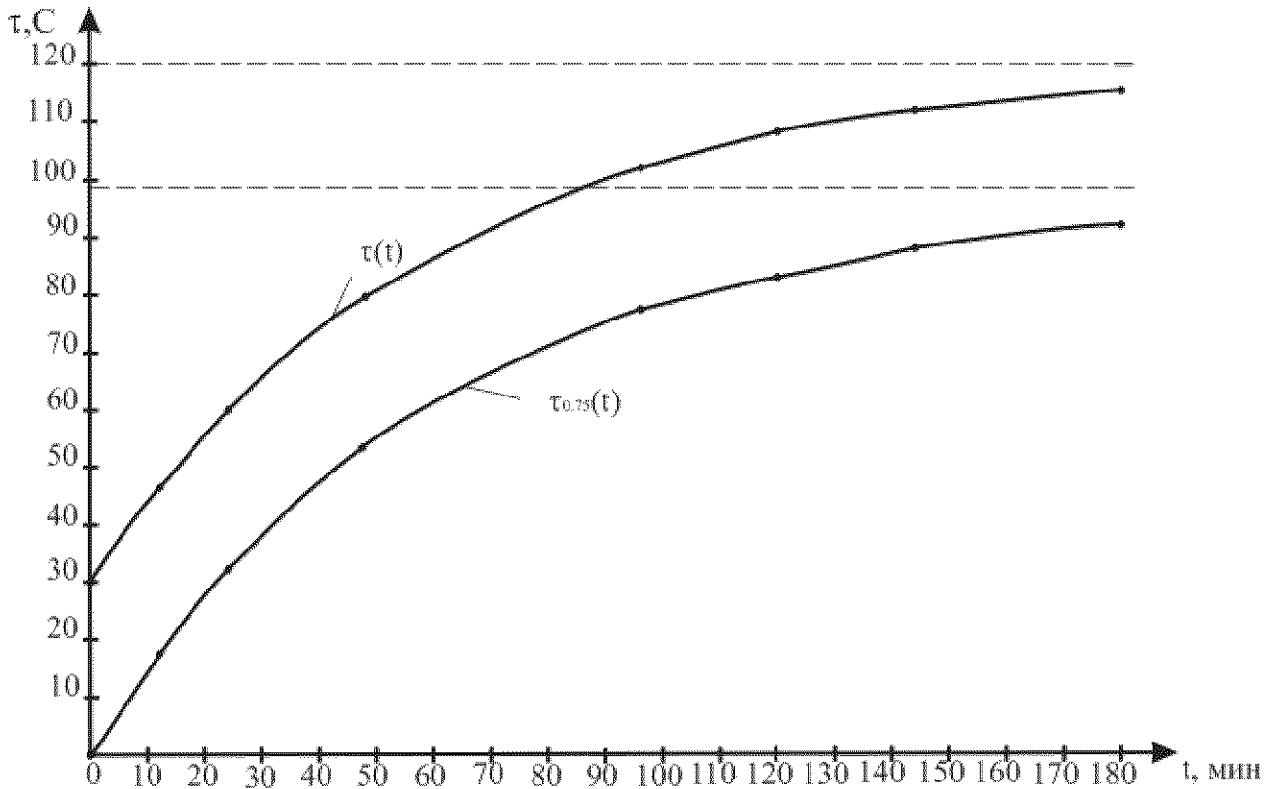


Рисунок 4 – Кривая нагрева

Данные для построения кривой охлаждения двигателя:

$$\tau_{\text{охл}} = \tau_{\text{откл}} \cdot e^{\frac{-t}{T_0}} = 120 \cdot e^{\frac{-t}{120}} :$$

Рассчитанные значения $\tau_{\text{охл}}$ сведены в таблицу 6, по данным которой построена кривая охлаждения (рисунок 5) электродвигателя.

Таблица 6 – К расчету кривой охлаждения

t , мин	0	50	100	150	200	250	300	400	450	500
τ , C	120	79,1	52,1	34,4	22,7	14,9	9,8	4,3	2,8	1,9

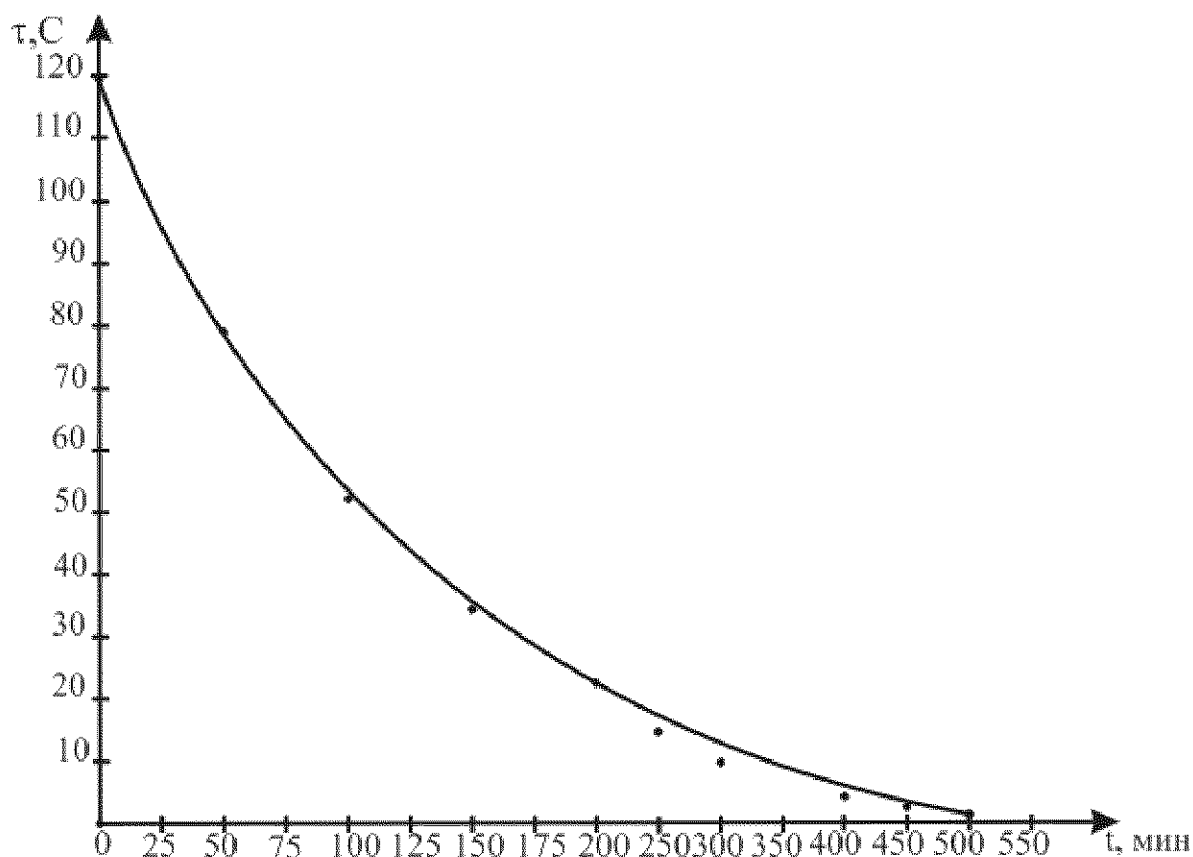


Рисунок 5 – Кривая охлаждения

Мощность электродвигателя при температуре окружающей среды $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$P_{+30} = P_H \cdot \sqrt{1 + \frac{\Delta\tau}{\tau_{\text{дон}}}(\alpha + 1)} = 3,6 \cdot \sqrt{1 + \frac{40 - 30}{120}(0,5 + 1)} = 3,82 \text{ кВт}$$

$$P_{-30} = P_H \cdot \sqrt{1 + \frac{\Delta\tau}{\tau_{\text{дон}}}(\alpha + 1)} = 3,6 \cdot \sqrt{1 + \frac{40 - (-30)}{120}(0,5 + 1)} = 4,93 \text{ кВт}$$

Установившееся превышение температуры двигателя для $P_C = 0,75 \cdot P_H$:

$$\tau_{\text{уст}0,75} = \frac{\Delta P_{0,75}}{A} = \frac{727}{7,5} = 97\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Проверка возможности пуска электродвигателя:

Полная мощность трансформатора – $S_T = 63 \text{ кВА}$;

Сопротивление трансформатора – $Z_T = 0,114 \text{ Ом}$;

Сопротивление линии от ТП до потребителя – $Z_{Л} = 0,4 \text{ Ом}$;

$$M_{mp} = 0,75;$$

$$M_{*изб} = 0,25;$$

$$Z_{\partial\partial\partial} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot \chi \cdot I_H} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 5 \cdot 8,78} = 50 \text{ M};$$

$$\Delta U_{*\Phi} = \frac{Z_T + Z_{JI}}{Z_T + Z_{JI} + Z_{\partial\partial\partial}} = \frac{0,114 + 0,4}{0,114 + 0,4 + 5} = 0,09;$$

$$\Delta U_{*\partial\partial\partial} = 1 - \sqrt{\frac{M_{*mp} + M_{*изб}}{M_{*II}}} = 1 - \sqrt{\frac{0,75 + 0,25}{1,5}} = 0,19;$$

Т.к. $\Delta U_{*\Phi} \leq \Delta U_{*\partial\partial\partial}$, т.е. $0,09 < 0,19$, пуск обеспечивается.

7 Разработка принципиальной схемы управления приводом

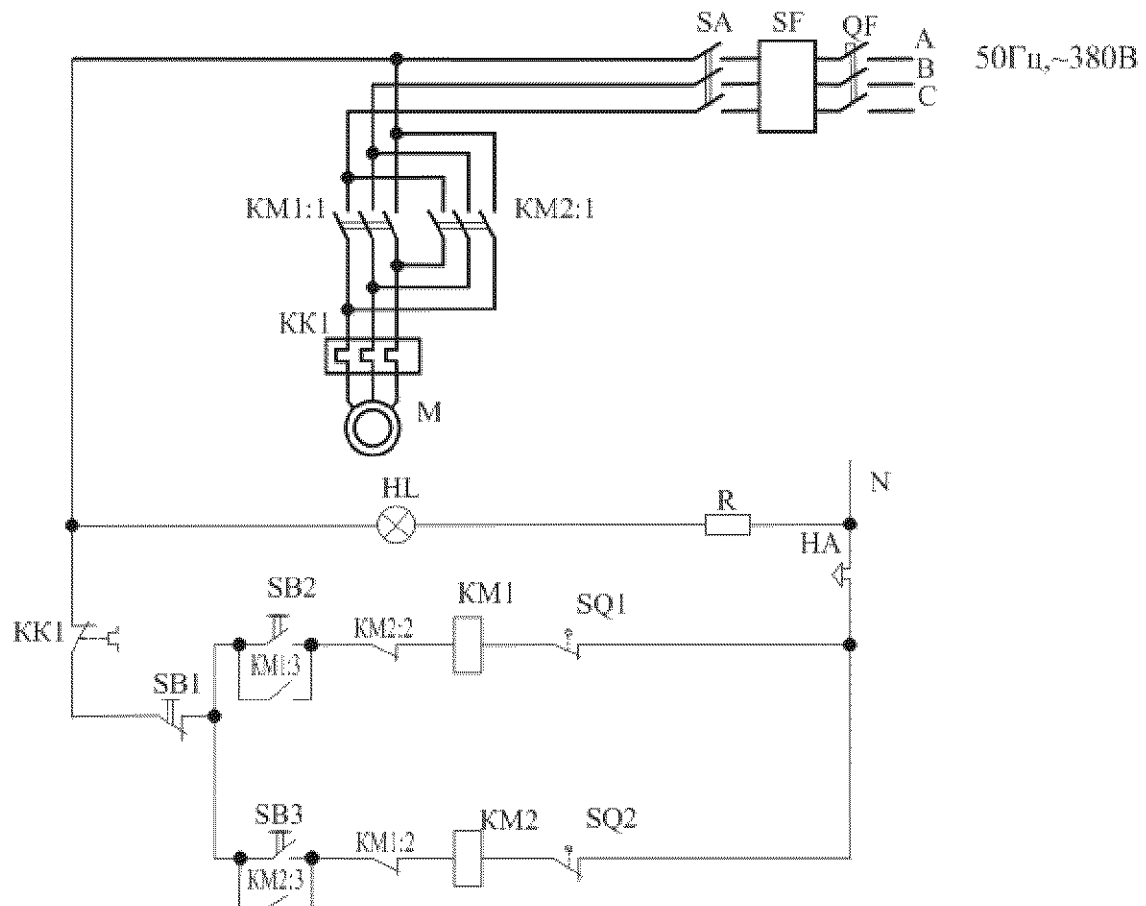


Рисунок 6 – Принципиальная схема управления приводом

После загрузки корма в бункер кормораздатчика включают автомат QF, подавая тем самым питание сети. Кормораздатчик начинает свое движение в случае нажатия кнопочного замыкающего выключателя SB2 (в прямом направлении), нажатием SB3 (в обратном направлении).

8 Выбор аппаратуры управления и защиты

Воздушные автоматически выключатели (автоматы) предназначены для коммутации тока при распределении электроэнергии между отдельными токоприемниками и защиты электроустановок от коротких замыканий и перегрузок. Автоматы характеризуются следующими параметрами:

- номинальным напряжением $U_{H.A}$, соответствующим наибольшему номинальному напряжению сетей, в которых разрешается применить выключатель, В;
- номинальным током $I_{H.A}$, наибольшим током, на который рассчитаны токоведущие и контактные части выключателя, равным наибольшему из номинальных токов расцепителя, А;
- номинальным током $I_{H.T}$ (теплого), на который рассчитан расцепитель при длительной работе, не вызывающим срабатывания устройства, А;
- номинальным током $I_{H.ЭЛ}$, на который рассчитан расцепитель при длительной работе, не вызывающим его срабатывания, А;

$$U_{H.A} \geq U_{H.уст} \quad 500В > 380В;$$

$$I_{H.A} \geq I_{H.уст} \quad 10А > 8,78А;$$

$$I_{H.T} \geq I_{H.уст} \quad 10А > 8,78А;$$

$$I_{H.ЭЛ} \geq k_{H.ЭЛ} I_{max} \quad 100А > 1,5 * 43,9 = 65,9А.$$

Из справочной литературы выбирается автоматический выключатель серии АП50 – 3МТ, с $I_{H.A} = 10$ А.

Электромагнитные пускатели предназначены для дистанционного пуска, остановки и реверсирования трехфазных АД с короткозамкнутым ротором и рассчитаны на напряжение до 660 В переменного тока. Все типы магнитных пускателей защищают управляемые двигатели, отключая их при снижении напряжения в питающей сети до $(0,3 \dots 0,4)U_c$ и предотвращая их самозапуск после восстановления напряжения.

$$U_{H.П} \geq U_c \quad 660В > 380В;$$

$$I_{H.П} \geq I_{H.уст} \quad 10A > 8,78A;$$

$$U_{H.кат} = U_{упр} \quad 220B = 220B.$$

На основании проведенных расчетов выбирается пускатель первой величины на ток 10 А типа ПМЛ–260001В с контактной приставкой ПКЛ–1204 и тепловое реле РТЛ–101404 на токи 7...10 А. Тепловое реле настраивают на ток 8,78 А.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ЗАДАНИЕ НА ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Таблица 1 – Навозоуборочный транспортер кругового движения с отдельным приводом горизонтальной и наклонной части

Варианты	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10
Количество коров в помещении	100	120	150	200	80	100	120	150	180	200
Длина цепи горизонтального транспортера, м	150	170	200	300	130	150	170	200	230	300
Длина цепи наклонного транспортера, м.	12	10	9	11	8	10	12	9	11	12
Угол установки наклонного транспортера, град.	25	20	26	28	27	30	31	29	25	32
Количество уборок в сутки	4	5	5	6	4	4	5	5	6	6
Скорость движения транспортерной цепи горизонтального транспортера, м/с.	0,21	0,20	0,19	0,17	0,21	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17
Скорость движения транспортерной цепи наклонного транспортера, м/с.	0,72	0,67	0,70	0,74	0,71	0,70	0,72	0,69	0,75	0,73
Приводная звездочка горизонтальной цепи, число зубьев, Z_1	6	6	8	10	6	6	6	8	8	10
Приводная звездочка горизонтальной цепи, шаг цепи, м.	0,23	0,22	0,21	0,20	0,23	0,23	0,22	0,21	0,20	0,20
Приводная звездочка наклонной цепи, число зубьев, Z_2	6	8	10	8	6	6	10	8	8	10
Приводная звездочка наклонной цепи, шаг цепи, м.	0,12	0,15	0,14	0,13	0,11	0,15	0,12	0,14	0,13	0,11
Вес погонного метра скребковой цепи, кг	6,0	5,9	6,1	6,2	6,0	6,1	5,9	6,0	6,2	6,1
Шаг скребков, м.	0,46	0,47	0,45	0,44	0,46	0,45	0,48	0,45	0,43	0,44

Таблица 2 – Штанговый навозоуборочный транспортер

Варианты	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10
Количество коров в помещении	100	120	150	200	80	100	120	150	180	200
Расстояние между соседними скребками М	0,7	0,8	0,9	2,0	0,7	0,7	0,6	0,9	1,0	1,0
Длина хода штанг f, м	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1
Вес одного погонного метра штанги со	8	9	10	9	9	10	9	10	8	9
Число зубьев приводной шестерни, Z, модуль = 5	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Скорость движения скребков, м/с	0,25	0,23	0,20	0,21	0,24	0,23	0,25	0,21	0,22	0,24
Число уборок в сутки	4	4	5	5	4	4	4	5	5	5
Длина каждой штанги, м	70	90	105	140	70	80	100	120	140	160

Таблица 3 – Канатно-скреперный транспортер

Варианты	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10
Количество свиней в помещении	120	100	200	80	140	180	160	100	120	200
Число уборок в сутки	5	4	6	4	5	6	6	4	5	6
Длина навозного канала, м	75	75	150	65	100	150	120	100	100	100
Количество кареток, шт	5	4	10	4	6	8	7	5	7	9
Расстояние между каретками, м	16	18	16	16	18	18	18	19	17	19
Скорость движения кареток, м/с	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24

Таблица 4 – Телескопический кормораздаточный транспортер

Варианты	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10
Количество коров в одном ряду	60	50	40	50	60	40	70	65	70	65
Число кормлений в сутки	3	2	2	3	2	3	3	3	2	2
Длина одной кормушки транспортера, м	45	38	32	32	50	38	55	49	60	55
Скорость движения кормушек транспортера, м/с	0,25	0,23	0,21	0,24	0,20	0,25	0,29	0,21	0,22	0,20
Усилие предварительного натяжения тягового троса $F_{тр}, Н \cdot 10^3$	2,0	2,5	3,0	1,7	2,2	2,5	2,7	3,0	2,0	2,3
Вес одного погонного метра кормушки g, кг/м	40	38	35	37	40	35	42	41	42	41

Таблица 5 – Самоходный бункерный кормораздатчик

Варианты	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	5.10
Количество свиней в помещении	120	100	150	200	80	100	120	150	180	200
Длина кормушек, м	95	75	115	150	60	75	95	115	140	150
Число кормлений в суки	3	2	3	2	3	3	2	2	2	3
Скорости движения кормораздатчика при прямом движении $v_{пр}$, м/с	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Скорость движение кормораздатчика при обратном движении $v_{об}$, м/с	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Вес кормораздатчика G, кг	450	400	500	850	400	400	450	500	750	650
Скорость цепи ленточно – планчатого транспортера, v_c , м/с	0,2	0,18	0,21	0,22	0,2	0,21	0,2	0,22	0,25	0,25

Таблица 6 – Кресло передвижения оператора доильной установки

Варианты	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	6.10
Вес кресла со стойкой и операторам, кг	300	250	275	225	325	300	275	250	222	325
Наибольшая длина пути перемещения кресла, м	15	20	15	20	18	18	25	22	27	30
Время одной дойки стада коров, мин	90	100	100	90	95	110	120	110	130	130
Скорость перемещения кресла, $v_{кт}$ м/с	0,76	0,80	0,90	1,0	0,70	0,95	0,70	0,80	1,0	0,75
Диаметр приводного барабана, м	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2	0,12	0,17	0,1	0,2	0,15
Вес приводного барабана, кг	5	10	7	5	10	6	8	5	10	7
Средняя продолжительность времени движения t_p, с	6	8	7	9	6	8	7	8	9	6
Средне продолжительность времени остановки t_o, с	29	32	27	31	33	28	30	29	27	30

Таблица 7 – Водоснабжающая установка

Варианты	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	7.10
Дойные коровы	300	1300	500	1300	2000	1500	700	1000	1800	800
Крупный рогатый скот на откорме, голов	800	1200	500	400	1000	300	1500	1000	1500	200
Телята, голов	100	500	250	250	400	500	300	500	700	250
Максимальная геометрическая высота всасывания, м	5	6	4	5	5	4	5	6	5	4
Верхний уровень воды в башне $H_{вб}$, и (давление в котле при применении двигателя $H_{выкл}$)	30	17	35	20	25	37	22	21	29	19
Нижний уровень воды в башне $H_{нб}$, (давление в котле при включении двигателя, $H_{вкл}$)	22	16,7	30	19	20	30	21,5	20,5	19	18,5
Длина трубопровода L, м	100	100	100	200	250	250	500	500	1000	1000

Таблица 8 – Агрегат приготовления витаминной муки

Варианты	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	8.10
Диаметр ротора дробилки, мм	400	350	400	600	600	550	400	450	380	420
Вес ротора дробилки, кг	70	60	90	110	150	120	100	110	80	95
Мощность трансформаторной подстанции, кВт	100	100	160	160	160	160	100	100	100	100
Длина линии электропередач, м	120	200	250	180	150	160	200	150	180	160

Таблица 9 – Зерноочистительный агрегат

Варианты	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	9.10
Время работы электродвигателя масляного насоса при подъеме платформы автомобилеподъемника, с	30	35	40	30	35	40	30	35	40	25
Время опускания платформы после отключения электродвигателя, с	20	15	22	15	20	17	17	22	25	15
Число автомашин, разгружаемых в час	30	35	34	32	29	37	31	33	35	40
Данные масляного насоса:										
производительность,	35	40	42	45	30	55	37	40	50	50
напор, кг/см ²	65	70	75	80	60	90	70	65	80	85
частота вращения, об/мин	950	1450	950	1450	950	950	1450	950	1450	950
КПД	0,35	0,38	0,35	0,40	0,35	0,38	0,38	0,35	0,40	0,40
диаметр рабочего колеса,	150	160	165	165	145	180	185	160	170	170
вес колеса, кг.	12	14	17	17	11,5	19	13	14	18	18
Данные вентилятора:										
производительность,	2000	2700	2600	2300	2200	2800	2400	2500	2700	2000
напор, кг/м ³	245	330	315	285	275	340	260	300	330	360
частота вращения об/мин	2950	2950	2950	2950	2950	2950	2950	2950	2950	2950
КПД вентилятора	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
диаметр рабочего колеса,	0,60	0,75	0,725	0,55	0,625	0,775	0,57	0,70	0,75	0,80
вес колеса, кг	160	220	235	180	170	240	200	200	220	250

Таблица 10 – Кран-балка

Варианты	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7	10.8	10.9	10.1
Вес тельфера, кг	900	800	1000	1100	850	850	1050	1000	900	800
Вес балки, кг	2900	3100	3300	3000	3200	2800	3200	3100	3200	2900
Скорость подъема груза, м/с	0,16	0,15	0,13	0,2	0,16	0,173	2,83	0,13	0,13	0,2
Скорость передвижения тельфера, м/с	0,33	0,3	0,37	0,41	0,4	0,31	0,44	0,38	0,31	0,43
Скорость передвижения балки, м/с	0,83	0,75	0,91	0,83	0,91	1,0	0,75	0,83	0,91	1,0
Максимальная высота подъема груза, м	8	7	7,5	8,2	7	8	7,5	8	7	8
Длина пролета балки, м	10	9	8	10	11	10	9	8	10	11
Диаметр ходовых колен балки, м	0,45	0,5	0,5	0,48	0,5	0,45	0,42	0,55	0,55	0,48
Диаметр ходовых колес тельфера, м	0,2	0,25	0,25	0,20	0,18	0,18	0,2	0,2	0,25	0,25
Диаметр цапф колес тельфера и балки, м	0,06	0,08	0,06	0,08	0,06	0,08	0,06	0,08	0,06	0,08
Диаметр барабана тельфера, м	0,4	0,45	0,5	0,42	0,45	0,43	0,35	0,4	0,5	0,38
Максимальный вес поднимаемого груза, кг	3000	4000	5000	3500	4500	4000	3000	4500	4000	3500
Длина цеха, м	50	75	40	60	70	55	65	45	60	75
Средние число циклов в час при средней длине перемещения тельфера и балки	20	30	25	38	32	20	22	24	27	21

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Оформление титульного листа

ФГОУ ВПО Ставропольский государственный аграрный университет

Кафедра «Применение
электрической энергии
в сельском хозяйстве»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Проектирование систем электрификации»

на тему: « _____ »

Выполнил: студент ФЭСХ
5 курса 5 группы
Иванов И.И.

Проверил: к.т.н., доцент
Антонов С.Н.

Ставрополь 2010 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ
Технические данные двигателей серии 4А,
исполнение по степени защиты IP44.

Тип двигателя	P _н , кВт	При номинальной нагрузке			M _{max} /M _н	M _п /M _н	M _{min} /M _н	I _п /I _н	J, кг·м ²
		n _н , об/мин	η _н , %	cosφ					
Синхронная частота вращения 3000 об/мин									
4АА50А2У3	0,09	2740	60	0,7	2,2	2	1,2	5	0,245·10 ⁻⁷
4АА50В2У3	0,12	2710	63	0,7	2,2	2	1,2	5	0,268·10 ⁻⁷
4АА56А2У3	0,18	2800	66	0,76	2,2	2	1,2	5	4,15·10 ⁻⁴
4АА56В2У3	0,25	2770	68	0,77	2,2	2	1,2	5	4,65·10 ⁻⁴
4А63А2У3	0,37	2750	70	0,86	2,2	2	1,2	5	7,63·10 ⁻⁴
4А63В2У3	0,55	2740	73	0,86	2,2	2	1,2	5	9·10 ⁻⁴
4А71А2У3	0,75	2840	77	0,87	2,2	2	1,2	5,5	9,75·10 ⁻⁴
4А71В2У3	1,1	2810	77,5	0,87	2,2	2	1,2	5,5	10,5·10 ⁻⁴
4А80А2У3	1,5	2850	81	0,85	2,2	2	1,2	6,5	18,3·10 ⁻⁴
4А80В2У3	2,2	2850	83	0,87	2,2	2	1,2	6,5	21,3·10 ⁻⁴
4А90L2У3	3	2840	84,5	0,88	2,2	2	1,2	6,5	35,3·10 ⁻⁴
4А100В2У3	4	2880	86,5	0,89	2,2	2	1,2	7,5	59,3·10 ⁻⁴
4А100L2У3	5,5	2880	87,5	0,91	2,2	2	1,2	7,5	75·10 ⁻⁴
4А112М2У3	7,5	2900	87,5	0,88	2,2	2	1	7,5	1,0·10 ⁻²
4А132М2У3	11	2900	88	0,9	2,2	1,6	1	7,5	2,25·10 ⁻²
4А160S2У3	15	2940	88	0,91	2,2	1,4	1	7,5	4,75·10 ⁻²
4А160М2У3	18,5	2940	88,5	0,92	2,2	1,4	1	7,5	5,25·10 ⁻²
4А180В2У3	22	2940	88,5	0,91	2,2	1,4	1	7,5	7,0·10 ⁻²
4А180М2У3	30	2945	90,5	0,9	2,2	1,4	1	7,5	8,5·10 ⁻²
4А200М2У3	37	2945	90	0,89	2,2	1,4	1	7,5	14,5·10 ⁻²
4А200L2У3	45	2945	91	0,9	2,2	1,4	1	7,5	16,8·10 ⁻²
4А225М2У3	55	2945	91	0,92	2,2	1,2	1	7,5	25·10 ⁻²
4А250S2У3	75	2960	91	0,89	2,2	1,2	1	7,5	46·10 ⁻²
4А250М2У3	90	2960	92	0,9	2,2	1,2	1	7,5	52·10 ⁻²
4А280S2У3	110	2970	91	0,89	2,2	1,2	1	7	1,09
4А280М2У3	132	2970	91,5	0,89	2,2	1,2	1	7	1,19
4А315S2У3	160	2970	92	0,9	0,9	1	0,9	7	1,4
4А315М2У3	200	2970	92,5	0,9	0,9	1	0,9	7	1,63
4А355S2У3	250	2970	92,5	0,9	0,9	1	0,9	7	2,85
4А355М2У3	315	2970	93	0,91	0,9	1	0,9	7	3,23
Синхронная частота вращения 1500 об/мин									
4АА50А4У3	0,06	1389	50	0,6	2,2	2	1,2	5	0,29·10 ⁻⁴
4АА50В4У3	0,09	1370	55	0,6	2,2	2	1,2	5	0,325·10 ⁻⁷
4АА56А4У3	0,12	1375	63	0,66	2,2	2	1,2	5	7·10 ⁻⁴
4АА56В4У3	0,18	1365	64	0,64	2,2	2	1,2	5	7,88·10 ⁻⁴
4АА63А4У3	0,25	1380	68	0,65	2,2	2	1,2	5	12,4·10 ⁻⁴
4АА63В4У3	0,37	1365	68	0,69	2,2	2	1,2	5	13·10 ⁻⁴
4А71А4У3	0,55	1390	70,5	0,70	2,2	2	1,6	4,5	13,8·10 ⁻⁴

4A71B4Y3	0,75	1390	72	0,73	2,2	2	1,6	4,5	$14,3 \cdot 10^{-4}$
4A80A4Y3	1,1	1420	75	0,81	2,2	2	1,6	5	$32,3 \cdot 10^{-4}$
4A80B4Y3	1,5	1415	77	0,83	2,2	2	1,6	5	$33,3 \cdot 10^{-4}$
4A90L4Y3	2,2	1425	80	0,83	2,2	2	1,6	6	$56 \cdot 10^{-4}$
4A100S4Y3	3,0	1435	82,0	0,83	2,4	2,0	1,6	6,0	$86,8 \cdot 10^{-4}$
4A100L4Y3	4,0	1430	84,0	0,84	2,4	2,0	1,6	6,0	$1,13 \cdot 10^{-2}$
4A112M4Y3	5,50	1445	85,5	0,85	2,2	2,0	1,6	7,0	$1,75 \cdot 10^{-2}$
4A132S4Y3	7,5	1455	87,5	0,86	3,0	2,2	1,7	7,5	$2,75 \cdot 10^{-2}$
4A132M4Y3	11,0	1460	87,5	0,87	3,0	2,2	1,7	7,5	$4 \cdot 10^{-2}$
4A160S4Y3	15,0	1465	88,5	0,88	2,3	1,4	1,0	7,0	$10,3 \cdot 10^{-2}$
4A160M4Y3	18,5	1465	89,5	0,88	2,3	1,4	1,0	7,0	$12,8 \cdot 10^{-2}$
4A180S4Y3	22,0	1470	90,0	0,90	2,3	1,4	1,0	6,5	$19 \cdot 10^{-2}$
4A180M4Y3	30,0	1470	91,0	0,90	2,3	1,4	1,0	6,5	$23,3 \cdot 10^{-2}$
4A200M4Y3	37,0	1475	91,0	0,90	2,5	1,4	1,0	7,0	$36,8 \cdot 10^{-2}$
4A200L4Y3	45,0	1475	92,0	0,90	2,5	1,4	1,0	7,0	$44,5 \cdot 10^{-2}$
4A225M4Y3	55,0	1480	92,5	0,90	2,5	1,3	1,0	7,0	$64 \cdot 10^{-2}$
4A250S4Y3	75,0	1480	93,0	0,90	2,3	1,2	1,0	7,0	1,02
4A250M4Y3	90,0	1480	93,0	0,91	2,3	1,2	1,0	7,0	1,17
4A280S4Y3	110	1470	92,5	0,90	2,0	1,2	1,0	5,5	2,3
4A280M4Y3	132	1480	93,0	0,90	2,0	1,3	1,0	5,5	2,48
4A315S4Y3	160	1480	93,5	0,91	2,2	1,3	0,9	6,0	3,08
4A315M4Y3	200	1480	94,0	0,92	2,2	1,3	0,9	6,0	3,63
4A355S4Y3	250	1485	94,5	0,92	2,0	1,2	0,9	7,0	6,0
4A355M4Y3	315	1485	94,5	0,92	2,0	1,2	0,9	7,0	7,05
Синхронная частота вращения 1000 об/мин									
4AA63A6Y3	0,18	885	56,0	0,62	2,2	2,2	1,5	3,0	$17,4 \cdot 10^{-4}$
4AA63B6Y3	0,25	890	59,0	0,62	2,2	2,2	1,5	3,0	$19 \cdot 10^{-4}$
4A71A6Y3	0,37	910	64,5	0,69	2,2	2,0	1,8	4,0	$19,3 \cdot 10^{-4}$
4A71B6Y3	0,55	900	67,5	0,71	2,2	2,0	1,8	4,0	$20,3 \cdot 10^{-4}$
4A80A6Y3	0,75	915	69,0	0,74	2,2	2,0	1,6	4,0	$46 \cdot 10^{-4}$
4A80B6Y3	1,10	920	74,0	0,74	2,2	2,0	1,6	4,0	$46,3 \cdot 10^{-4}$
4A90L6Y3	1,50	935	75,0	0,74	2,2	2,0	1,7	4,5	$73,5 \cdot 10^{-4}$
4A100L6Y3	2,20	950	81,0	0,73	2,2	2,0	1,6	5,0	$1,31 \cdot 10^{-2}$
4A112MA6Y	3,00	955	81,0	0,76	2,5	2,0	1,8	6,0	$1,75 \cdot 10^{-2}$
4A112MB6Y3	4,0	950	82,0	0,81	2,5	2,0	1,8	6,0	$2,0 \cdot 10^{-2}$
4A132S6Y3	5,50	965	85,0	0,80	2,5	2,0	1,8	6,5	$4,0 \cdot 10^{-2}$
4A132M6Y3	7,50	970	85,5	0,81	2,5	2,0	1,8	6,5	$5,75 \cdot 10^{-2}$
4A160S6Y3	11,0	975	86,0	0,86	2,0	1,2	1,0	6,0	$13,8 \cdot 10^{-2}$
4A160M6Y3	15,0	975	87,5	0,87	2,0	1,2	1,0	6,0	$18,3 \cdot 10^{-2}$
4A180M6Y3	18,5	975	88,0	0,87	2,0	1,2	1,0	5,0	$22,0 \cdot 10^{-2}$
4A200M6Y3	22,0	975	90,0	0,90	2,4	1,3	1,0	6,5	$40 \cdot 10^{-2}$
4A20016Y3	30,0	980	90,5	0,90	2,4	1,3	1,0	6,5	$45,3 \cdot 10^{-2}$
4A250S6Y3	45,0	985	91,5	0,89	2,1	1,2	1,0	6,5	1,16
4A250M6Y3	55,0	985	91,5	0,89	2,1	1,2	1,0	6,5	1,26
4A280S6Y3	75,0	985	92,0	0,89	2,2	1,4	1,2	5,5	2,93
4A280M6Y3	90,0	985	92,5	0,89	2,2	1,4	1,2	5,5	3,38
4A315S6Y3	110	985	93,0	0,90	2,2	1,4	0,9	6,5	4,0
4A315M6Y3	132	985	93,5	0,90	2,2	1,4	0,9	6,5	4,5

4A355S6Y3	160	985	93,5	0,90	2,2	1,4	0,9	6,5	7,33
4A355M6Y3	200	985	94,0	0,90	2,2	1,4	0,9	6,5	8,8
Синхронная частота вращения 750 об/мин									
4A71B8Y3	0,25	680	56,0	0,65	1,7	1,6	1,2	3,0	$18,5 \cdot 10^{-4}$
4A80A8Y3	0,37	675	61,5	0,65	1,7	1,6	1,2	3,5	$33,8 \cdot 10^{-4}$
4A80B8Y3	0,55	700	64,0	0,65	1,7	1,6	1,2	3,5	$40,5 \cdot 10^{-4}$
4A90LA8Y3	0,75	700	68,0	0,62	1,9	1,6	1,2	3,5	$67,5 \cdot 10^{-4}$
4A90LB8Y3	1,10	700	70,0	0,68	1,9	1,6	1,2	3,5	$86,3 \cdot 10^{-4}$
4A100L83	1,50	700	74,0	0,65	1,9	1,6	1,2	4,0	$1,3 \cdot 10^{-2}$
4A112MA8Y	2,20	700	76,5	0,71	2,2	1,9	1,4	5,0	$1,75 \cdot 10^{-2}$
4A112MB8Y3	3,0	700	79,0	0,74	2,2	1,9	1,4	5,0	$2,5 \cdot 10^{-2}$
4A132S8Y3	4,0	720	83,0	0,70	2,6	1,9	1,4	5,5	$4,25 \cdot 10^{-2}$
4A132M8Y3	5,50	720	83,0	0,74	2,6	1,9	1,4	5,5	$5,75 \cdot 10^{-2}$
4A160S8Y3	7,50	730	86,0	0,75	2,2	1,4	1,0	6,0	$13,8 \cdot 10^{-2}$
4A160M8Y3	11,0	730	87,0	0,75	2,2	1,4	1,0	6,0	$18 \cdot 10^{-2}$
4A180M8Y3	15,0	730	87,0	0,82	2,0	1,2	1,0	6,0	$25 \cdot 10^{-2}$
4A200M8Y3	18,5	735	88,5	0,84	2,2	1,2	1,0	5,5	$40 \cdot 10^{-2}$
4A200L8Y3	22,0	730	88,5	0,84	2,0	1,2	1,0	5,5	$45,3 \cdot 10^{-2}$
4A225M8Y3	30,0	735	90,0	0,81	2,1	1,3	1,0	6,0	$73,8 \cdot 10^{-2}$
4A250S8Y3	37,0	735	90,0	0,83	2,0	1,2	1,0	6,0	1,16
4A250M8Y3	45,0	740	91,0	0,84	2,0	1,2	1,0	6,0	1,36
4A280S8Y3	55,0	735	92,0	0,84	2,0	1,2	1,0	5,5	3,18
4A280M8Y3	75,0	735	92,5	0,85	2,0	1,2	1,0	5,5	4,13
4A315S8Y3	90,0	740	93,0	0,85	2,3	1,2	0,9	6,5	4,93
4A315M8Y3	110	740	93,0	0,85	2,3	1,2	0,9	6,5	5,85
4A355S8Y3	132	740	93,5	0,85	2,2	1,2	0,9	6,5	9,05
4A355M8Y3	160	740	93,5	0,85	2,2	1,2	0,9	6,5	10,2
Синхронная частота вращения 600 об/мин									
4A250S10Y3	30,0	590	88,0	0,81	1,9	1,2	1,0	6,0	1,36
4A250M10Y3	37,0	590	89,0	0,81	1,9	1,2	1,0	6,0	1,61
4A280S10Y3	37,0	590	91,0	0,78	1,8	1,0	1,0	6,0	3,6
4A280M10Y3	45,0	590	91,5	0,78	1,8	1,0	1,0	6,0	3,78
4A315S10Y3	55,0	590	92,0	0,79	1,8	1,0	0,9	6,0	5,25
4A315M10Y3	75,0	590	92,0	0,80	1,8	1,0	0,9	6,0	6,18
4A355S10Y3	90,0	590	92,5	0,83	1,8	1,0	0,9	6,0	9,33
4A355M10Y3	110	590	93,0	0,83	1,8	1,0	0,9	6,0	10,9
Синхронная частота вращения 500 об/мин									
4A315S12Y3	45,0	490	90,5	0,75	1,8	1,0	0,9	6,0	5,25
4A315M12Y3	55,0	490	91,0	0,75	1,8	1,0	0,9	6,0	6,18
4A355S12Y3	75,0	490	91,5	0,76	1,8	1,0	0,9	6,0	9,33
4A355M12Y3	90,0	495	92,0	0,76	1,8	1,0	0,9	6,0	10,9

Технические данные двигателей серии АИ

Тип двигателя	$P_{н\tau}$, кВт	$\eta_{н\tau}$, %	$\cos\varphi$	$S_{н\tau}$, %	$M_{п\tau}$	$M_{max}/M_{н\tau}$	$M_{min}/M_{н\tau}$	$I_{п\tau}/I_{н\tau}$	J , кг·м ²	Масса, кг
Синхронная частота вращения 3000 об/мин										
АИР50А2	0,09	60	0,75	11,5	2,2	2,2	1,8	4,5	0,000025	2,5
АИР50В2	0,12	63	0,75	11,5	2,2	2,2	1,8	4,5	0,000028	2,8
АИР56А2	0,18	68	0,78	9	2,2	2,2	1,8	5	0,00042	3,4
АИР56В2	0,25	69	0,79	9	2,2	2,2	1,8	5	0,00047	3,9
АИР63А2	0,37	72	0,86	9	2,2	2,2	1,8	5	0,00076	4,7
АИР63В2	0,55	75	0,85	9	2,2	2,2	1,8	5	0,0009	5,45
АИР71А2	0,75	78,5	0,83	6	2,1	2,2	1,6	6	0,00097	6,5
АИР71В2	1,1	79	0,83	6,5	2,1	2,2	1,6	6	0,0011	8,8
АИР80А2	1,5	81	0,85	5	2,1	2,2	1,6	7	0,0018	9,8
АИР80В2	2,2	83	0,87	5	2	2,2	1,6	7	0,0021	13,2
АИР90L2	3	84,5	0,88	5	2	2,2	1,6	7	0,0035	16,7
АИР100S2	4	87	0,88	5	2	2,2	1,6	7,5	0,0059	21,6
АИР100L2	5,5	88	0,89	5	2	2,2	1,6	7,5	0,0075	27,4
АИР112M2	7,5	87,5	0,88	3,5	2	2,2	1,6	7,5	0,01	41
АИР132M2	11	88	0,9	3	1,6	2,2	1,2	7,5	0,023	64
АИР160S2	15	90	0,89	3	1,8	2,7	1,7	7	0,039	100
АИР160M2	18,5	90,5	0,9	3	2	2,7	1,8	7	0,043	110
АНР180S2	22	90,5	0,89	2,7	2	2,7	1,9	7	0,057	160
АИР180M2	30	91,5	0,9	2,5	2,2	3	1,9	7,5	0,07	180
АИР200M2	37	91,5	0,87	2	1,6	2,8	1,5	7	0,13	220
АИР200S2	45	92	0,88	2	1,8	2,8	1,5	7,5	0,14	240
АИР225M2	55	92,5	0,91	2	1,8	2,6	1,5	7,5	0,22	320
АИР250S2	75	93	0,9	2	1,8	3	1,6	7,5	0,41	425
АИР250M2	90	93	0,92	2	1,8	3	1,6	7,5	0,46	455
Синхронная частота вращения 1500 об/мин										
АИР50А4	0,06	53	0,63	11	2,3	2,2	1,8	4,5	0,000029	2,6
АИР50В4	0,09	57	0,65	11	2,3	2,2	1,8	4,5	0,000033	2,9
АИР56А4	0,12	63	0,66	10	2,3	2,2	1,8	5	0,00070	3,35
АИР56В4	0,18	64	0,68	10	2,3	2,2	1,8	5	0,00079	3,9
АИР63А4	0,25	68	0,67	12	2,3	2,2	1,8	5	0,0012	4,7
АИР63В4	0,37	68	0,7	12	2,3	2,2	1,8	5	0,0014	5,6
АИР71А4	0,55	70,5	0,7	9,5	2,3	2,2	1,8	5	0,0013	7,8
АИР71В4	0,75	73	0,76	10	2,2	2,2	1,6	5	0,0014	8,8
АИР80А4	1,1	75	0,81	7	2,2	2,2	1,6	5,5	0,0032	9,9
АИР80В4	1,5	78	0,83	7	2,2	2,2	1,6	5,5	0,0033	12,1
АИР90L4	2,2	81	0,83	7	2,1	2,2	1,6	6,5	0,0056	17
АИР100S4	3	82	0,83	6	2	2,2	1,6	7	0,0087	21,6
АИР100L4	4	85	0,84	6	2	2,2	1,6	7	0,011	27,3
АИР112M4	5,5	85,5	0,86	4,5	2	2,5	1,6	7	0,017	41
АИР132S4	7,5	87,5	0,86	4,0	2	2,5	1,6	7,5	0,028	58
АИР132M4	11	87,5	0,87	3,5	2	2,7	1,6	7,5	0,04	70
АИР160S4	15	90	0,89	3	1,9	2,9	1,8	7	0,078	100
АИР160M4	18,5	90,5	0,89	3	1,9	2,9	1,8	7	0,1	110
АИР180S4	22	90,5	0,87	2,5	1,7	2,4	1,5	7	0,15	170
АИР180M4	30	92	0,87	2	1,7	2,7	1,5	7	0,19	190

АИР200М4	37	92,5	0,89	2	1,7	2,7	1,6	7,5	0,28	245
АИР200S4	45	92,5	0,89	2	1,7	2,7	1,6	7,5	0,34	270
АИР225М4	55	93	0,89	2	1,7	2,6	1,6	7	0,51	335
АИР250S4	75	94	0,88	1,5	1,7	2,5	1,4	7,5	0,89	450
АИР250М4	90	94	0,89	1,5	1,5	2,5	1,3	7,5	1,1	480
АИР280S4	110	93,5	0,91	2,2	1,6	2,2	1	6,5	2,3	594
АИР280М4	132	94	0,93	2,2	1,6	2,2	1	6,5	2,5	752
АИР315S4	160	93,5	0,91	2	1,4	2	1	5,5	3,1	896
АИР315М4	200	94	0,92	2	1,4	2	0,9	5,5	3,6	1000
АИР355S4	250	94,5	0,92	2	1,4	2	0,9	7	6	1275
АИР355М4	315	94,5	0,92	2	1,4	2	0,9	7	7	1480
Синхронная частота вращения 1000 об/мин										
АИР63А6	0,19	56	0,62	14	2	2,2	1,6	4	0,0018	4,65
АИР63В6	0,25	59	0,62	14	2	2,2	1,6	4	0,0022	5,6
АИР71А6	0,37	65	0,65	8,5	2	2,2	1,6	4,5	0,0017	7,8
АИР80В6	1,1	74	0,74	8	2	2,2	1,6	4,5	0,0046	13,4
АИР90L6	1,5	76	0,72	7,5	2	2,2	1,6	6	0,0073	16,9
АИР100L6	2,2	81	0,74	5,5	2	2,2	1,6	6	0,013	22,8
АИР112МА6	3	81	0,76	5	2	2,2	1,6	6	0,017	35
АИР112МВ6	4	82	0,81	5	2	2,2	1,6	6	0,021	40,4
АИР132S6	5,5	85	0,8	4	2	2,2	1,6	7	0,04	57
АИР132М6	7,5	85,5	0,81	4	2	2,2	1,6	7	0,058	68
АИР160S6	11	88	0,83	3	2	2,7	1,6	6,5	0,12	100
АИР160М6	15	88	0,85	3	2	2,7	1,6	6,5	0,15	120
АИР180М6	18,5	89,5	0,85	2	1,8	2,4	1,6	6,5	0,2	180
АИР200М6	22	90	0,83	2	1,6	2,4	1,4	6,5	0,36	225
АИР200L6	30	90	0,85	2,5	1,6	2,4	1,4	6,5	0,4	250
АИР225М6	37	91	0,85	2	1,5	2,3	1,4	6,5	0,61	305
АИР250S6	45	92,5	0,85	2	1,5	2,3	1,4	6,5	1	390
АИР250М6	55	92,5	0,86	2	1,5	2,3	1,4	6,5	1,1	430
АИР280S6	75	92,5	0,9	2,2	1,3	2,2	1	6,5	2,9	637
АИР280М6	90	93	0,9	2,2	1,4	2,4	1	6,5	3,4	702
АИР315S6	110	93	0,92	2,3	1,4	2,3	1	6	4	847
АИР315М6	132	93,5	0,9	2,3	1,4	2,3	1	6,5	4,5	950
АИР355S6	160	94	0,9	2,2	1,6	2	1	7	7,3	1136
АИР355М6	200	94	0,9	2,2	1,6	2	0,9	7	8,8	1280
Синхронная частота вращения 750 об/мин										
АИР71В8	0,25	56	0,65	8	1,8	1,9	1,4	4	0,0019	7,8
АИР80А8	0,37	60	0,61	6,5	1,8	1,9	1,4	4	0,0034	13,8
АИР80В8	0,55	64	0,63	6,5	1,8	1,9	1,4	4	0,0041	13,5
АИР90LА8	0,75	70	0,66	7	1,6	1,7	1,2	3,5	0,0067	19,7
АИР90LВ8	1,1	72	0,70	7	1,6	1,7	1,2	3,5	0,0086	22,3
АИР100L8	1,5	76	0,73	6	1,6	1,7	1,2	5,5	0,013	31,3
АИР112МА8	2,2	76,5	0,71	5,5	1,8	2,2	1,4	6	0,017	36
АИР112МВ8	3	79	0,74	5,5	1,8	2,2	1,4	6	0,025	41
АИР132S8	4	83	0,7	4,5	1,8	2,2	1,4	6	0,042	56
АИР132М8	5,5	83	0,74	5	1,8	2,2	1,4	6	0,057	70
АИР160S8	7,5	87	0,75	3	1,6	2,4	1,4	5,5	0,12	100
АИР160М8	11	87,5	0,75	3	1,6	2,4	1,4	6	0,15	120
АИР180М8	15	89	0,82	2,5	1,6	2,2	1,5	5,5	0,23	180

АИР200М8	18,5	89	0,81	2,5	1,6	2,3	1,4	6	0,36	225
АИР200L8	22	90	0,81	2,5	1,6	2,3	1,4	6	0,4	250
АИР225М8	30	90,5	0,81	2,5	1,4	2,3	1,3	6	0,61	305
АИР250S8	37	92,5	0,78	2	1,5	2,3	1,4	6	1,1	400
АИР250М8	45	92,5	0,79	2	1,4	2,2	1,3	6	1,2	430
АИР280S8	55	92	0,86	3	1,3	2,2	1	6	3,2	643
АИР280М8	75	93	0,87	3	1,4	2,2	1	6	4,1	735
АИР315S8	90	93	0,85	1,5	1,2	2,2	1	6	4,9	927
АИР315М8	110	93	0,86	1,5	1,1	2,2	0,9	6	5,8	1001
АИР355S8	132	93,5	0,85	2	1,2	2	0,9	6,5	9	1175
АИР355М8	160	93,5	0,85	2	1,2	2	0,9	6,5	10	1280

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ РЕДУКТОРОВ

Тип редуктора	Скорость эл. двиг., об/мин	Мощность на быстроходном валу при передаточном числе, кВт									КПД
		98,57	40,17	31,5	23,34	20,49	15,75	12,64	10,35	8,23	
I. Цилиндрические, горизонтальные, двухступенчатые											
PM250	1000	0,55	0,65	0,90	1,20	1,40	2,00	2,40	3,00	3,75	0,94
	1500	0,80	0,95	1,35	1,80	2,00	3,00	3,60	4,50	5,60	0,98
PM350	1000	1,25	1,50	2,00	2,70	3,10	4,60	5,70	7,00	8,70	0,94
	1500	1,90	2,30	3,00	4,10	4,60	6,90	8,50	9,50	9,50	0,98
PM400	1000	2,50	3,00	4,10	5,60	6,40	8,50	11,10	13,50	17,00	0,94
	1500	2,70	4,50	6,20	8,50	9,70	12,70	16,60	18,70	22,80	0,98
PM500	1000	4,30	5,20	7,20	9,70	11,00	15,40	19,20	23,50	26,80	0,94
	1500	6,40	7,80	10,80	14,60	16,60	23,00	26,00	32,00	40,00	0,98
PM1250	1000		65,00								0,94
II. Горизонтальные с планетарной зубчатой передачей											
Передаточное число		4,55	5	5,55	6,25	7,15	8,32	10			0,98
ПОИ-7	1500	5,18	4,56	3,92	3,3	2,66	2,08	1,34			
III. Червячные одноступенчатые, горизонтальные											
Передаточное число		1,67	20	25	31,5	40	50	63			
РЧП-80	950	0,66	0,52	0,48	0,4	0,4	0,33	0,28			0,71-0,87
	1450	0,83	0,78	0,6	0,52	0,52	0,41	0,32			0,71-0,87

ПРИЛОЖЕНИЕ Е АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

Автоматические выключатели

Выключатели автоматические предназначены для коммутации электросетей жилых и административных зданий в нормальном режиме и для отключения в режиме, способном привести к аварии и иной ситуации (т.е. при токах перегрузки и токах короткого замыкания), обеспечения безопасности изоляции проводников в части термических перегрузок. Для защиты от коротких замыканий и перегрузок, пуска и остановки асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, а также для оперативных включений и отключений цепей.

Типы автоматических выключателей - тепловые (Т) и электромагнитные (ЭМ).

Таблица 1 – Характеристики автоматических выключателей

Марка	Кол-во полюс.	Номин. на-пряж., В	Ном. ток, In, А	Установка расцепителя	Степень защиты	Габариты, мм
АЕ 1031	1	220/380	6; 10; 16; 20; 25	1,5 In	IP20	21x90 x70
АЕ 2044	1	220/380/440	10; 12,5; 16; 25 31, 5; 40; 50; 63	12 In	IP20	25x16 4x110
ВМ 40	1	230/240	10; 16; 20; 25; 32; 40	1,45 In-Т; 5 In-ЭМ	IP20	17,5x 80x71
АЕ 2046-10Р	3	660	16; 20; 25; 31, 5; 40; 50; 63	12 In	IP20	75x21 5x105
АП 50Б-3МТ	3	500- перем.ток 220- пост.ток	1,6; 2,5; 4; 6,3 10; 16; 25; 50; 63	10 In	IP20	103x1 38x19 8
ВА 5237	3	380/660	250; 320; 400	10 In	IP20	150x2 25x14 0
ИЭК-С45М	1,2	380/220	1; 2,3,4,5,6, 10	2,5 In	IP40	18x80 x75
(ВА 47-29)	3,4		16,20,25,32,40, 50,63	2,5 In		
ИЭК- НС100Н	1,2	380/220	63,80,100	2,5 In	IP40	27x81 x70
ВА 16-26	1	220/380	6,3; 10; 16; 20; 25; 31, 5	1,45 In-Т; 12-14 In	IP20	18x90 x80
А63М	1	380	10; 16; 20; 25	1,35 In-Т; 10 In-ЭМ	IP30	28x13 4x83
ВА 60-26-14	1	380	6,3; 10; 16; 20;	1,45 In-Т; 10	IP20	12,5x

			25; 32; 40	ИН-ЭМ		85x65
BA66-29-14	1	220/380	10; 16; 25; 40; 50; 63	1,45 ИН-Т; 10 ИН-ЭМ	IP20	17,5x 80x71
AE2056MM	3	660	80; 100	1,25 ИН-Т; 12 ИН-ЭМ	IP20	75x14 5x105
BA-6026-34	3	380	6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5	1,45 ИН-Т; 10 ИН-ЭМ	IP20	39x85 x65
BA-6026-24	2	380	6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5	1,45 ИН-Т; 10 ИН-ЭМ	IP20	25x85 x65
AE2046M	3	660	10; 16; 25; 31,5; 40; 50; 63	1,25 ИН-Т; 12 ИН-ЭМ	IP20	75x14 5x90
BA51-25	3	660	10; 16; 25	1,35 ИН-Т; 10 ИН-ЭМ	IP20	52,5x 100x7 5
A3716	3	380/660	100; 125; 160	1,15 ИН-Т; 630 А-ЭМ	IP30	110x3 20x18 0
AE2046-10Б	3	660	10; 16; 20; 25; 31, 5; 40; 50; 63	1,25 ИН-Т 12 ИН-ЭМ	IP20	75x16 4x110
BA5735	3	380/660	100; 125; 160; 200; 250	1,3 ИН-Т; 14 ИН-ЭМ	IP20	110x1 75x12 8
BA51-39 B	3	660	320; 400; 630	1,25 ИН-Т; 10 ИН-ЭМ		225x2 50x10 0
AE2056МП	3	660	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	1,25 ИН-Т 12 ИН-ЭМ		75x14 5x105

Магнитные пускатели

Применяются для дистанционного пуска, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором при переменном напряжении 380/220 В и частоте 50 Гц. Допускается использовать магнитные пускатели в системах управления с применением микропроцессорной техники для шунтирования включающей катушки помехоподавляющим устройством.

Таблица 2 – Характеристики магнитных пускателей

Марка	Ток головной цепи, А	Напряж. катушки, В	Степень защиты	Контактная группа	Тепловое реле	Габариты, мм	
ПМ 12-010	10	220/380	IP00	1«3»	нет	56x39,5x72	
ПМЕ 211	25	220/380	IP00	2«з»+2«р»	нет	89x93x116	
ПМЕ 212	25	220/380	IP00	2«з»+2«р»	РТТ	89x150x116	
ПМЕ 222	25	220/380	IP00	2«з»+2«р»	РТТ	222x150x154	
ПМА 3100	40	220/380	IP00	2«з»+2«р»	нет	89x93x116	
ПМА 3200	40	220/380	IP00	2«з»+2«р»	РТТ	222x150x154	
ПМА 3210	40	220/380	IP40	2«з»+2«р»	РТТ	223x150x157	
ПМА 4100	63	220	IP00	2«з»+2«р»	нет	110x133x139	
ПМА 4200	63	220	IP00	2«з»+2«р»	РТТ	202x133x139	
ПМА 4210	63	220	IP40	2«з»+2«р»	РТТ	210x365x172	
ПМА 4500	63	220	IP00	2«з»+2«р»	нет	250x170x170	+
ПМА 5102	100	220	IP00	2«з»+2«р»	нет	150x125x160	
ПМА 5202	100	220	IP00	2«з»+2«р»	нет	150x125x160	
ПМА 5212	100	220	IP40	2«з»+2«р»	РТТ	248x468x206	
ПМА 6102	160	220	IP00	2«з»+2«р»	нет	199x143x192	
ПМА 6202	160	220	IP00	2«з»+2«р»	РТТ	292x143x192	
ПМА 621 2	160	220	IP40	2«з»+2«р»	РТТ	440x327x242	
ПМЛ 1100	10	220/380	IP00	1«з»	нет	67x44x73,5	
ПМЛ 1220	10	220/380	IP54	1«з»	РТЛ	160x87x116,5	
ПМЛ 1501	10	220/380	IP00	1«р»	нет	78x103,1x78	+
ПМЛ 2100	25	220/380	IP00	1«з»	нет	77x56x89, 1	
ПМЛ 2220	25	220/380	IP54	1«з»	РТЛ	185x101x134 ,	
ПМЛ 2501	25	220/380	IP00	1«р»	нет	88x128,5x97	+
ПМЛ 3100	40	220/380	IP00	1«з»+1«р»	нет	126x75x107,3	
ПМЛ 3220	40	220/380	IP54	1«з»+1«р»	РТЛ	280x164x166	
ПМЛ 3500	40	220/380	IP00	1«з»+1«р»	нет	128x165x115	
ПМЛ 4100	63	220/380	IP00	1«з»+1«р»	нет	126x75x107,3	
ПМЛ 4220	63	220/380	IP54	1 «3»+1 «р»	РТЛ	280x164x166	
ПМЛ 4500	63	220/380	IP54	1«з»+1«р»	нет	128x165x115	

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чиликин М. Г., Сандлер А. С. Общий курс электропривода. 6-е изд., переб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с.
2. Москаленко В. В. Электрический привод.-М.: Мастерство; Высшая школа, 1991. – 430 с.
3. Фоменков А. П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий. 2 - е изд., перераб. и доп.-М.: Колос, 1984. – 288 с.
4. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В. А. Елесева и А. В. Шинянского.-М.: Энергоатомиздат, 1983.
5. Кацман М. М. Руководство к лабораторным по электрическим машинам и электроприводу.-М.: Высш. шк., 2001. – 215 с.
6. Шичков Л. П. и др. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственной техники – М.: Колос, 1995, - 368 с.
7. Практикум по электроприводу в сельском хозяйстве. / П. И. Савченко, И. А. Гаврилюк, И. Н. Земляной и др. – М.: Колос, 1996. – 226 с.
8. Механизация и электрификация с.-х. производства: Учебн. для студ. вузов / Под ред. В. М. Баутина – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Колос, 2000 – 536с.
9. Механизация и электрификация с.-х. производства: Учебн. для студ. вузов / Под ред. А. П. Тарасенко – М.: Колос, 2002 – 552с.
10. Каганов И. А. Курсовое и дипломное проектирование – М.: Колос, 1990 – 351с.
11. Алиев И. И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию / Серия «Справочники». – Ростов н/д.: Феникс, 2004. – 480с.
12. Потапов Г. П. Погрузочно-транспортные машины для животноводства.: Справочник: - М.: Агропромиздат, 1990. – 239 с.
13. Расчет и выбор электроприводов сельскохозяйственного назначения: учебно-методическое пособие / Никитенко Г. В., Атанов И. В., Антонов С. Н., ассистент Кофанов Д. Е. – Ставрополь:2008 – 115 с.
14. Гурницкий В. Н. Проектирование систем электрификации. – Ставрополь: 2000 – 300 с.
15. Москаленко В. В. Электрический привод: Учебн. пособие для сред. проф. образования – М: Издательский центр «Академия», 2005. – 368 с.
16. Мартыненко И. И., Тищенко Л. П. Курсовое и дипломное проектирование по комплексной электрификации и автоматизации. – М.: Колос, 1978. – 223 с.
17. Проектирование комплексной электрификации / Л. Г. Прищеп, А. П. Якименко, Л. В. Шаповалов и др.; под ред. Л. Г. Прищепы – М.: Колос, 1983. – 271 с.

18. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / А. С. Ключев, Б. В. Глазов, А. Х. Дубровский, А. А. Ключев; под ред. А. С. Ключева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
19. Дьяков В. И. Типовые расчеты по электрооборудованию: Практик. пособие – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1991. – 160 с.
20. Гурин Н. А., Янукович Г. И. Электрооборудование промышленных предприятий и установок. Дипломное проектирование: Учебн. пособие. – Мн.: Выш. шк., 1990. – 238 с.
21. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В. А. Елисеева и А. В. Шинянского. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.
22. Кузнецов Б. В. Выбор электродвигателей к производственным механизмам. – Мн.: Беларусь, 1984. – 80 с.
23. Онищенко Г. Б. Электрический привод. Учебник для вузов – М.: РАСХН, 2003 – 230 с.
24. Проектирование систем электрификации: Методические указания и задание для курсового проекта / И. В. Атанов, М. Я. Ашмарин, В. П. Горшколепов, Л. Л. Иунихин, С. Н. Антонов / Под ред. проф. В. Н. Гурницкого. – Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2004. – 40 с.

Internet ресурсы:

www.privod.ru

www.owen.ru

www.vespen.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	4
1 МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА	13
1.1 Характеристики сельскохозяйственных машин	13
1.2 Общие требования к электроприводу	16
1.3 Выбор электродвигателей по роду тока, напряжению и принципу действия	17
1.4 Выбор электродвигателей по конструктивному исполнению	20
1.5 Выбор электродвигателей по мощности	26
1.5.1 Основные критерии выбора электродвигателей по мощности	26
1.5.2 Основы теории нагрева и охлаждения электродвигателей	27
1.5.3 Классификация режимов работы двигателей по условиям нагрева	31
1.5.4 Выбор мощности двигателя для различных режимов работы	36
2 МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОПРИВОДА	40
2.1 Расчет рабочих машин	40
2.1.1 Скребок навозоуборочный транспортер кругового движения с отдельным приводом горизонтальной и наклонной части	40
2.1.2 Штанговый навозоуборочный транспортер.....	49
2.1.3 Канатно-скреперный навозоуборочный транспортер.....	55
2.1.4 Телескопический кормораздаточный транспортер.....	65
2.1.5 Самоходный бункерный кормораздатчик.....	69
2.1.6 Кресло передвижения оператора доильной установки.....	75
2.1.7 Водоснабжающая установка	76
2.1.8 Агрегат приготовления витаминной муки.....	81
2.1.9 Зерноочистительный агрегат ЗАВ-20	85
2.1.10 Электропривод крановых механизмов	87
2.2 Построение механической характеристики электродвигателя ..	95
2.3 Определение приведенного момента инерции системы электродвигатель - рабочая машина	96
2.4 Определение времени пуска системы электродвигатель – рабочая машина	98
2.5 Проверка выбранного электродвигателя по нагреву, перегрузочной способности и возможности пуска	99
2.6 Разработка принципиальной схемы управления электропривода или системы электроприводов	104
2.7 Выбор аппаратуры управления и защиты	106
2.7.1 Автоматические выключатели	106
2.7.2 Магнитный пускатель	109

3 ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ	111
3.1 Виды и типы схем	111
3.2 Правила выполнения структурных схем.....	112
3.3 Правила выполнения функциональных схем	113
3.4 Правила выполнения принципиальных схем	114
3.5 Правила выполнения схем соединений.....	123
3.6 Правила выполнения схем подключения	132
3.7 Правила выполнения общих схем.....	133
3.8 Правила выполнения схем расположения	136
4 УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ	137
4.1 Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах.....	137
4.2 Обозначения условно-графические в схемах.....	144
4.2.1 Катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, автотрансформаторы и магнитные усилители.....	144
4.2.2 Разрядники; предохранители	145
4.2.3 Резисторы	147
4.2.4 Конденсаторы.....	150
4.2.5 Приборы электроизмерительные	153
4.2.6 Приборы полупроводниковые.....	158
4.2.7 Устройства коммутационные и контактные соединения	163
4.2.8 Воспринимающая часть электромеханических устройств.....	173
4.2.9 Элементы кинематики.....	178
4.2.10 Обозначения общего применения	189
4.2.11 Машины электрические	220
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Пример расчета бункерного кормораздатчика	234
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Задание на практические занятия	251
ПРИЛОЖЕНИЕ В – Оформление титульного листа	257
ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Технические данные электродвигателей	258
ПРИЛОЖЕНИЕ Д – Технические данные некоторых типов редукторов	264
ПРИЛОЖЕНИЕ Е – Аппаратура управления и защиты	265
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	268

Учебное издание

Антонов Сергей Николаевич
Данилов Дмитрий Владимирович

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ЭЛЕКТРОПРИВОДА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
НАЗНАЧЕНИЯ**

Учебное пособие