

Реферат

Выпускная квалификационная работа : состоит из 152 листов, таблиц 21, рисунков 24, источников литературы 31, 6 листов графического материала.

Ключевые слова: двигатель асинхронный с фазным ротором, общая сборка, статор, ротор, однослойная обмотка, пусковые реостаты, рабочие и пусковые характеристики.

Объектом исследования является асинхронный двигатель с фазным ротором, запускающийся с помощью пусковых реостатов.

Целью работы является проектирование асинхронного двигателя с фазным ротором для привода конвейера. Проведен электромагнитный, тепловой и механический расчёты, разработана технология общей сборки на программу выпуска 3700 шт./год, проведен экономический расчёт производства двигателя 3700 шт./год, проверена безопасность и экологичность проекта, разработаны чертежи по данным разделам.

Текст ВКР выполнен в текстовом редакторе Microsoft Word 2013 на белой бумаге формата А4. Чертежи выполнены в КОМПАС 3D V13 на белой бумаге формата А3.

В процессе работы определены главные размеры двигателя, рабочие и пусковые характеристики. Проведен тепловой расчет. Рассчитаны механические характеристики вала на жесткость и прочность. В специальной части проведен расчёт и выбор пусковых реостатов. Разработана технология общей сборки по выпуска 3700 шт./год.

Основные конструктивные, технические и технико-экономические характеристики: способ монтажа IM1001 – двигатель на лапах с двумя подшипниковыми щитами; степен защиты IP54 – от попадания влаги внутрь корпуса; система охлаждения IC0141 – с наружным вентилятором, расположенный на валу двигателя; режим работы S1 – продолжительный.

Введение

Проектируемый асинхронный двигатель с фазным ротором предназначен для привода конвейера карусельно-разливочной машины применяемый для разлива меди, с анодных печей в изложницы. Карусельно-разливочная машина установлена в Медеплавильном заводе (МПЗ) АО «Алмалыкского горно-металлургического комбината» (АО «АГМК»).

АО «АГМК» является одним из крупнейших горно-металлургических предприятий в Республике Узбекистан [2].

Четыре горнодобывающих предприятия, две обогатительные фабрики, два металлургических завода, три сернокислотных производства, ремонтно-механический и известковый заводы, два автотранспортных управления с пятью автобазами, управление железнодорожного транспорта, а также 22 вспомогательных цеха и предприятия входят в состав комбината.

На комбинате ежегодно добывается 37 млн.м.куб. горной массы, извлекается 12 химических элементов, выпускается 18 видов промышленной продукции, в том числе медные, свинцовые, цинковые, молибденовые концентраты, цинк металлический, рафинированная медь, селен, теллур, серная кислота, металлический кадмий и аффинированные драгоценные металлы. В стадии проработки находится технология производства перрената аммония из молибденового промпродукта и промывной кислоты.

Металлургический цех оснащен отражательной печью мощностью до 50 тыс. тонн черновой меди в год, печью кислородно-факельной плавки мощностью 65 тыс. тонн в год, четырьмя горизонтальными поворотными конвертерами емкостью 200 тонн каждая.

С отражательной печи получают медный штейн, который поступает в конвертеры. Основной целью конвертерного передела является переработка медного штейна с целью получения черновой меди и технологических газов

для производства серной кислоты. Также в наклонных анодных печах освоено огневое рафинирование меди – удаление из черновой меди железа, серы, свинца и других более электроотрицательных, чем медь, примесей.

Карусельно-разливочная машина применяется для разлива меди с анодных печей в изложницы. Такая медь называется анодной.

Принципиальная схема карусельно – разливочной машины представлено на рисунке 4.

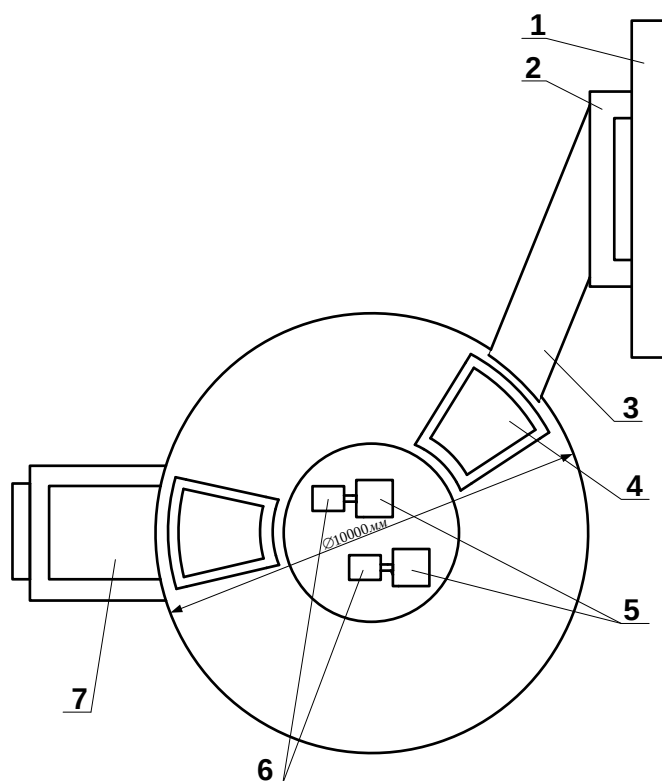


Рисунок 4. Принципиальная схема карусельно – разливочной машины

1 – Анодная печь. 2 – Летня. 3 – Сливной желоб. 4 – Изложница. 5 – Электродвигатели. 6 – Редукторы. 7 – Анодонец

Два электродвигателя через два редуктора вращают барабан, называемый каруселью. Барабан имеет отверстия в виде контейнеров – изложницами. С анодной печи через летню в эти контейнеры разливается расплавленная медь, которая транспортируется в анодонец.

Для того чтобы запустит барабан в вращению электродвигатели должны имеет плавный пуск и большой пусковой момент. Для этого был выбран асинхронный двигатель с фазным ротором.

Данный тип двигателей обладает хорошими пусковыми характеристиками. Пуск двигателя осуществляется с помощи пусковых реостатов. Для уменьшения пускового тока обмотка ротора замыкается на пусковой реостат через контактные кольца и щетки. Перед пуском двигателя нужно убедиться в том, что сопротивление пускового реостата полностью введено.

Поэтому в ВКР была выполнена разработка асинхронного двигателя с фазным ротором для привода конвейера. Основной технологической особенностью двигателя является регулирование частоты вращения в необходимых пределах с помощи пусковых реостатов и большой пусковой момент, обеспечивающий пуск механизма (карусельно – разливочная машина).

Для решения этой задачи необходимо провести электромагнитный, тепловой, механический расчёты, разработать технологию общей сборки на программу выпуска 3700 шт./год, произвести экономический расчёт производства двигателя 3700 шт./год, создать безопасность и экологичность проекта, разработать чертежи по данным разделам. Расчет, выбор пусковых реостатов и построение пусковой диаграммы приведен в специальной части.

Электромагнитный расчет проведен в соответствии с методикой проектирования литературы «Проектирование электрических машин: Учеб. пособие для вузов/И. П. Копылов, Ф. А. Горяинов, Б. К. Клоков и др.; Под ред. И. П. Копылова. М.: Энергия, 1980. – 496 с.».

Асинхронные двигатели с фазным ротором более экономичные с точки зрения потребления электроэнергии по сравнению с частотно регулируемые и другими системами, где необходимо регулирование частоты вращения в необходимых пределах.

Пуско–тормозные и регулировочные резисторы в металлургических электроприводах используются при параметрических методах регулирования. Получение механических характеристик, обеспечивающих заданные

показатели регулирования и требуемые пуско–тормозные диаграммы переходных режимов, достигается введением активных сопротивлений в цепи обмоток ротора двигателей. Реактивные сопротивления в крановых электроприводах не нашли практического применения.

При расчете и выборе резисторов для главных цепей электроприводов одновременно должны решаться две задачи:

1. обеспечение необходимых механических характеристик, реализующих требуемый уровень ускорения;
2. обеспечение соответствия теплового режима резисторов режиму работы двигателя.

Для выполнения первого условия определяются значения ступеней сопротивления, соответствующие получению необходимых абсолютных значений пусковых моментов электродвигателя. Для выполнения второго условия необходимо определить соответствующую рассеиваемую мощность резистора в целом (выбрать режим продолжительности включения при этой мощности и установить необходимую нагрузку отдельных ступеней резисторов).

Среднее значение нагрузки резисторов крановых электроприводов не может быть однозначно установлено в связи с тем, что режим работы, как электропривода, так и резисторов весьма неопределенный, зависящий от многих факторов.

Целью специальной части является – выбор типового комплекта – ящика резисторов для пуска асинхронного металлургического двигателя с фазным ротором. Этот же ящик, при необходимости, может быть использован и для параметрического регулирования скорости двигателя. При этом расчет ступеней резисторов значительно упрощается и выполняется по таблицам разбивки сопротивлений, рекомендуемым заводами – изготовителями серийного электрооборудования применительно к типовым схемам.

Сопротивления в цепи ротора асинхронных двигателей включаются по параллельной и непараллельным схемам. Симметричное включение сопротивлений применяется в системах с панелями управления, а несимметричное – с кулачковыми контроллерами для уменьшения числа используемых при переключениях контактов. Несимметричное включение подразумевает неравные сопротивления в каждой фазе, которые порождают в них несимметричные токи и провалы моментов, и как следствие этого неустойчивое регулирование частоты вращения. Это делается для уменьшения стоимости ящика резисторов и системы управления. Для крановых двигателей средней и большой мощности наиболее целесообразно использовать симметричное включение сопротивлений в цепи обмоток ротора, так как это обеспечит наиболее плавный пуск, а цена типового комплекта электропривода по сравнению с ценой двигателя не играет роли. При расчете пусковых сопротивлений, включенных по симметричной схеме, предварительно для заданного режима работы строят диаграмму пускового режима. Условиями пуска являются колебание пускового момента между максимальным M_2 и минимальным M_1 значениями.

5.1. Построение пусковой диаграммы и расчет сопротивлений ступеней

Расчет пускового реостата

$$n_H = 714 \text{ об/мин}$$

$$s_H = 0.0479$$

$$n_C = 750 \text{ об/мин}$$

$$P_H = 22\,000 \text{ Вт}$$

$$M_{кр}/M_{ном} = 2.396 \text{ о.е.}$$

$$r_{2нагр} = 0.2256 \text{ Ом}$$

$$I_{2H} = 43.7978 \text{ А}$$

Расчет и построение механических характеристик проводим для пяти пусковых ступеней. Количество пусковых ступеней выбираем исходя из технико–экономических соображений: чем больше число ступеней, тем плавнее пуск, но вместе с этим дороже ящик пусковых резисторов.

Для двигателя мощностью 22 кВт наиболее оптимальным числом пусковых ступеней является $m=5$.

Определяем номинальный момент двигателя:

$$M_H = 9500 \cdot P_H / n_H = 9500 \cdot 22 / 714 = 294.234 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Определяем критический момент двигателя:

$$M_{кр} = \frac{M_{кр}}{M_{ном}} \cdot M_H = 2.396 \cdot 294.234 = 704.977 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Принимаем наибольший пусковой момент двигателя

$$M_1 = 0.95 \cdot M_{кр} = 0.95 \cdot 704.977 = 669.729 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Определяем момент переключения:

$$M'_2 = \frac{M_1}{M_H} \cdot \sqrt[5]{\frac{M_1}{M_H} \cdot s_H} = \frac{669.729}{294.234} \cdot \sqrt[5]{\frac{669.729}{294.234} \cdot 0.0479} = 1.4613 \text{ о.е.}$$

$$M_2 = M'_2 \cdot M_H = 1.4613 \cdot 294.234 = 429.965 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Расчет сопротивлений ступеней пускового резистора для асинхронного двигателя с фазным ротором по приближенному способу основан на прямолинейности механических характеристик.

Естественная механическая характеристика – зависимость $n=f(M)$ при отсутствии добавочных сопротивлений в цепи ротора. Она проходит через две характерные точки:

- $M=0$; $n=n_c$ – точка синхронной частоты вращения;
- $M=M_H$; $n=n_H$ – точка номинального момента и частоты вращения.

Формула для такой характеристики имеет вид:

$$M = M_H \cdot \frac{s}{s_H}$$

Искусственные характеристики получаются при введении добавочных активных резисторов в цепь обмотки ротора. Искусственные характеристики также являются прямолинейными и проходят тем круче, чем больше сопротивление добавочного резистора.

Механические характеристики пуска двигателя приведены на рисунке 4.1.

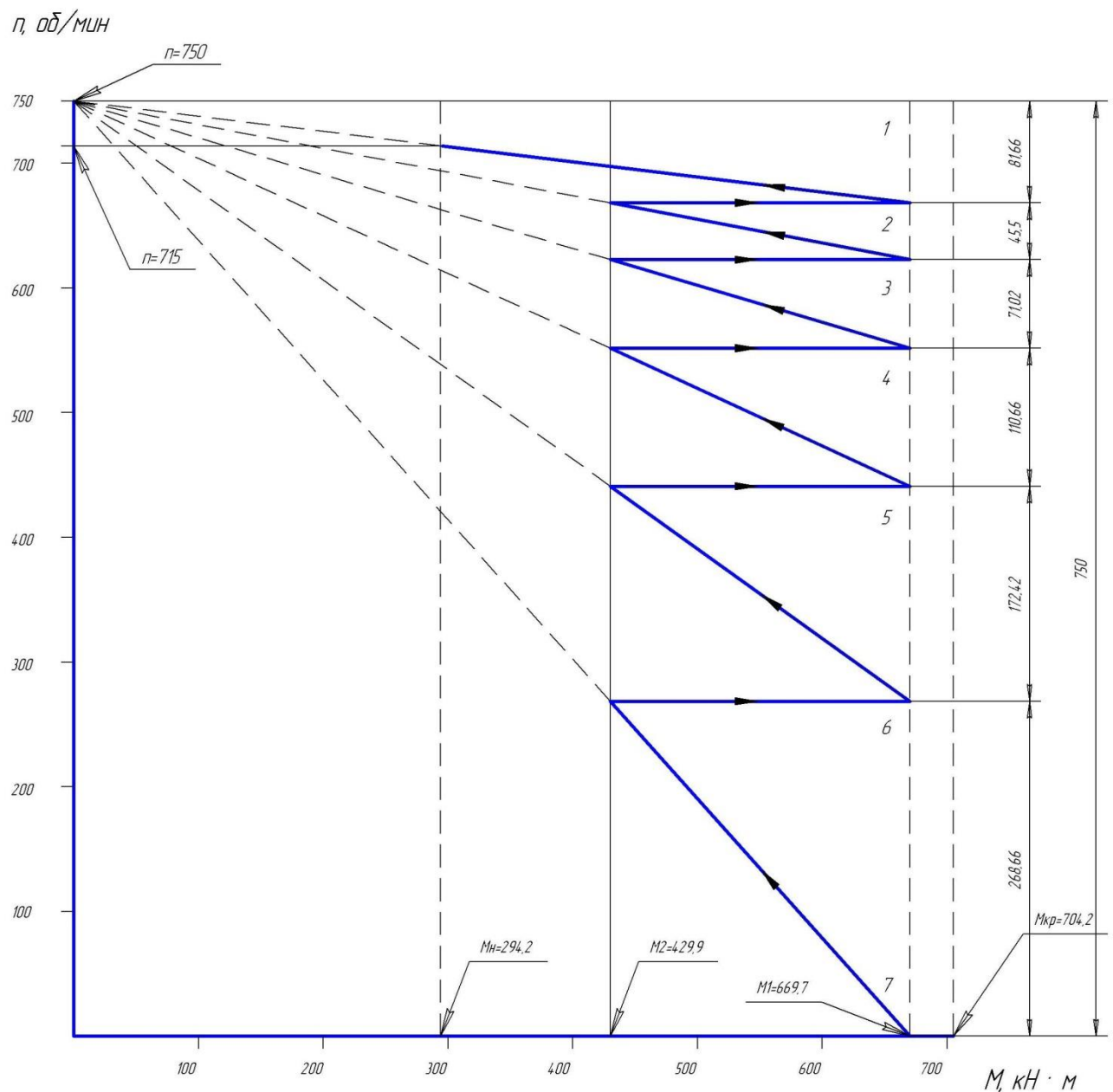


Рисунок 4.1. Пусковая диаграмма асинхронного двигателя с фазным ротором.

Наклон естественной механической характеристики прямо пропорционален активному сопротивлению ротора, т.е. длина участка 1-2 пропорциональна $r_{2нагр}$ (см. рисунок 4.1.). Рассчитаем коэффициент пропорциональности:

$$m_R = r_{2нагр}/L_{1-2} = 0.2256/81.66 = 0.0028 \text{ Ом/мм}$$

Наклон искусственных механических характеристик также прямо пропорционален добавочным пусковым сопротивлениям. Определяем добавочные пусковые сопротивления для каждой ступени отдельно, умножая полученный ранее коэффициент пропорциональности m_R на длины соответствующих участков (доли сопротивлений ступеней):

$$R_{п1} = m_R \cdot L_{7-6} = 0.0028 \cdot 268.66 = 0.7422 \text{ Ом}$$

$$R_{п2} = m_R \cdot L_{6-5} = 0.0028 \cdot 172.42 = 0.4763 \text{ Ом}$$

$$R_{п3} = m_R \cdot L_{5-4} = 0.0028 \cdot 110.66 = 0.3057 \text{ Ом}$$

$$R_{п4} = m_R \cdot L_{4-3} = 0.0028 \cdot 71.02 = 0.1962 \text{ Ом}$$

$$R_{п5} = m_R \cdot L_{3-2} = 0.0028 \cdot 45.58 = 0.1259 \text{ Ом}$$

$$\begin{aligned} \Sigma R_{п} &= R_{п1} + R_{п2} + R_{п3} + R_{п4} + R_{п5} = \\ &= 0.7422 + 0.4763 + 0.3057 + 0.1962 + 0.1259 = 1.8464 \text{ Ом} \end{aligned}$$

4.2. Выбор типового ящика резисторов

В соответствии с рассчитанными пусковыми сопротивлениями, обеспечением соответствия теплового режима резисторов режиму работы двигателя и номинальным током ротора $I_{2н}=43.7978 \text{ А}$. выбираем ящик пусковых резисторов Б6МУ2 по конструкторскому документу ИФРЮ.434352.001-07.

Блоки резисторов крановые Б6М предназначены для пуска, регулирования скорости и торможения крановых электродвигателей

постоянного и переменного тока. Блоки классифицируются по климатическому исполнению и категории размещения.

Структура условного обозначения Б6М[*][**]:

Б – блоки резисторов серии Б;

6 – максимальное число резисторных элементов в блоке;

М – модернизированные;

[*][**] – климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150

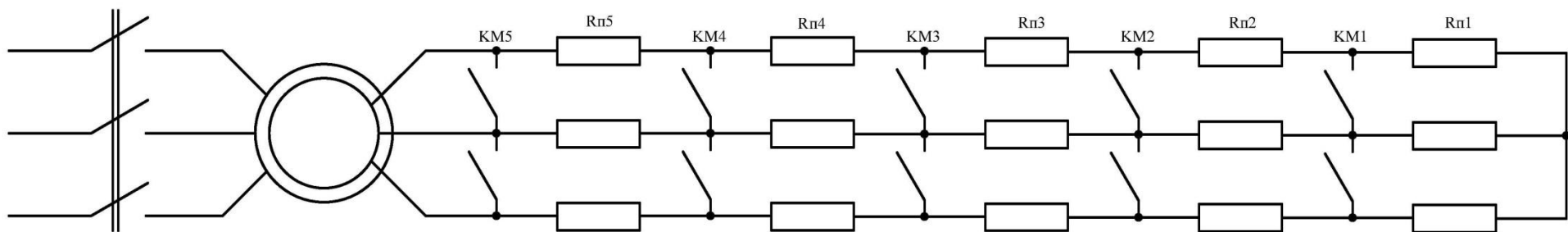


Рисунок 5.2. Принципиальная электрическая схема пуска асинхронного двигателя с помощью резисторов в цепи ротора.

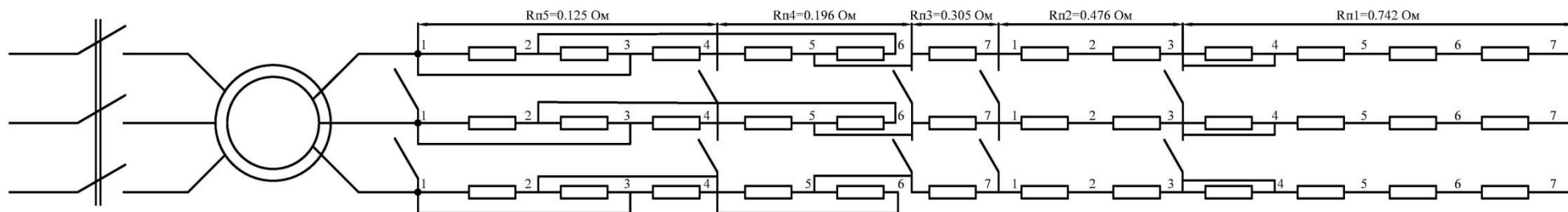


Рисунок 5.3. Схема соединений ящиков резисторов Б6МУ2

5.3. Особенности конструкции блока Б6М

Блок представляет собой конструкцию открытого исполнения и состоит из каркаса, резистора (резисторный элемент на керамическом изоляторе), внешних контактных зажимов. Резисторный элемент выполнен из фехральной проволоки. Преимуществом данного материала является то, что он допускает весьма высокие рабочие температуры ($350-400^{\circ}\text{C}$ для прерывисто – продолжительного, кратковременного и повторно – кратковременного режима работы). Внутренние электрические соединения выполнены из неизолированных медных проводников. Изоляция в блоке обеспечивается фарфоровыми цилиндрическими изоляторами. При работе блока резисторов ток через коммутационные выводы протекает по резисторным элементам, выделяемое тепло рассеивается потоками воздуха. К каждому выводу рекомендуется присоединять не более двух проводов (кабелей), оконцованных наконечниками. Блоки должны устанавливаться на горизонтальных поверхностях и надежно крепиться болтами

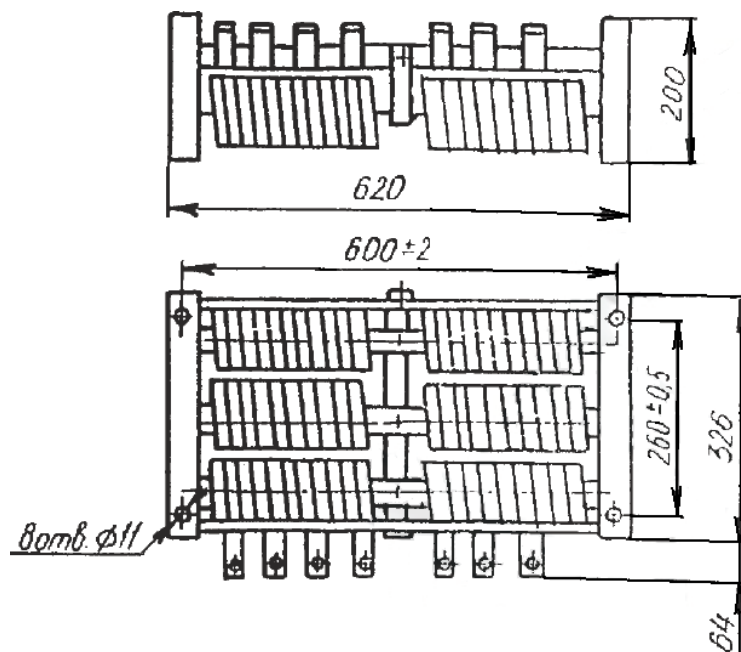


Рисунок 5.4 Габаритные и установочные размеры блоков и схема размещения резисторов в блоке.

5.4. Условия эксплуатации

- окружающая среда невзрывоопасная, не пожароопасная, не содержащая газов и паров, разрушающих металл и изоляцию, не содержащая токопроводящей пыли;
- группа механического исполнения М3 ГОСТ 17516.1-90 без многократных ударов;
- степень защиты IP00 по ГОСТ 14255-69;
- эксплуатация и обслуживание блоков должны производиться в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей»;
- блоки по способу защиты человека от поражения электрическим током относятся к классу 0 по ГОСТ 12.2.007.0-75;
- вероятность возникновения пожара от блока не более 10^{-6} в год.

5.5. Технические данные

Номинальное напряжение:

постоянного тока до 440 В;

переменного тока частотой до 60 Гц до 660В.

Номинальный режим работы продолжительный

Режим работы продолжительный, кратковременный,
повторно – кратковременный

Масса, не более 20,8 кг.

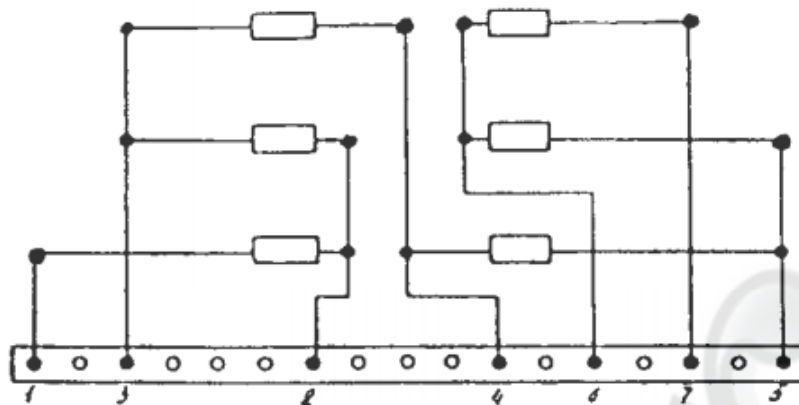


Рисунок 5.5 Электрическая схема блока Б6МУ2 – ИФРЮ.434352.007

Таблица 5.1 Технические данные блока Б6МУ2

Обозначение конструкторског о документа	Обозначение ступеней	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
ИФРЮ.434352.0 07	Сопротивлен ие ступеней, Ом	0,1351 - 0,1651	0,1351 - 0,1651	0,1351 - 0,1651	0,1351 - 0,1651	0,1351 - 0,1651	0,1351 - 0,1651
	Номинальны й ток, А	65	65	65	65	65	65

Данный ящик резисторов будет использоваться только для пуска металлургического асинхронного двигателя с фазным ротором.

Для пуска кранового асинхронного двигателя понадобится шесть ящиков резисторов. Соединение внешних контактных зажимов и присоединение к обмоткам ротора производить согласно рисунку 5.3.

При подборе ящика резисторов фактические значения ступеней сопротивлений несколько отличаются от расчетных. Однако суммарное значение всего добавочного сопротивления в соответствии со схемой (рисунок 5.3) составляет 2 Ом, что на 9 % больше чем рассчитанные сопротивления по механическим характеристикам. При этом следует учитывать, что производственный допуск на суммарное сопротивление резистора составляет $\pm 10\%$ его расчетного значения, а производственный допуск на отдельные ступени составляет до $\pm 15\%$ [1].

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе в соответствии с заданием с проектирован асинхронный двигатель с фазным ротором мощностью $P_{2H}=22$ кВт, числом полюсов $2p=8$, напряжением $U_H=220/380$ В, высотой оси вращения $h=225$ мм.

Главные размеры двигателя, выбранные в электромагнитной расчете, составили: наружный диаметр магнитопровода статора $D_a=0,4$ м; внутренний диаметр магнитопровода статора $D=0,292$ м; длина воздушного зазора $l_\delta=0,148$ м; длина сердечника статора $l=0,148$ м.

Число пазов статора и ротора $Z_1=72$, $Z_2=48$. Обмотки статора и ротора выбраны однослойными петлевыми. Номинальные токи обмоток статора и ротора составили $I_{1ном}=46,72$, $I_{2ном}=43,79$ А.

Рассчитанные пусковые и рабочие данные двигателя при номинальной нагрузке составили: КПД $\eta_{ном} = 0.8545$; коэффициент мощности $\cos\varphi_{ном} = 0.8238$, пусковой ток $I_{п} = 3.739$ о.е.; пусковой момент $M_{п}=0.099$ о.е. Полученные значения удовлетворяют требованиям, предъявляемым к двигателю.

В результате проведенного теплового расчета найдено, что превышения температуры статора и ротора над температурой окружающей среды составляют $\theta_{m1} = 52.543$ °С для статора и $\theta_{m2} = 54.239$ °С для ротора. Данный расчет показал, что полученные температуры входят в допустимые пределы для выбранного класса изоляции F.

Механический расчет вала показал, что жесткость и критическая частота вращения вала удовлетворяют требуемым условиям. В результате был выбран шарикоподшипник радиальный однородный, условное обозначение 314, $d=70$ мм, $D=150$ мм, $B=35$ мм, $r=3.5$ мм, динамическая грузоподъемность $C_0=63200$ Н, $n=4000$ об/мин. ГОСТ 8338-75.

В специальной части проекта определено, что плавный пуск двигателя может быть обеспечен пяти ступенчатым реостатом.

Пусковые свойства двигателя обеспечивает пяти ступенчатый регулировочный реостат. Рассчитаны сопротивления каждой ступени, построена пусковая диаграмма. По результатам расчета выбран комплект – блок резисторов Б6МУ2 и составлена монтажная схема соединений ящиков резисторов.

Разработанный технологический процесс сборки статора обеспечивает выпуск продукции в размере 3700 шт./год. Для выпуска продукции сделан выбор оборудования, который состоит из следующих станков:

- токарно – винтовым станком 16K20
- продольно – фрезерный станком 6305
- прессом гидравлическим П7320

Составлен график загрузки оборудования, на котором видно, что наиболее загруженным оборудованием является продольно – фрезерный станок 6305. Определены нормы времени технологического процесса. Также была составлена маршрутная карта, в которой поэтапно отражены все операции по сборке статора.

Проведена оценка коммерческого потенциала инженерных работников, обосновали необходимые инвестиции для разработки и внедрения инженерных решений. Составили бюджет инженерного проекта и смету затрат на проект.

Была проведена оценка технического уровня и формировали план разработки проекта, составили график по полученным данным.

Провели анализ опасных и вредных факторов при производстве. Рассмотрели правила техники и пожарной безопасности. Провели расчет искусственного освещения. В ходе расчета были рассчитаны 21 светильная установка, в каждом светильнике установлены 2 лампы, общее число ламп 42. Световой поток каждой лампы составляет 2455,6 лк. Общая электрическая мощность осветительных установок составляет 1680 Вт, что удовлетворяет требованиям.

Спроектированный асинхронный двигатель с фазным ротором удовлетворяет требования установленные нами ранее.