

Библиотека
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

621.3
Р 49

Л. Б. Ривлин

**КАК ОПРЕДЕЛИТЬ
НЕИСПРАВНОСТЬ
АСИНХРОННОГО
ДВИГАТЕЛЯ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

Л. Б. РИВЛИН

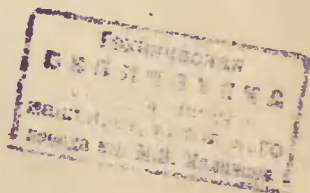
КАК ОПРЕДЕЛИТЬ
НЕИСПРАВНОСТЬ
АСИНХРОННОГО
ДВИГАТЕЛЯ

Издание третье,
исправленное и дополненное
А. Р. ДЕРО



DJVV

Scan
AAW



«ЭНЕРГИЯ»
Ленинградское отделение
1968

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Большам Я. М., Долгов Н. А., Ежков В. В., Каминский Е. А.,
Мандрыкин С. А., Синьчугов Ф. И., Смирнов А. Д., Устинов П. И.

УДК 621.313.333

6П2. 1

P49

Ривлин Л. Б.

P49 Как определить неисправность асинхронного двигателя. Изд. 3-е, исправл. и доп. Л., «Энергия», 1968.

48 с. с илл. Б-ка электромонтера. Вып. 245.
30 000 экз.

В брошюре рассмотрены основные электрические и механические неисправности, встречающиеся при эксплуатации асинхронных двигателей, указаны причины этих неисправностей и описаны наиболее простые и доступные в условиях эксплуатации методы их определения.

Брошюра предназначена для электромонтеров, обслуживающих асинхронные двигатели промышленных электроприводов. Она может оказать помощь монтажному и ремонтному персоналу и служить пособием для лиц, приобретающих квалификацию фабрично-заводских электромонтеров.

3-3-9

127а-68

6 П2. 1

Ривлин Лев Борисович

КАК ОПРЕДЕЛИТЬ НЕИСПРАВНОСТЬ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Научный редактор *А. Р. Деро*

Редактор *М. Н. Суровцева*

Художественный редактор *Г. А. Гуднов*

Технический редактор *Е. М. Соболева*

Корректор *Л. Н. Горбачева*

Сдано в производство 29/XI 1967 г. Подписано к печати 3/VI 1968 г. М-22100. Печ. п. прив. 2,52. Уч.-изд. л. 3,28. Бум. л. 0,75. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 2. Тираж 30 000. Заказ № 1903. Цена 13 коп.

Ленинградское отделение издательства «Энергия», Марсово поле, 1.

Ордена Трудового Красного Знамени Ленинградская типография № 1 «Печатный Двор» имени А. М. Горького Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР, г. Ленинград, Гатчинская ул., 26.

ВВЕДЕНИЕ

Электродвигатели предназначены для преобразования электрической энергии в механическую, причем от электродвигателя требуется определенный вращающий момент и определенная скорость вращения. Поэтому главным признаком неисправности двигателя следует считать несоответствие вращающего момента и скорости вращения ротора паспортным данным двигателя. Неисправность двигателя также оказывает влияние на тепловое состояние его частей и часто проявляется в повышенном уровне шума и вибрации двигателя.

Для более быстрого и правильного определения неисправности следует учитывать все проявления ненормальной работы двигателя. Особенно большую помощь в определении причины неисправности может оказать наблюдение за температурой отдельных частей двигателя и за изменившимся шумом его. Однако описание уровня и тона шума, характерного для различных неисправностей, не отличается точностью и определенностью, поэтому в своевременном обнаружении неисправности двигателя значительную роль играют опыт и производственные навыки обслуживающего персонала

1. НЕДОСТАТОЧНЫЙ ВРАЩАЮЩИЙ МОМЕНТ ДВИГАТЕЛЯ

1-1. Вращение ротора затруднено

Затруднительное вращение ротора, препятствующее пуску двигателя, в большинстве случаев обусловлено механическими причинами. К ним относятся: а) неисправность приводимого механизма (заклинивание его); б) большая нагрузка на двигатель, например, в случае завалов и закупорки в дробилках, мельницах, мешалках, закрытых входных окнах в компрессорах, чрезмерно затянутых сальниках в насосах и пр.

В таких случаях развиваемый двигателем вращающий момент может оказаться недостаточным для приведения в движение соединенного с двигателем механизма. Чтобы убедиться в этом, необходимо отсоединить двигатель от приводимого механизма (если это возможно) и включить его. Нормальная работа двигателя без приводимого механизма может косвенно подтвердить наличие перегрузки.

Вращение ротора может быть затруднено также вследствие механической неисправности двигателя: задевания ротором статора (см. раздел 5), повреждения или большого износа подшипников, перекоса подшипниковых щитов или подшипниковых стоек и пр. Если отключить двигатель, имеющий механическую неисправность от приводимого им во вращение механизма, то пуск по-прежнему будет затруднен.

При затруднительном пуске двигателя по механическим причинам ток во всех линейных проводах, подходящих к статору, одинаковый.

1-2. Пусковой момент у двигателя отсутствует

Отсутствие у двигателя начального пускового момента вызвано электрическими неисправностями. Этими неисправностями могут быть: а) обрывы в сети или пусковой аппаратуре; б) внутренний обрыв в одной фазной обмотке статора при соединении фазных обмоток звездой или в двух фазных обмотках при соединении их треугольником; в) обрыв в двух или трех фазах роторной цепи.

Вращающий момент в асинхронном двигателе образуется в результате взаимодействия вращающегося магнитного поля и токов обмотки ротора. Наличие обрывов в цепи статора или ротора нарушает одно из необходимых условий образования вращающего момента.

При обрыве одного провода сети или фазной обмотки статора токи, протекающие по исправным фазным обмоткам, создают пульсирующее магнитное поле, и начальное значение пускового момента в этом случае равно нулю, т. е. двигатель при неподвижном роторе не развивает вращающего момента.

Ротор можно толкнуть рукой (имеется в виду двигатель небольшой мощности, снабженный шкивом или полумуфтой) и тогда он будет вращаться в направлении толчка.

Если обрыв одного провода сети или внутренний обрыв в обмотке статора произойдет при работе двигателя, то он может продолжать работать, но скорость вращения ротора понизится, а ток значительно увеличится. Отсутствие необходимой защиты двигателя от перегрузки в этом случае приводит к перегреву его обмоток и разрушению изоляции.

При соединении фазных обмоток статора треугольником вращающееся магнитное поле создается и при обрыве в одной фазной обмотке, что обеспечивает наличие начального пускового момента. Однако работа двигателя при получающемся «открытом» треугольнике имеет свои особенности и будет рассмотрена ниже (стр. 16). Здесь же излагаются способы нахождения обрыва при соединении фазных обмоток звездой.

Признаком обрыва в цепи статора является отсутствие тока в поврежденном проводе при включении статора в сеть. Это может быть использовано для выявления провода и фазной обмотки статора, в которых следует искать неисправность.

Дальнейшую проверку можно производить как вольтметром, так и мегомметром или омметром.

Для определения обрыва вольтметром производят включение двигателя в сеть и измеряют напряжение на зажимах статора. При доступной нулевой точке производят измерения фазных напряжений. В случае обрыва, например, в проводе 2 (рис. 1, а) напряжения между зажимами $C1-0$ и $C3-0$ будут одинаковы и равны половине линейного напряжения, а напряжение на зажимах $C2-0$ будет равно нулю. При обрыве в фазной обмотке статора, например, в обмотке $C2-0$ (рис. 1, б), напряжения между зажимами $C1-0$ и $C3-0$ по-прежнему будут равны половине линейного, а между зажимами $C2-0$ примерно 0,87 линейного.

Если нулевая точка обмотки статора недоступна, то в случае обрыва в одном проводе, например, 2 (рис. 1, а) напряжение между зажимами двигателя окажется несимметричным: между зажимами $C1-C3$ напряжение будет равно линейному, а между зажимами $C1-C2$ и $C2-C3$ оно будет равно половине линейного. При обрыве в фазной обмотке статора (рис. 1, б) напряжения между зажимами

$C1 - C2$, $C1 - C3$, $C2 - C3$ будут одинаковы и равны линейному напряжению сети. Таким образом, путем измерения напряжения на зажимах включенного двигателя можно разграничить повреждение линии, подходящей к двигателю, от внутреннего повреждения обмотки статора и выявить, в каком из проводов имеется повреждение. Однако при недоступной нулевой точке не представляется возможным установить, в какой именно фазной обмотке статора имеется обрыв.

Если поврежденный провод линии, подходящей к двигателю, определен, то необходимо проверить целостность предохранителей и исправность

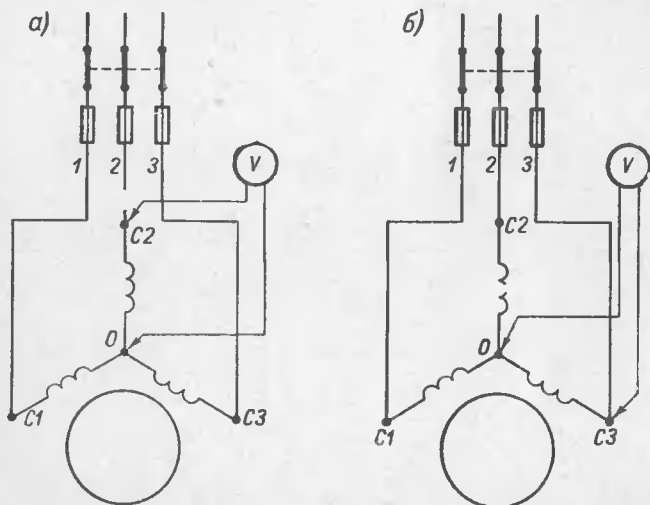


Рис. 1. Нахождение обрывов в линейном проводе (а) и в фазной обмотке статора (б) при помощи вольтметра.

контактов пусковой аппаратуры. Следует иметь в виду, что неодинаковое напряжение между зажимами статора может быть и при целостности всей цепи статора, начиная от вторичной обмотки трансформатора, но при обрыве в одной из фаз его первичной обмотки.

У двигателя с фазной обмоткой ротора необходимо производить измерение напряжения при разомкнутой обмотке ротора. Двигатель с короткозамкнутой обмоткой ротора для измерения напряжения рекомендуется включать в сеть на короткое время во избежание перегрева обмотки статора.

Для определения обрыва в цепи статора при помощи мегомметра или омметра измерения производятся при отключенном рубильнике. Измеряют сопротивление между ножами 1—2, 1—3 и 2—3. В случае обрыва в проводе 2— $C2$ (рис. 2, а) или в фазной обмотке $C2 - O$ измеренное сопротивление между ножами 1—3 будет близким к нулю, так как цепь замкнута через две фазные обмотки и целые провода линии, а между ножами 1—2 и 2—3 сопротивление будет большим (равным сопротивлению изоляции участка сети и обмоток двигателя).

Чтобы установить, где именно имеется обрыв, в сети или в обмотке статора, отсоединяют провода от зажимов двигателя и производят измерение сопротивления между зажимами $C1 - C2$, $C1 - C3$ и $C2 - C3$ статора. При внутреннем обрыве, например, в фазной обмотке $C2 - 0$ (рис. 2, б) сопротивление между зажимами $C1 - C3$ равно нулю, а между зажимами $C1 - C2$ и $C2 - C3$ — большой величине (сопротивлению изоляций между обмотками).

Если фазная обмотка статора, имеющая обрыв, установлена, то дальнейшее определение места повреждения можно произвести при помощи вольтметра, мегомметра или омметра.

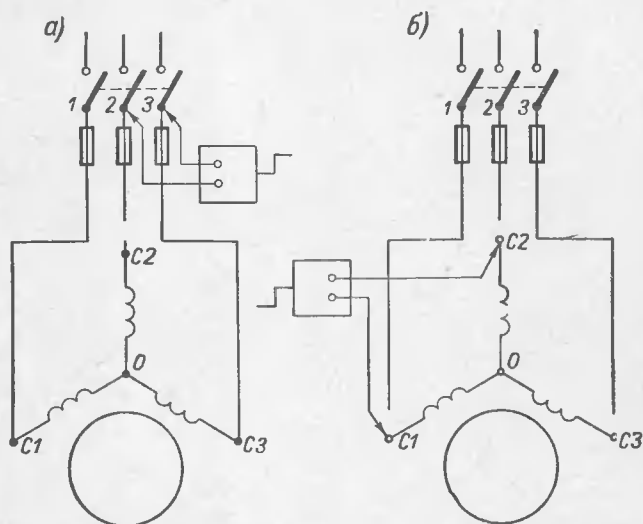


Рис. 2. Нахождение обрывов в линейном проводе (а) и в фазной обмотке статора (б) при помощи мегомметра.

Поврежденную фазную обмотку присоединяют к сети, напряжение которой не должно превышать фазного напряжения двигателя, и измеряют напряжение на концах катушечных групп (рис. 3). На концах катушки с обрывом вольтметр покажет полное напряжение сети, в то время как на концах исправных катушек напряжение равно нулю. Вместо вольтметра можно воспользоваться лампочкой, которая будет гореть, если ее присоединить к концам поврежденной катушки. Для удобства можно один провод от вольтметра (или лампочки) присоединить к зажиму поврежденной фазной обмотки, а второй присоединять поочередно к местам соединения катушечных групп, начиная со второго конца обмотки. При переходе через поврежденную катушку стрелка вольтметра перестанет отклоняться (а лампочка погаснет).

Для включения прибора (или лампочки) к месту соединения катушечных групп целесообразно пользоваться острыми щупами (иглами), которыми прокалывают изоляцию в нужных местах. Щупы должны иметь рукоятки из изолирующего материала. После проверки необходимо восстановить изоляцию в местах проколов.

При использовании мегомметра или омметра для определения места повреждения обмотки производят измерение сопротивления отдельных катушечных групп. Сопротивление целых катушечных групп очень мало, в то время как сопротивление катушечной группы, содержащей катушку с обрывом, будет большим (равным сопротивлению изоляции части обмотки).

При обрыве в цепи ротора (двух или трех фаз) в линейных проводах статора, включенного в сеть, величина тока одинакова.

Для того чтобы установить место обрыва, можно измерить напряжение на зажимах ротора. Если вольтметр показывает одинаковое напряжение между зажимами, то обрыв находится во внешней цепи ротора и необходимо проверить целостность соединительных проводов и реостата. Если напряжение на зажимах ротора равно нулю, то повреждена обмотка ротора. В этом случае необходимо особое внимание обратить на исправность скользящего контакта между щетками и кольцами и на соединение обмотки с контактными кольцами.

Обрыв в цепи ротора можно установить также при помощи мегомметра или омметра. В этом случае целесообразно отсоединить внешнюю цепь от зажимов ротора и поочередно измерить сопротивление между зажимами ротора, а затем между проводами внешней цепи. Большое сопротивление указывает на наличие обрыва в проверяемой цепи.

Дальнейшая проверка обмотки ротора с целью выявления поврежденных фазных обмоток и места обрыва производится так же, как обмотки статора. Для этой цели может быть использован вольтметр, лампочка, мегомметр или омметр. Применение мегомметра или омметра удобнее, так как в этом случае не требуется источник электроэнергии с напряжением, соответствующим напряжению ротора.

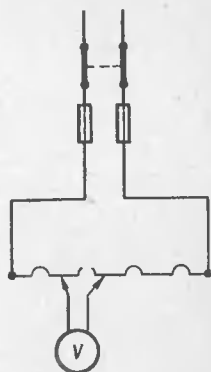


Рис. 3. Нахождение катушечной группы, имеющей обрыв.

1-3. Двигатель имеет устойчивое неподвижное положение ротора [ротор «прилипает»]

Эта неисправность характеризуется тем, что при включении двигателя в сеть ротор занимает устойчивое неподвижное положение («прилипает»). Возможны две причины отмеченной неисправности: а) неблагоприятное соотношение между числом пазов статора и ротора для данного числа полюсов двигателя; б) задевание ротором статора вследствие одностороннего магнитного притяжения.

Первая причина приводит, как правило, к нескольким устойчивым положениям ротора. Если установить ротор в другое положение и повторно включить двигатель в сеть, то в большинстве случаев происходит поворот ротора на небольшой угол до следующего устойчивого положения. Описанное явление наблюдается главным образом в двигателях с короткозамкнутой обмоткой ротора.

В новых двигателях этот недостаток не встречается, так как при изготовлении двигателей принимаются меры для исключения тормозных моментов при неподвижном роторе путем выбора соответствующего числа пазов ротора и статора или выполнения скоса пазов.

Прилипание ротора возможно в двигателях, у которых заменена обмотка статора для получения другой скорости вращения без учета необходимого соотношения числа пазов ротора и статора для нового числа полюсов.

Устранение этой причины прилипания ротора является трудной задачей. В некоторых случаях удастся восстановить хорошие пусковые характеристики двигателя, если разрезать в нескольких местах короткозамыкающие кольца или же уменьшить сечение отдельных стержней беличьей клетки ротора.

Прилипание ротора вследствие одностороннего магнитного притяжения, как правило вызывается нарушением равномерности зазора между статором и ротором (см. стр. 31).

1-4. Двигатель имеет устойчивую низкую скорость вращения ротора (ротор «застревает»)

Эта неисправность чаще всего имеет место в асинхронных двигателях с короткозамкнутой обмоткой ротора. Устойчивая скорость вращения ротора при пуске двигателя под нагрузкой получается в несколько раз меньше номинальной. Чаще всего она составляет $\frac{1}{7}$ часть номинальной скорости вращения. При пуске двигателя без нагрузки ротор обычно достигает номинальной скорости вращения и последующая нагрузка двигателя не вызывает осложнений его работы.

Указанные затруднения при пуске обусловлены наличием тормозных моментов, вызванных высшими гармоническими магнитного поля, которые приводят к значительному уменьшению вращающего момента при низких скоростях вращения ротора. Эти тормозные моменты почти не влияют на величину максимального момента двигателя, так что нагрузка двигателя при вращающемся роторе не нарушает нормальной работы двигателя.

Так же как и «прилипание» ротора, застревание его обычно наблюдается после замены обмотки статора с целью получения другой скорости вращения без учета необходимого соотношения чисел пазов ротора и статора для нового числа полюсов. Иногда эта неисправность может быть устранена выбором подходящего укорочения шага обмотки статора.

В двигателях с фазной обмоткой ротора в некоторых случаях наблюдается устойчивая скорость вращения, равная половине номинальной. Эта неисправность вызывается появлением тормозного момента вследствие обрыва одной фазы ротора. Обрыв может быть в обмотке ротора, в проводе, соединяющем щетки с реостатом, в реостате и пр. Однако более вероятным является нарушение целостности соединений отдельных элементов цепи ротора, поэтому прежде всего следует проверить все контакты, в том числе и скользящие, у двигателя и у реостата. Место обрыва цепи можно установить одним из описанных ранее способов.

1-5. При пуске двигателя ротор имеет малое ускорение (медленно «набирает» скорость)

Это явление сопровождается значительным шумом низкого тона и вибрациями двигателя. Величина тока в линейных проводах статора различна и при холостом ходе иногда превышает номинальное значение. Эта неисправность является следствием неправильного соединения отдельных фазных обмоток статора между собой, например, когда одна из фазных обмоток «перевернута», т. е. к соответствующей точке схемы присоединено начало фазной обмотки вместо ее конца.

Это чаще всего наблюдается у двигателей, имеющих шесть выводов для соединения их звездой или треугольником, чтобы привести в соответствие линейное напряжение двигателя с напряжением сети.

Если двигатель находился в ремонте, то возможно ошибочное внутреннее соединение фазных обмоток статора при наличии только трех выводов (для одного линейного напряжения).

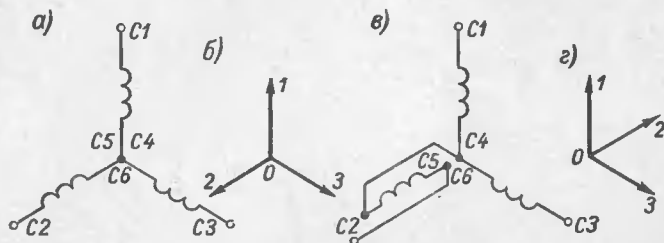


Рис. 4. Соединение фазных обмоток звездой: а — правильное включение обмоток; б — правильное расположение магнитных осей фазных обмоток; в — неправильное включение обмоток; г — неправильное расположение магнитных осей обмоток.

Кроме того, указанная неисправность может возникнуть в случае неправильного присоединения концов обмоток статора к переключателю при использовании иногда применяемого способа пуска переключением с треугольника на звезду.

На рис. 4 показано правильное (а) и неправильное (в) соединение фазных обмоток статора звездой, а на рис. 5 — правильное (а)

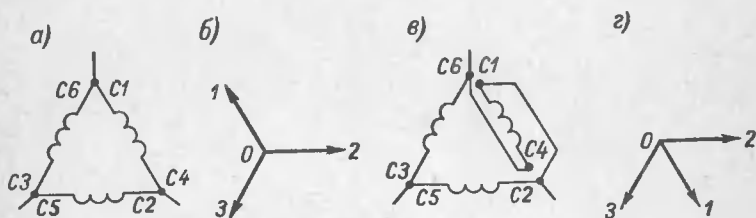


Рис. 5. Соединение фазных обмоток треугольником: а — правильное включение обмоток; б — правильное расположение магнитных осей фазных обмоток; в — неправильное включение обмоток; г — неправильное расположение магнитных осей обмоток.

и неправильное (в) соединение треугольником. Обозначения на этих схемах даны в соответствии с ГОСТ 183-66. Начало и конец первой фазной обмотки обозначены соответственно через C1 и C4, второй фазной обмотки — C2 и C5 и третьей фазной обмотки — C3 и C6.

Для соединения фазных обмоток звездой обычно концы обмоток C4, C5 и C6 объединяют в общую точку, а начала C1, C2 и C3 включают в сеть (рис. 4, а). Направление магнитных осей фазных обмоток для этого случая показано на рис. 4, б. Можно также выполнить соединение звездой, объединяя в общую точку начала обмоток C1, C2 и C3 и включая в сеть концы обмоток C4, C5 и C6. На рис. 4, в

показано соединение обмоток звездой, когда фазная обмотка С2 — С5 «перевернута», а на рис. 4, з — направление магнитных осей фазных обмоток для этого случая.

Для соединения фазных обмоток треугольником объединяют конец одной фазной обмотки с началом другой, например, конец первой обмотки С4 с началом второй обмотки С2, конец второй обмотки С5 с началом третьей обмотки С3 и конец третьей обмотки С6 с началом первой обмотки С1 (рис. 5, а). Направление магнитных осей фазных обмоток показано на рис. 5, б. Сеть включается к общим точкам обмоток. На рис. 5, в показано соединение обмоток треугольником, когда фазная обмотка С1 — С4 «перевернута», а на рис. 5, г — направление магнитных осей фазных обмоток для этого случая. Соединение треугольником может быть выполнено и при другом порядке

объединения начал и концов фазных обмоток, например, С1—С5, С2—С6 и С3—С4.

Для правильного включения фазных обмоток следует начала и концы соединить по схеме, приложенной к двигателю, либо по маркировке концов обмоток в соответствии с изложенным. Если эти данные отсутствуют, то правильность соединения фазных обмоток может быть проверена индуктивным методом или же путем нескольких пробных включений в сеть после соответствующих изменений соединения фазных обмоток.

Первый из этих способов является наиболее простым и удобным. Сначала необходимо разъединить все фазные об-

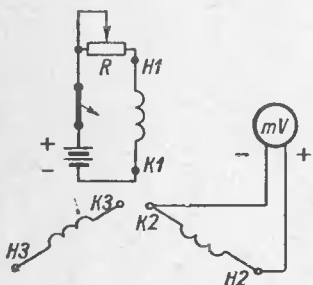


Рис. 6. Определение начал и концов фазных обмоток индуктивным методом.

мотки и мегомметром, омметром или лампочкой определить принадлежность выводов отдельным фазным обмоткам. Одновременно следует произвести условную маркировку начал и концов фазных обмоток, например, начало первой фазной обмотки Н1, конец ее — К1, начало второй фазной обмотки Н2, конец ее — К2 и соответственно третьей фазной обмотки Н3 и К3. Затем к одной фазной обмотке присоединяют источник постоянного тока (рис. 6). Так как активное сопротивление обмоток небольшое, то источником постоянного тока может служить аккумулятор напряжением 2—4 в. В момент включения или отключения рубильника в двух других фазных обмотках наводится электродвижущая сила. Ее направление определяется полярностью концов фазной обмотки, присоединенной к источнику постоянного тока, и производимой операцией — включением или отключением рубильника. Если к принятому началу первой фазной обмотки Н1 присоединится плюс аккумулятора, то при отключении рубильника на соответствующих началах двух других обмоток получается также плюс. Таким образом, пользуясь милливольтметром можно установить начало и конец двух других фазных обмоток в соответствии с принятым началом и концом первой фазной обмотки. При очень большом отклонении стрелки милливольтметра необходимо последовательно с первой фазной обмоткой включить реостат R для уменьшения тока. После того, как установлены начала и концы фазных обмоток, целесообразно произвести четкую маркировку их в соответствии с ГОСТ 183-66.

При пользовании методом пробных включений двигателя в сеть сначала нужно также установить принадлежность выводов отдельным фазным обмоткам и сделать условные обозначения начал и концов этих обмоток, как указано выше. Для уменьшения нагревания двига-

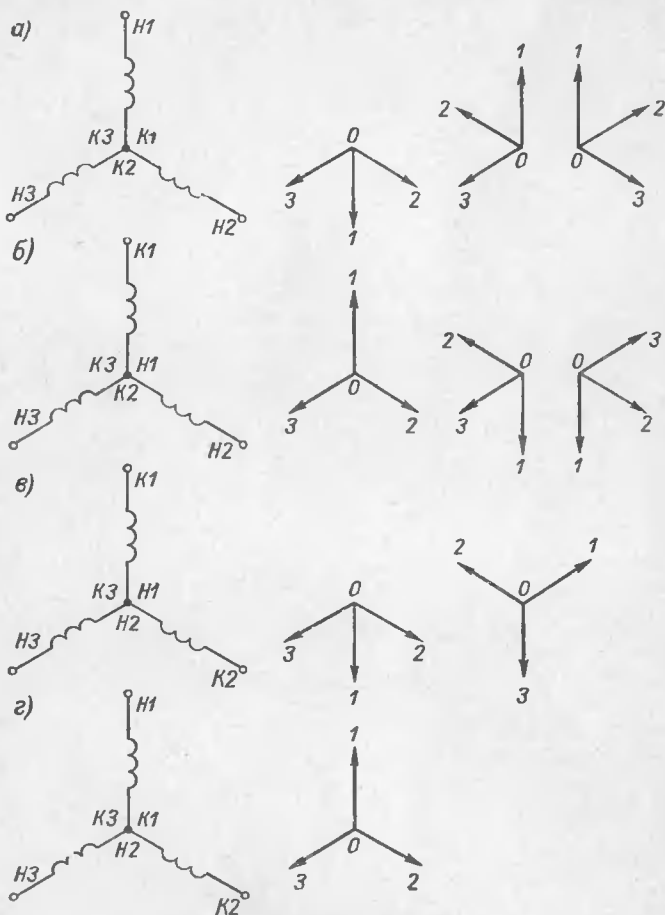


Рис. 7. Проверка правильности соединения фазных обмоток методом пробных включений: а — соединение обмоток звездой в соответствии с условным обозначением начал и концов обмоток; б — изменено включение фазной обмотки 1; в — изменено включение фазных обмоток 1 и 2; г — восстановлено первоначальное включение фазной обмотки 1.

теля целесообразно включать двигатель на пониженное напряжение. Иногда можно воспользоваться возможностью соединить фазные обмотки статора звездой, если напряжение сети соответствует соединению обмоток треугольником. Таким образом можно соединить в

общую точку условные концы фазных обмоток K1, K2 и K3, а условные начала их H1, H2 и H3 включить в сеть. Если при таком включении наблюдается описанная в начале параграфа неисправность двигателя, то равновероятны три варианта расположения магнитных осей обмоток (рис. 7, а). В этом случае меняют местами выводы первой фазной обмотки, т. е. к общей точке присоединяют условное начало обмотки H1, а к сети — условный конец ее K1 (рис. 7, б). Только первый вариант нового расположения магнитных осей фазных обмоток обеспечивает нормальный пуск двигателя. Второй и третий варианты соответствуют неправильному расположению магнитных осей обмоток, поэтому пересоединяют также концы второй фазной обмотки. Нормальный пуск двигателя будет происходить при последнем из двух вариантов расположения магнитных осей (рис. 7, в). Если получено

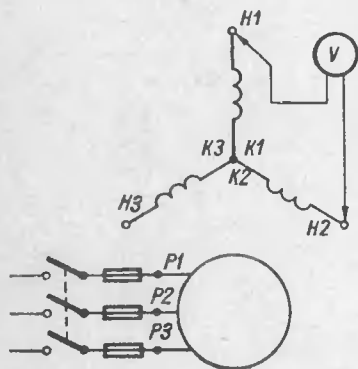


Рис. 8. Определение начал и концов фазных обмоток статора при включении в сеть обмотки ротора.

неправильное расположение магнитных осей обмоток, то выполняют последнее из возможных соединений, т. е. меняют местами конец и начало первой фазной обмотки (рис. 7, г). Все перечисленные соединения возможны, но только один из вариантов в каждом соединении является правильным, обеспечивающим нормальный пуск двигателя. При правильном соединении обмоток в общей точке находятся все действительные начала (или концы) фазных обмоток. Это позволяет произвести правильную маркировку концов фазных обмоток.

Если неисправность не устраняется ни при одном из указанных соединений, то следует предположить, что имеется ошибка в соединениях катушек отдельных фазных обмоток.

В двигателе с фазной обмоткой статора правильное соединение фазных обмоток статора может быть установлено, если обмотку ротора включить в сеть с напряжением, не превышающим указанного в паспорте двигателя для ротора. Предварительно должна быть установлена принадлежность выводов отдельным фазным обмоткам и выполнено соединение звездой по условной маркировке начал и концов (рис. 8). После включения обмотки ротора в сеть измеряют напряжения между условными началами фазных обмоток статора. Если три измеренные напряжения различны, то необходимо отключить обмотку ротора от сети и поменять местами начало и конец той фазной обмотки, для которой получаются два одинаковых (меньших) значения напряжения. После этого необходимо снова проверить напряжение между свободными концами фазных обмоток статора. Целесообразно повторить это измерение для трех-четырех различных положений ротора. При правильном соединении фазных обмоток статора в звезду и исправных обмотках напряжения между действительными началами фазных обмоток будут одинаковы. Если все же измеренное напряжение получается различным, то необходимо проверить правильность отдельных фазных обмоток.

1-6. Вращающий момент двигателя пульсирующий

Скорость вращения ротора ниже номинальной и сильно колеблется даже при малой нагрузке. Ток в линейных проводах пульсирующий. Причиной неисправности является плохой контакт в цепи ротора. Если неисправность появилась при работе двигателя, то его скорость вращения даже при небольшой нагрузке становится ниже номинальной.

Пульсации тока статора соответствуют частоте скольжения. При увеличении нагрузки, следовательно, и скольжения, частота пульсаций также увеличивается. Одновременно с пульсациями тока в статоре происходит колебание скорости вращения ротора. Если, например, скорость вращения ротора шестиполюсного двигателя колеблется в пределах 920—960 об/мин, то число колебаний тока составляет 80—40 в минуту ($1\frac{1}{3}$ — $2\frac{2}{3}$ гц). Эти колебания тока можно заметить в стрелке амперметра. К колебаниям тока часто присоединяются периодические вибрации и шум низкого тона, частота которых также повышается с увеличением скольжения.

В короткозамкнутой обмотке ротора плохой контакт может появиться в местах соединения стержней ротора с короткозамыкающими кольцами вследствие плохой пайки или сварки. Иногда наблюдается отрыв стержней от короткозамыкающих колец в одном или нескольких местах. Разрыв отдельных стержней ротора может произойти и в пазовой части, чаще всего такой разрыв наблюдается в роторах с глубокими пазами вследствие неравномерности нагревания стержней. Разрыв стержней может наблюдаться также и при литой беличьей клетке.

При фазной обмотке ротора плохой контакт может иметь место в различных частях роторной цепи: а) в щеточном аппарате, б) в контактах механизма короткого замыкания ротора и подъема щеток, в) в контактах реостата, г) в соединениях между щеткодержателями и реостатом, д) в соединениях обмотки с контактными кольцами, е) в пайках лобовых частей обмотки, а также в переходных соединениях между нижними и верхними стержнями.

Для того чтобы установить наличие плохого контакта или обрыва в роторной цепи двигателей небольшой мощности, производят следующий опыт. Ротор затормаживают и к статорной обмотке подводят пониженное напряжение (0,2—0,3 номинального). Затем ротор медленно поворачивают и наблюдают за величиной тока в одной или нескольких фазных обмотках статора. При исправной обмотке ротора ток в обмотке статора будет почти одинаковым. В случае плохого контакта или обрыва роторной цепи ток будет изменяться в зависимости от положения ротора.

Для выявления плохих контактов как в стержнях ротора и короткозамыкающих колец, так и в роторной цепи роторов с фазной обмоткой необходим тщательный осмотр, но место плохого контакта в некоторых случаях очень трудно обнаружить. Плохой контакт в соединениях лобовых частей (хомутиках) фазной обмотки ротора можно определить путем измерения падения напряжения, так как при плохой пайке увеличивается сопротивление контакта. Для нахождения недоброкачественной пайки в хомутиках производят поочередное измерение падения напряжения на каждом соединении лобовых частей обмотки. Постоянный ток можно подвести непосредственно к лобовым соединениям, как указано на рис. 9. Источником постоянного тока служит аккумулятор 1, величина тока регулируется реостатом 2 и измеряется амперметром. Присоединение проводов от аккумулятора к стержням

обмотки производится пружинными зажимами 3. Измерительная цепь состоит из милливольтметра и двух щупов 4. Величина тока устанавливается такой, чтобы отклонение стрелки милливольтметра давало возможность определить падение напряжения.

Для того чтобы ускорить процесс измерения можно присоединить аккумулятор к кольцам ротора и производить измерение падения напряжения для двух фазных обмоток. При этом отклонения стрелки милливольтметра для одной фазной обмотки будут в противоположную сторону по сравнению с другой и поэтому при переходе с одной фазной обмотки на другую щупы необходимо менять местами. После пересоединения одного из проводов к третьему кольцу можно измерить падение напряжения в лобовых соединениях третьей фазной обмотки.

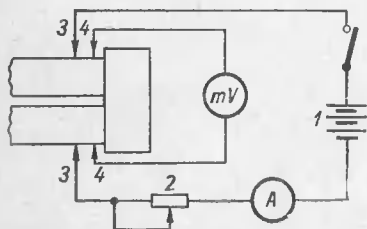


Рис. 9. Нахождение недоброкачественных паяк хомутиков обмотки ротора.

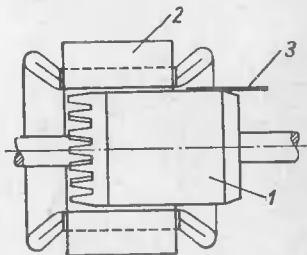


Рис. 10. Нахождение обрыва стержня обмотки ротора.

Места плохих паяк выявляются по повышенному падению напряжения. Пайки могут считаться удовлетворительными, если падение напряжения в них превышает падение напряжения в хороших пайках не более чем на 10%.

Наличие обрыва в пазовой части стержня короткозамкнутой обмотки ротора может быть установлено следующим образом. Ротор 1 несколько выдвигают из статора 2 (рис. 10) и надежно предохраняют от поворачивания (например, путем забивки небольших деревянных клиньев в зазор между ротором и статором). Обмотка статора включается на пониженное напряжение (0,2—0,3 номинального). На каждый паз выступающей части ротора накладывается тонкая стальная пластинка 3, перекрывающая два зубца ротора. Когда пластинка перекрывает пазы со стержнями без обрывов, она притягивается и дребезжит. Как только пластинка перекроет паз с оборванным стержнем, притяжение и дребезжание пластинки исчезнут и станут значительно слабее.

1-7. Пониженный вращающий момент двигателя при одинаковых токах в линейных проводах

Причинами неисправности являются: а) пониженное напряжение на зажимах статора, б) соединение обмотки статора звездой вместо соединения треугольником, в) слишком большое сопротивление в цепи фазного ротора.

Одной из причин пониженного напряжения на зажимах двигателя является общая перегрузка электрической сети. Так как в асинхронных двигателях вращающий момент пропорционален напряжению во

второй степени, то понижение напряжения при постоянном моменте нагрузки приводит к уменьшению скорости вращения ротора. Это уменьшение скорости вращения зависит также от сопротивления обмотки ротора: при малом сопротивлении (например, при фазной обмотке) уменьшение скорости вращения незначительно, а при большом сопротивлении (беличья клетка ротора двигателя небольшой мощности) становится очень заметным.

Эту причину легко обнаружить путем измерения напряжения на зажимах двигателя. Иногда можно повысить напряжение путем переключения соответствующих зажимов трансформатора.

Ошибочное включение фазных обмоток статора звездой вместо треугольника приспособливает обмотку статора на напряжение, в

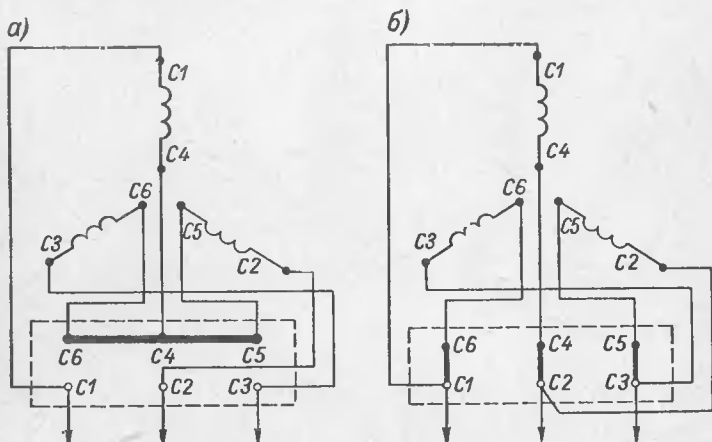


Рис. 11. Расположение выводов фазных обмоток статора: а — перемычки установлены для соединения обмоток звездой; б — треугольником.

1,73 раза большее. Например, если двигатель при соединении фазных обмоток треугольником предназначен для включения в сеть 220 в, то при соединении обмоток звездой номинальным для двигателя становится напряжение 380 в, и прежнее напряжение сети 220 в будет для двигателя пониженным. Вращающий момент в этом случае уменьшается в три раза и может оказаться недостаточным для пуска двигателя или его работа будет происходить при пониженной скорости вращения ротора.

Если обмотка статора имеет шесть выводных концов, то по внешнему виду соединений фазных обмоток можно определить, звездой или треугольником выполнено соединение. В коробке зажимов выводы обмотки статора располагаются в два ряда, в одном ряду концы обмотки, в другом их начала (рис. 11). Начала и концы отдельных фазных обмоток смещены относительно друг друга. Для соединения фазных обмоток звездой все зажимы верхнего ряда объединяются перемычками, а зажимы нижнего ряда включаются в сеть (рис. 11, а). При соединении треугольником перемычками объединяются попарно зажимы верхнего и нижнего рядов и к общим точкам фазных обмоток подводятся провода сети (рис. 11, б). Если выводы выполнены

свободными гибкими проводами, пропущенными через три отверстия корпуса двигателя, то при соединении фазных обмоток звездой три провода (по одному из каждого отверстия) объединяются в общую точку, а остальные три конца присоединяются к сети. Соединение фазных обмоток треугольником осуществляется таким образом, что объединяются между собой каждые два провода из разных отверстий. к обобщим точкам фазных обмоток присоединяются провода сети.

Уменьшение скорости вращения ротора может быть вызвано также увеличенным сопротивлением цепи ротора с фазной обмоткой. Это объясняется тем, что для получения необходимой величины тока ротора (определяемой нагрузкой двигателя) при повышении сопротивления требуется увеличенная э. д. с. обмотки ротора и, следовательно, большая скорость пересечения проводниками ротора магнитного потока. Эта неисправность характерна для двигателей с постоянно налегающими щетками.

Выявить указанную причину пониженной скорости вращения ротора можно измерением сопротивления участка цепи ротора: соединительных проводов между щетками и реостатом и остающейся постоянно включенной части реостата или же измерением падения напряжения на этом участке роторной цепи. Измерение падения напряжения осуществляется проще, так как не требуется разъединять цепь ротора.

Для уменьшения сопротивления роторной цепи необходимо максимально приблизить реостат к двигателю и увеличить сечение проводов между щетками ротора и реостатом.

1-8. Пониженный вращающий момент двигателя при различных токах в пинейных проводах

Это явление сопровождается увеличенным шумом и вибрацией двигателя. Причиной неисправности является обрыв в одной фазной обмотке статора при соединении фазных обмоток треугольником (рис. 12, а). В этом случае получается так называемый открытый треугольник, при котором образуется вращающееся магнитное поле и создается пусковой момент электродвигателя. Но так как энергия подводится только к двум фазным обмоткам, то мощность двигателя понижается.

При этой неисправности ток в одном из линейных проводов, измеряемый амперметром A_1 (рис. 12) при номинальной нагрузке двигателя, на 0,73 больше, чем в двух других. Нагревание двигателя при малой нагрузке может оставаться в пределах допустимого, однако фазная обмотка, имеющая обрыв, остается холодной.

Наличие обрыва в одной из фазных обмоток легко можно установить, если к зажимам двигателя выведены все шесть концов фазных обмоток. Тогда путем измерения сопротивления отдельных фазных обмоток одним из известных способов, например, мегомметром (рис. 12, б) или проверкой контрольной лампочкой можно выявить поврежденную фазную обмотку. Если соединения фазных обмоток выполнены внутри двигателя, то обрыв можно обнаружить путем измерения сопротивления между зажимами. Из трех измерений две величины сопротивления будут одинаковы, а третье измерение дает вдвое большее сопротивление. Обрыв может быть обнаружен также путем измерения тока, если поочередно к зажимам двигателя подводить однофазное номинальное напряжение. Когда к сети окажутся при-

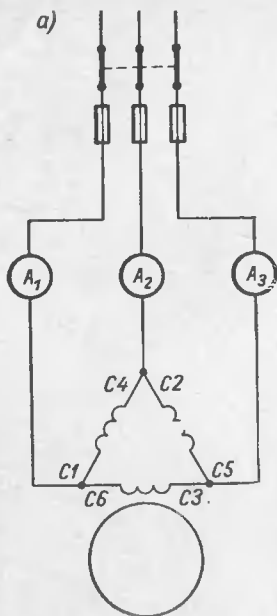
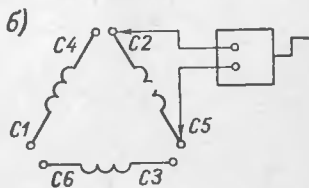


Рис. 12. Нахождение обрыва фазной обмотки при соединении треугольником: а — при помощи амперметра; б — при помощи мегомметра.



соединенными жазимы с поврежденной обмоткой, ток будет значительно меньше.

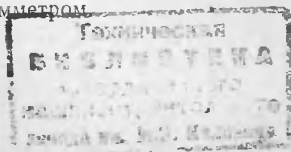
Если выявлена поврежденная фазная обмотка, то дальнейшее нахождение места обрыва производится как указано на стр. 6.

1-9. Наличие вращающего момента у двигателя с разомкнутой обмоткой ротора

Вероятными причинами возникновения вращающего момента при разомкнутой внешней цепи ротора являются: а) короткое замыкание в обмотке ротора, б) наличие значительных вихревых токов и гистерезиса в сердечнике ротора.

Если причиной неисправности является короткое замыкание, то при пуске ротор медленно разворачивается и его обмотка заметно нагревается в отдельных местах. Как уже отмечалось, для создания вращающего момента необходимо участие двух фазных обмоток ротора, следовательно замыкание должно быть между двумя фазными обмотками непосредственно или через сердечник ротора. Короткие замыкания могут быть между хомутиками лобовых соединений обмотки, между отдельными стержнями в пазу или между стержнями и сердечником ротора.

Для выявления места короткого замыкания необходимо тщательно осмотреть ротор и проверить, не касаются ли друг друга соседние хомутки лобовых соединений, нет ли между ними припоя, оставшегося после пайки. Целость изоляции между обмоткой и сердечником ротора проверяется мегомметром.



Если внешний осмотр и измерение сопротивления изоляции обмотки не позволяют установить место короткого замыкания, то следует проверить нагревание обмотки заторможенного ротора при включении двигателя в сеть. Короткозамкнутые части обмоток нагреваются значительно сильнее остальных частей и это может быть обнаружено на ощупь. Проверку нагревания обмотки следует производить только при отключенном от сети двигателе, так как в обмотке ротора даже низковольтного двигателя может появиться высокое напряжение, опасное для жизни.

Иногда ротор начинает вращаться и при исправной обмотке вследствие образования вращающего момента за счет гистерезиса и вихревых токов. Этот вращающий момент незначителен, так как вихревые токи, возникающие в сердечнике ротора, собранном из изолированных листов стали, малы, но все же могут оказаться достаточными для вращения ротора без нагрузки. При включении двигателя в сеть никаких ненормальных явлений не наблюдается, и при легком торможении ротор останавливается.

2. ПОВЫШЕННОЕ НАГРЕВАНИЕ АКТИВНЫХ ЧАСТЕЙ ДВИГАТЕЛЯ

2-1. Равномерное повышенное нагревание частей двигателя

Причинами недопустимого равномерного превышения температуры обмоток статора и ротора или сердечника статора могут быть: а) перегрузка, б) отклонение напряжения сети от номинального, в) ухудшение условий охлаждения.

При перегрузке двигателя возрастает ток в обмотках статора и ротора, что вызывает интенсивное нагревание обмоток, причем температура обмоток увеличивается в значительно большей степени, чем ток, так как нагревание проводника пропорционально выделяющейся в нем тепловой энергии $I^2 r$, где I — величина тока, а r — сопротивление проводника.

Наиболее чувствительной к нагреванию частью является электрическая изоляция, которая в значительной мере определяет надежность работы и срок службы электродвигателя. Изоляционные материалы по теплостойкости, согласно ГОСТ 8865-58, делятся на семь классов и для каждого класса установлена предельная рабочая температура. В асинхронных двигателях наиболее часто применяются изоляционные материалы трех классов: А, Е и В, предельные рабочие температуры для них установлены соответственно 105, 120 и 130°С.

К классу А относятся следующие изоляционные материалы, пропитанные лаками: ленты из хлопчатобумажной пряжи, шелковая пряжа, различные лакоткани, капрон, электротехнический картон, гетинакс, текстолит, дерево, эмаль органическая, лаки пропиточные асфальтовые и масляные.

Класс Е основан на новых синтетических смолах: поливинилацеталевых, полиуретановых, эпоксидных, полиэфирных и др. К материалам класса Е относятся эмали для покрытия проводов (винифлекс, металвин), синтетические пленки (лавсан) и др.

Класс В объединяет изоляционные материалы неорганического происхождения (слюда, асбест, стекловолокно, миканит, микафоль, микалента, микалекс, стеклоткань и др.), пропиточные и покровные лаки повышенной теплостойкости.

В случае превышения установленной предельной рабочей температуры происходит резкое сокращение срока службы изоляции. Изоляция соприкасается одной стороной с нагретыми проводниками обмотки и другой — с сердечником, поэтому ГОСТ 183-66 устанавливает предельные превышения температуры этих частей электрической машины при ее работе (табл. 1).

Таблица 1

Пределы превышений температуры отдельных частей асинхронных двигателей

Наименование частей двигателя	Класс изоляционного материала					
	А		Е		В	
	Допускаемое превышение температуры при способе измерения по					
	изменению сопроти- вления	термомет- ру	изменению сопроти- вления	термомет- ру	изменению сопроти- вления	термомет- ру
Обмотки переменного тока машин мощностью менее 5000 ква или с длиной сердечника менее 1 м	60	50	75	65	80	70
Стержневые обмотки роторов	65	65	80	80	90	90
Стальные сердечники и другие части, соприкасающиеся с обмотками	—	60	—	70	—	80

Указанные предельные превышения температуры частей электрических машин относятся к температуре газообразной охлаждающей среды +40° С и высоте над уровнем моря не более 1000 м для машин продолжительного номинального режима работы, для повторно-кратковременных номинальных режимов работы и для перемежающихся номинальных режимов работы. Предельные допускаемые превышения температуры частей электрических машин, предназначенных для кратковременного номинального режима работы, могут быть выше указанных на 10° С.

Превышения температуры даны с учетом способа измерения температуры: по изменению сопротивления обмотки или термометром. Определение температуры обмотки по изменению ее сопротивления дает более близкое значение температуры к действительной по сравнению с измеренной термометром, поэтому допускаемое превышение температуры для первого способа больше чем для второго.

Для определения температуры обмотки по изменению сопротивления ее необходимо произвести два измерения сопротивления обмотки: в холодном состоянии (R_x) при известной температуре ϑ_x и в нагретом состоянии (R_r) при определяемой температуре ϑ_r , тогда температура обмотки в нагретом состоянии вычисляется по формуле

$$\vartheta_r = \frac{R_r - R_x}{R_x} (235 + \vartheta_x) + \vartheta_x.$$

Превышение температуры обмотки θ равно разности величины вычисленной температуры θ_r и величины измеренной температуры окружающего воздуха θ_0 , т. е. $\theta = \theta_r - \theta_0$.

Измерение температуры обмотки или сердечника можно произвести ртутным или спиртовым термометром. Конец термометра, обернутый фольгой, прикладывается к месту измерения температуры. Поверх фольги накладывается кусок ваты для предохранения термометра от охлаждения потоком воздуха. Желательно термометр устанавливать вертикально. При измерении температуры стальных сердечников и обмоток с большим током рекомендуется применять спиртовой термометр, так как под влиянием вихревых токов ртуть может дополнительно нагреться и показание ртутного термометра не будет соответствовать действительной температуре.

Недопустимое превышение температуры частей двигателя может произойти также при отклонении режима его работы от номинального. Если двигатель предназначен для повторно-кратковременных режимов работы (например, в крановых установках), то увеличение продолжительности включения против номинальной или же увеличение частоты включений ведет к повышенному нагреванию его.

ГОСТ 183-66 устанавливает восемь номинальных режимов электрических машин, из них четыре основных режима и четыре рекомендуемых при необходимости и возможности уточнения условий работы электрической машины. К основным номинальным режимам работы относятся: а) продолжительный, условное обозначение $S1$, б) кратковременный ($S2$) с длительностью периода неизменной номинальной нагрузки 10, 30, 60 и 90 мин, в) повторно-кратковременный ($S3$) с относительной продолжительностью включения (PB) 15, 25, 40 и 60%, продолжительность одного цикла, если нет других указаний, принимают равной 10 мин и г) перемежающийся ($S6$) с относительной продолжительностью нагрузки (PN) 15, 25, 40 и 60%, продолжительность одного цикла, если нет других указаний, принимают равной 10 мин. К рекомендуемым номинальным режимам работы относятся: а) повторно-кратковременный с частыми пусками ($S4$) с PB 15, 25, 40 и 60%, числом включений в час 30, 60, 120 и 240 при коэффициенте инерции (FI) 1,2; 1,6; 2,5 и 4, б) повторно-кратковременный с частыми пусками и электрическим торможением ($S5$) с PB 12, 25, 40 и 60%, числом включений в час 30, 60, 120 и 240 при коэффициенте инерции (FI) 1,2; 1,6; 2,5 и 4, в) перемежающийся с частыми реверсами при электрическом торможении ($S7$) с числом реверсов в час 30, 60, 120 и 240 при коэффициенте инерции (FI) 1,2; 1,6; 2,5 и 4 и г) перемежающийся с двумя или более скоростями вращения ($S8$) с числом циклов в час 30, 60, 120 и 240 при коэффициенте инерции (FI) 1,2; 1,6; 2,5 и 4. Продолжительность нагрузки (PN) на каждой из скоростей вращения устанавливается по согласованию между потребителем и поставщиком.

При продолжительном номинальном режиме работы электрической машины неизменная номинальная нагрузка машины продолжается столько времени, что превышения температуры всех частей электрической машины при неизменной температуре охлаждающей среды достигают практически установившихся значений.

При кратковременном номинальном режиме работы периоды неизменной номинальной нагрузки чередуются с периодами отключения машины. За период нагрузки превышения температуры всех частей машины при практически неизменной температуре охлаждающей среды

не достигают установившихся значений, а за периоды остановки все части ее приходят в практически холодное состояние.

При повторно-кратковременном номинальном режиме работы кратковременные периоды неизменной номинальной нагрузки (рабочие периоды) чередуются с периодами отключения машины (паузами). Как за рабочий период, так и за время паузы превышения температуры отдельных частей электрической машины при практически неизменной температуре охлаждающей среды не достигают установившихся значений. Повторно-кратковременный номинальный режим работы характеризуется относительной (в процентах) продолжительностью включения (*ПВ*), которая равна отношению длительности рабочего периода к длительности одного цикла (времени работы). Пусковые потери практически не оказывают влияния на превышения температуры отдельных частей машины.

При перемежающемся номинальном режиме работы кратковременные периоды неизменной номинальной нагрузки (рабочие периоды) чередуются с периодами холостого хода (паузами). Как за рабочий период, так и за время паузы превышения температуры отдельных частей машины при практически неизменной температуре охлаждающей среды не достигают практически установившихся значений. Перемежающийся номинальный режим работы характеризуется относительной (в процентах) продолжительностью нагрузки (*ПН*), которая равна отношению времени работы к длительности одного цикла (времени работы и времени холостого хода).

При повторно-кратковременном номинальном режиме работы с частыми пусками пусковые потери оказывают значительное влияние на превышения температуры отдельных частей машины. Этот режим работы характеризуется относительной (в процентах) продолжительностью включения, числом пусков в час и коэффициентом инерции.

Коэффициентом инерции называется отношение суммы приведенного к валу двигателя момента инерции приводимого механизма и момента инерции ротора двигателя к моменту инерции ротора двигателя.

При повторно-кратковременном номинальном режиме работы с частыми пусками и электрическим торможением пусковые потери и потери электрического торможения оказывают существенное влияние на превышения температуры отдельных частей машины. Этот режим работы характеризуется относительной (в процентах) продолжительностью включения, числом пусков в час и коэффициентом инерции.

При перемежающемся номинальном режиме работы с частыми реверсами потери при реверсировании оказывают существенное влияние на превышения температуры отдельных частей электрической машины. Этот режим работы характеризуется числом реверсов в час и коэффициентом инерции.

При перемежающемся номинальном режиме работы с двумя и более скоростями вращения потери при переходе с одной скорости вращения на другую оказывают существенное влияние на превышения температуры отдельных частей машины. Этот режим работы характеризуется числом циклов в час, коэффициентом инерции и относительной (в процентах) продолжительностью нагрузки на отдельных ступенях скорости вращения.

Проверка кратковременного режима работы производится измерением продолжительности рабочего периода и определением превышения температуры частей двигателя в конце паузы. Продолжительность рабочего периода не должна превышать указанную на шитке

двигателя, и температура всех частей двигателя должна быть практически равной температуре охлаждающей среды.

Проверка повторно-кратковременного режима работы производится измерением продолжительности рабочих периодов за определенный отрезок времени. Относительная продолжительность включения равна частному от деления продолжительности всех рабочих периодов на продолжительность времени наблюдения.

Также производится проверка перемежающегося режима работы. Проверка рекомендуемых режимов работы связана со значительными трудностями определения коэффициента инерции. Недопустимое превышение температуры обмоток и сердечника может иметь место также при значительном отклонении напряжения от номинального.

В случае пониженного напряжения при номинальной нагрузке двигателя ток в обмотках статора и ротора будет иметь повышенное значение, как это следует из формулы

$$P = \sqrt{3} U \cdot I \cdot \cos \varphi,$$

где P — мощность, *вт*,

U — линейное напряжение, *в*,

I — линейный ток, *а*.

$\cos \varphi$ — коэффициент мощности.

При неизменной мощности P и уменьшении напряжения U ток I должен увеличиваться (если $\cos \varphi$ сохраняет свое значение). При значительном снижении напряжения наблюдается уменьшение скорости вращения ротора двигателя, а при большой нагрузке произойдет остановка. К таким же результатам может привести и неправильное включение обмоток двигателя при выведенных шести концах — включение звездой вместо треугольника, тогда напряжение на двигателе будет в 1,73 раза ниже номинального.

Как в случае перегрузки, так и в случае пониженного напряжения обмотка статора и обмотка ротора будут нагреваться равномерно, а от них будут нагреваться и сердечники.

Увеличение напряжения на зажимах двигателя приводит к увеличению магнитного потока и намагничивающей составляющей тока статора. Связанное с этим уменьшение $\cos \varphi$ может привести к увеличению тока статора при номинальной нагрузке двигателя. Увеличение магнитного потока и вызванное этим увеличение магнитной индукции в сердечнике статора приводит к повышению температуры сердечника, а возросший ток статора увеличивает температуру обмоток. Соединение фазных обмоток статора треугольником вместо соединения звездой равносильно увеличению напряжения на зажимах двигателя в 1,73 раза, что резко увеличивает намагничивающую составляющую тока статора. Даже при холостом ходе ток статора при неправильном соединении обмоток может превысить номинальное значение.

Если наблюдается равномерное повышенное нагревание активных частей двигателя, то прежде всего следует проверить напряжение на зажимах двигателя и правильность соединения его фазных обмоток.

Замеченное отклонение напряжения необходимо устранить, например, путем переключения зажимов первичной обмотки трансформатора. Допускаемое отклонение напряжения составляет $\pm 5\%$ от номинального. Если нет возможности отрегулировать напряжение в указанных пределах, то нагревание двигателя может быть снижено путем уменьшения нагрузки с таким расчетом, чтобы ток в обмотках не превышал номинального значения.

В случае перегрузки двигателя или отклонения режима работы от указанного на шитке двигателя, требуется уменьшить нагрузку. Если этого сделать нельзя, то необходимо установить двигатель большей мощности.

В некоторых случаях превышение температуры двигателя можно снизить за счет усиления его охлаждения, например, путем установки вентилятора.

Если нагрузка двигателя не превышает номинальную, напряжение на его зажимах находится в допускаемых пределах и все же наблюдается значительное нагревание активных частей двигателя, то необходимо внимательно обследовать условия охлаждения двигателя. Причинами ухудшения вентиляции могут быть: а) высокая температура окружающего воздуха (свыше 40°C); б) засорение вентиляционных каналов машины и фильтров; в) покрытие обмотки и сердечников пылью, мелкими волокнами и пр.; г) недостаточное сечение или большое число изгибов каналов для охлаждающего воздуха.

Покрывание обмоток и сердечников пылью или мелкими волокнами наблюдается главным образом в двигателях, установленных в цехах текстильных, деревообделочных и цементных фабрик и заводов. Пыль и волокна создают тепловую изоляцию и кроме того уменьшают сечение каналов для прохода охлаждающего воздуха и таким образом ухудшают теплоотдачу активных частей двигателя, что приводит к повышению их температуры.

Для предотвращения перегрева двигателя по этой причине надо периодически очищать его от пыли и продувать чистым и сухим сжатым воздухом (без паров масла и воды, давлением не более 2 атм). Направление воздуха при продувке должно быть таким, чтобы пыль удалялась, а не перемещалась и уплотнялась внутри двигателя.

Иногда ухудшенное охлаждение двигателя связано с неправильным направлением вращения вентилятора при наклонных лопатках его. В этом случае необходимо заменить вентилятор, если не представляется возможным изменить направление вращения двигателя.

2-2. Местное значительное нагревание обмотки статора

Местный значительный перегрев обмотки статора часто сопровождается пониженной скоростью вращения ротора даже без нагрузки и значительным шумом и вибрацией двигателя. Величина тока в линейных проводах при этом также различна. Причинами этой неисправности могут быть: а) замыкание между витками одной фазной обмотки статора (рис. 13, а); б) короткое замыкание между двумя фазными обмотками статора (рис. 13, б); в) замыкание обмотки на корпус в двух местах (рис. 13, в); г) неправильное включение одной фазной обмотки (фазная обмотка «перевернута» — см. рис. 4 и 5), либо одна или несколько катушек в одной из фазных обмоток неправильно соединены между собой («перевернуты» — рис. 13, г).

В обмотках при коротких замыканиях образуются замкнутые контуры, в которых наводятся вращающимся потоком э. д. с., и поэтому в таких контурах при хорошем контакте в месте замыкания может циркулировать ток большой величины. Этот ток сильно нагревает обмотку (вплоть до появления дыма и расплавления паяк), а продолжительная работа двигателя с неисправной обмоткой может вызвать разрушение обмотки и повреждение листов активной стали.

При коротких замыканиях значительного числа витков обмотки включение двигателя в сеть становится невозможным из-за чрезмерно

большого тока, вследствие чего двигатель отключается защитной аппаратурой. Если все же включение двигателя в сеть удастся произвести, то скорость вращения ротора получается низкой. Повышенное нагревание вызывает в свою очередь дополнительное разрушение изоляции и увеличение размеров повреждения обмотки.

Основным признаком замыкания между витками является чрезмерное нагревание короткозамкнутого контура. В некоторых случаях короткозамкнутая часть обмотки может быть определена по внешнему виду — по обуглившейся изоляции. Если двигатель находится в холодном состоянии, то для определения расположения короткозамкнутых витков следует включить его в сеть и быстро выключить. Короткозамкнутую часть обмотки можно определить, ощупывая рукой лобовые части обмотки статора, она будет более нагретой по сравнению с остальной обмоткой. Если при включении двигателя в сеть получается большой ток, то следует понизить подводимое к статору напряжение. В случае двигателя с фазной обмоткой ротора испытание следует производить при разомкнутой цепи ротора.

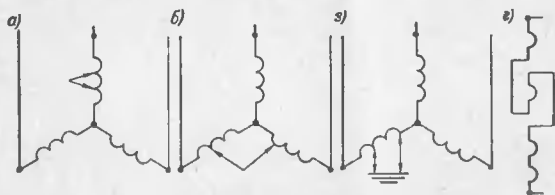


Рис. 13. Неисправности обмотки статора: а — замыкание между витками фазной обмотки; б — замыкание между двумя фазными обмотками; в — замыкание на корпус в двух местах; г — неправильное соединение катушечных групп.

Фазная обмотка, содержащая короткозамкнутые витки, может быть обнаружена по увеличенному току. При соединении фазных обмоток звездой (рис. 14, а) в фазной обмотке, имеющей замыкание, ток (A_1) будет больше, чем в двух других фазных обмотках. При соединении треугольником (рис. 14, б) в двух линейных проводах, к которым присоединена поврежденная фазная обмотка, ток (A_1 и A_3) будет больше, чем ток в третьем проводе (A_2). Опыт определения поврежденной фазной обмотки следует производить при пониженном напряжении, фазная обмотка ротора должна быть разомкнута. Ротор с короткозамкнутой обмоткой может вращаться или быть заторможенным.

Определение фазной обмотки, имеющей короткозамкнутые витки, может быть произведено путем измерения сопротивления фазных обмоток омметром, мостиком или методом амперметра и вольтметра. Фазная обмотка с короткозамкнутыми витками имеет меньшее сопротивление. Если же соединение фазных обмоток выполнено внутри двигателя, то можно измерить три линейные сопротивления. В случае соединения звездой (рис. 14, а) наибольшим будет сопротивление, измеренное на концах фазных обмоток, не имеющих короткозамкнутых витков. Два других сопротивления равны между собой и меньше первого. При соединении треугольником (рис. 14, б) наименьшее сопротивление будет на концах фазной обмотки, имеющей короткозамкнутые витки.

Катушечные группы с короткозамкнутыми витками можно выявить по падению напряжения на отдельных катушечных группах, как это

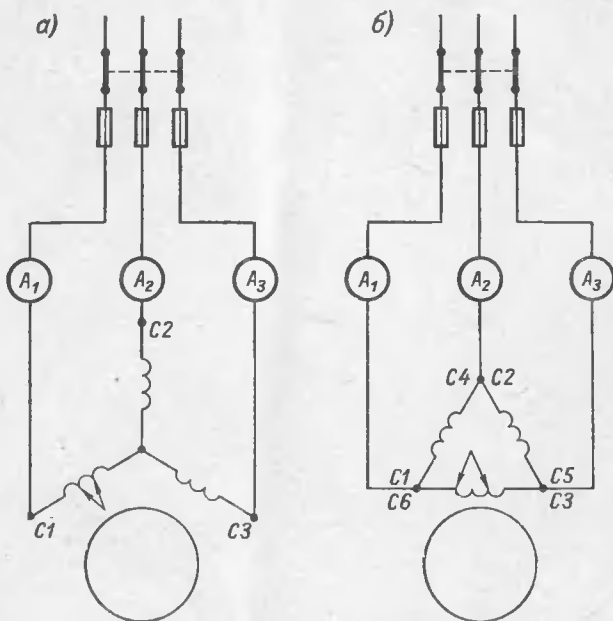


Рис. 14. Нахождение виткового замыкания в фазной обмотке при соединении фазных обмоток звездой (а) и (б).

описано на стр. 6. На катушечных группах, содержащих короткозамкнутые витки, падение напряжения будет меньше, чем на исправных катушках.

2-3. Местное сильное нагревание фазной обмотки ротора

Если наряду с сильным местным нагреванием при включении двигателя ротор начинает вращаться при разомкнутой обмотке, а при пуске с нагрузкой ускорение ротора мало, и ротор не достигает номинальной скорости вращения, то причиной неисправности является наличие коротких замыканий в обмотке ротора (см. стр. 17).

2-4. Местное сильное нагревание сердечника статора

Причинами неисправности являются: а) местные замыкания между отдельными листами сердечника вследствие наличия заусенцев из-за неправильной обработки или вследствие задевания ротором статора во время работы двигателя (см. разд. 5); б) оплавление или выгорание зубцов сердечника вследствие коротких замыканий в обмотке статора.

Эти неисправности выявляются путем тщательного осмотра внутренней поверхности сердечника статора.

Устранение замыкания отдельных листов сердечника производится ножом с последующей обработкой мест замыкания острым напильником, листы разъединяют и покрывают изоляционным лаком.

При незначительном выгорании и оплавлении зубцов сердечника неисправность может быть устранена путем вырубки поврежденных мест с последующим снятием заусенцев. Между отдельными листами целесообразно проложить изоляцию из бумаги и покрыть отремонтированное место лаком.

При значительном обгорании и оплавлении листов сердечника необходим капитальный ремонт двигателя.

3. НЕИСПРАВНОСТИ ЩЕТОК И КОНТАКТНЫХ КОЛЕЦ

3-1. Искрение щеток и обгорание контактных колец

Причинами неисправности являются: а) загрязнение контактных колец и щеток (попадание на контактные кольца смазки из подшипника); б) слабое нажатие щеток; в) плохая шлифовка щеток; г) биение контактных колец; д) защемление щеток в щеткодержателях, е) недостаточная площадь контакта щеток; ж) неравномерное распределение тока между щетками; з) несоответствующий сорт щеток.

Загрязнение контактных колец слоем масла увеличивает переходное падение напряжения между щетками и кольцами, поэтому рекомендуется периодически протирать контактные кольца чистой тряпкой.

При слабом нажатии щеток также ухудшается контакт между щетками и кольцами. Необходимое нажатие на щетки подсчитывается по рекомендуемому для каждой марки щетки давлению. Для контактных колец обычно применяются щетки марок МГС, МГ4 и ЭГ4. Рекомендуемое давление для этих щеток лежит соответственно в пределах 180—230, 200—250 и 150—200 г/см². Проверка нажатия производится динамометром (рис. 15), прикрепляемым к рычагу щеткодержателя. Под щетку целесообразно подложить полоску бумаги и натягивать динамометр до тех пор,

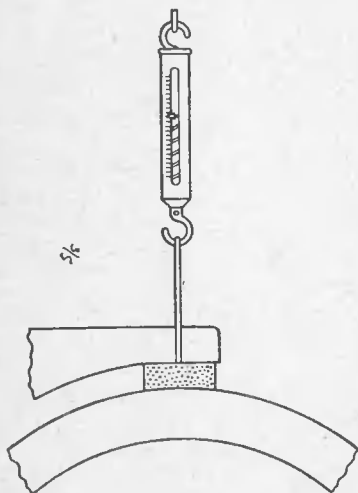


Рис. 15. Проверка давления на щетки.

пока не освободится полоска. Для правильного определения величины нажатия место закрепления динамометра должно приходиться на середину щетки и динамометр должен быть направлен по продолжению радиуса кольца.

Плохая шлифовка щеток устанавливается при осмотре рабочей поверхности щеток, поверхность контакта должна быть гладкой и блестящей, а размеры ее должны соответствовать поперечному сече-

нию щетки. В случае необходимости можно выполнить пришлифовку щеток стеклянной бумагой. Для этого на кольцо накладывают полосу стеклянной бумаги, обращенную рабочей стороной к щетке, и передвигают бумагу по окружности кольца при нормальном давлении пружины на щетку. Для правильной притирки полоска стеклянной бумаги должна прилегать к кольцу (рис. 16, а), так как при отгибании концов полоски вверх (рис. 16, б) края щеток будут спилены и площадь контакта уменьшена.

Биение контактных колец можно проверить на ощупь, прикасаясь изолированной палочкой к одной из щеток при вращении ротора. Более точно биение может быть проверено индикатором. Биение колец устраняется проточкой их и шлифовкой. Предварительно следует убедиться в том, что биение не является следствием плохого закрепления колец.

В крупных асинхронных двигателях применяются щеткодержатели со свободным перемещением щеток. Если щетка слишком плотно рас-

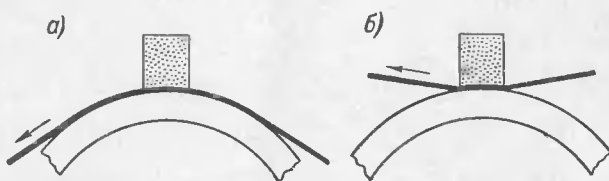


Рис. 16. Правильная (а) и неправильная (б) пришлифовка щеток.

полагается в гнезде такого щеткодержателя, то ухудшается работа скользящего контакта и может появиться искрение. Для выявления этого недостатка необходимо проверить наличие зазора между щеткой и щеткодержателем, который должен быть в пределах 0,2—0,3 мм, и в случае необходимости произвести шлифовку щеток. Особое внимание следует обратить на следы деформации щеток, имеющие блестящую поверхность.

Неравномерное распределение тока между щетками происходит вследствие плохого контакта в цепи щеткодержателей и токоподводов, неодинакового нажатия на щетку или применения щеток различных марок. Для устранения этих неисправностей необходимо проверить все контакты траверсы, токоподводов, щеткодержателей, щеток и отрегулировать нажатие на щетку.

Следует применять щетки только одной марки. Если нет достаточного количества щеток для всего двигателя, необходимо распределить щетки таким образом, чтобы на каждое кольцо приходились щетки одной марки.

3-2. Перегрев контактных колец и щеток

Превышение температуры контактных колец согласно ГОСТ 183-66 должно быть не более 60°С при изоляции класса А, не более 70°С при изоляции класса Е и 80°С при изоляции класса В. Указанный класс изоляционного материала относится к изоляции контактных колец или же к изоляции присоединенных к ним обмоток, если класс изоляции последних ниже класса изоляции контактных колец.

Причинами перегрева являются: а) слишком большое давление на щетки, б) искрение щеток, в) плохое охлаждение контактных колец и щеток (особенно у двигателей с закрытыми контактными кольцами).

3-3. Перекрытие контактных колец электрической дугой

Эта неисправность обычно проявляется при пуске двигателя. У двигателей с постоянно налегающими щетками перекрытие контактных колец иногда происходит и во время работы двигателя, особенно при изменении направления вращения.

Причинами неисправности могут быть: а) загрязнение щеточного аппарата и контактных колец маслом, попадающим из подшипников, и графитной и металлической пылью (от щеток); б) влажный, насыщенный парами кислот или щелочей воздух; в) обрыв в соединениях между щетками и пусковым реостатом.

Следует отметить, что при отсутствии названных причин в роторе в момент включения двигателя не могут появляться опасные перенапряжения, которые были бы причиной перекрытия контактных колец электрической дугой.

Чтобы не происходило загрязнения контактных колец и щеточного аппарата, необходим тщательный уход за ними. Мероприятия по устранению попадания масла — см. стр. 43.

При большом напряжении на контактных кольцах при разомкнутой обмотке ротора, особенно если воздух влажен и насыщен токопроводящими парами, рекомендуется дополнительно изолировать все открытые токоведущие части щеточного аппарата и траверсы, например, путем покрытия лаком.

Кроме того рекомендуется не включать двигатель при разомкнутом пусковом реостате, а устанавливать ползунок металлического реостата на первый контакт, соответствующий полному введенному сопротивлению, а в случае жидкостного реостата следует немного погрузить электроды в жидкость.

Целость внешней цепи ротора проверяется, как указано на стр. 7.

3-4. Повышенный износ щеток и контактных колец

Нормальным считается износ за 1000 ч работы при окружной скорости контактных колец 15 м/сек для щеток марок МГС и МГ4 — 6 мм, для щеток ЭГ4 — 5 мм, для щеток ГЗ — 4 мм.

Причины повышенного износа щеток следующие: а) большое искрение; б) слишком большое давление на щетки; в) неровная поверхность контактных колец; г) большая плотность тока в контакте; д) неравномерное распределение тока между щетками; е) загрязнение контактных колец пылью от щеток или же содержащейся в воздухе; ж) неподходящий сорт щеток (слишком мягкие щетки, или же не соответствующие окружной скорости колец); з) вибрация ротора.

Основными причинами повышенного и неравномерного износа контактных колец являются: а) неподходящий материал контактных колец; б) слишком большое давление щеток; в) неподходящий материал щеток, слишком твердые щетки. Кроме этих причин, на износ контактных колец влияют и другие причины, указанные выше.

При соответствующем материале колец, удачном подборе и хорошем качестве щеток и правильно установленном давлении на щетки поверхность контактных колец после непродолжительной работы по-

крывается пленкой окиси, рабочие поверхности щеток и колец становятся гладкими и блестящими. В этом случае обеспечивается надежная и длительная работа скользящего контакта. Учитывая необходимость сохранения окисной пленки, не рекомендуется производить шлифовку контактных колец, лучше протирать их сухой неволокнистой тряпкой.

Иногда наблюдается неравномерный износ щеток и контактных колец, который характеризуется появлением на их рабочих поверхностях дорожек или мелких бороздок. Причинами такого износа является пористое литье и плохо обточенные контактные кольца, плохое качество щеток (неоднородность материала), повышенное давление на щетки, искрение под щетками, большое содержание пыли и абразивных частиц в воздухе, вибрации ротора и пр.

Кольца с изношенной рабочей поверхностью следует обточить и отшлифовать. Перед обработкой колец следует убедиться в прочной посадке втулки контактных колец на валу и колец на втулке или несущей конструкции. Если кольца машин с горизонтальным валом обтачиваются на подшипниках машины, то на время обточки следует устранить осевое перемещение вала. Контактные кольца небольших роторов лучше обтачивать на токарном станке, закрыв изоляцию между кольцами и вне их сукном или хлопчатобумажной лентой для предотвращения отложения на изоляции металлической пыли. Для получения гладкой поверхности чистовая проточка должна производиться при подаче 0,05—0,1 мм и такой же глубине резания. Наиболее благоприятными скоростями резания являются для чугуновых (или стальных), бронзовых и медных колец соответственно 12—16, 20—30 и 30—50 м/мин.

После проточки кольца шлифуются стеклянной бумагой, прижимаемой деревянными брусками с вырезом, соответствующим кривизне рабочей поверхности колец. После шлифовки колец необходимо тщательно очистить их от пыли.

После ремонта колец необходимо проверить и отрегулировать установку щеткодержателей, так чтобы расстояние от края щеткодержателя до кольца было не более 2 мм.

Если в щеточном аппарате не обнаружено недостатков, то рекомендуется переменить сорт щеток.

3.5. Образование пятен на рабочей поверхности контактных колец

Причинами образования пятен на рабочей поверхности контактных колец могут быть: а) неравномерная структура материала колец, б) влажный воздух, содержащий пары кислот или химически активных газов. При длительной остановке двигателя пятна возникают под влиянием электрохимических процессов в контакте между щеткой и кольцом. Образование пятен происходит особенно интенсивно на стальных кольцах при некоторых марках угольно-графитных щеток. Пятна или плоские места, вначале незначительные, во время работы могут стать шероховатыми и привести к искрению щеток. Возникающая при этом электрическая дуга вызывает испарение материала кольца, что еще больше ухудшает контакт между кольцом и щетками. При параллельном соединении нескольких щеток равномерное распределение тока по ним нарушается.

Для предотвращения образования пятен вследствие электрохимических процессов при неподвижном роторе рекомендуется при продолжительной остановке машины, а также при хранении ее на складе

прокладывать между щетками и контактными кольцами картон или какой-либо другой изоляционный материал.

Чтобы уничтожить имеющиеся пятна, необходимо проточить контактные кольца и шлифовать их.

4. НЕИСПРАВНОСТИ ПАЕК В ОБМОТКАХ И БАНДАЖАХ

4-1. Распайка обмоток, междукатушечных соединений и кабельных наконечников

Причинами этой неисправности могут быть: а) недоброкачественные пайки; б) неподходящий припой; в) перегрузка двигателя; г) короткие замыкания в обмотке; д) недостаточные размеры контактной поверхности.

Для пайки обмоток и кабельных наконечников применяются оловянистые припои ПОС30, ПОС40 и ПОС60. Чем выше содержание олова в припое, тем он легче проникает в зазоры между контактными поверхностями, но имеет более низкую температуру плавления. Для лучшего закрепления наконечника рекомендуется также опрессовка и сварка его. В случае повышенного нагревания обмоток и плохого охлаждения мест пайки рекомендуется применение фосфористых припоев. Стержни и короткозамыкающие кольца роторов крупных машин соединяются сваркой или пайкой серебряным припоем.

4-2. Распайка проволоочных бандажей

Причинами этой неисправности могут быть: а) плохое качество пайки; б) легкоплавкий припой; в) неправильное расположение бандажей и держателей.

В асинхронных двигателях проволоочные бандажи применяются для крепления лобовых частей фазной обмотки ротора. Для пайки бандажей рекомендуется применять припой ПОС30. Чрезмерное нагревание может явиться следствием больших потерь в бандажах от вихревых токов и гистерезиса. Эти потери имеют место при пуске двигателя, при работе с большим скольжением, когда получается повышенная частота перемагничивания ротора. Одной из причин повышенных потерь в бандажах является неправильная постановка держателей бандажей. Если держатели расположены на расстоянии полюсного деления (рис. 17), то э. д. с. в держателях от пересечения магнитного потока в замкнутом контуре АБВГ будут складываться, и в этом контуре появится ток. Поэтому рекомендуется ставить держатели на расстоянии двойного полюсного деления. Для уменьшения потерь в бандажах небольших и тихоходных машин производят пайку бандажей не по всей ширине, а только у бандажных скрепок, которые в этом случае располагают на расстоянии двойного полюсного деления. Вместо одного широкого бандажа рекомендуется ставить два узких.

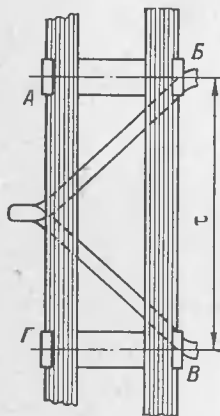


Рис. 17. Неправильное расположение держателей бандажей.

4-3. Повышенный нагрев контактов на зажимах машины

Эта неисправность является следствием плохого контакта или недостаточной площади контактных поверхностей и (в редких случаях) недостаточного сечения болтов. Следствием большого нагрева контактов может явиться распайка кабельных наконечников и обгорание изоляционных щитков.

Для предотвращения чрезмерного нагрева контактов необходимо применять болты, гайки и шайбы луженые или с другим антикоррозийным покрытием. Гайки должны быть затянуты туго и во избежание самоотвинчивания необходимо ставить пружинные шайбы.

5. ЗАДЕВАНИЕ СТАТОРА РОТОРОМ

Причинами этой неисправности могут быть: а) износ подшипников; б) смещение подшипниковых щитов или подшипниковых стоек; в) деформация сердечника статора или ротора; г) изгиб вала; д) повышенное одностороннее магнитное притяжение; е) большие вибрации двигателя и пр.

Характерным признаком задевания статора ротором являются затруднения при пуске (иногда невозможность пуска), пониженная скорость вращения, шум двигателя низкого тона, вибрация ротора, появление дыма.

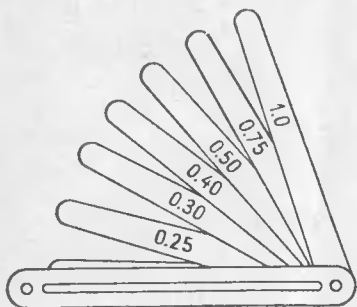


Рис. 18. Щуп для измерения зазора.

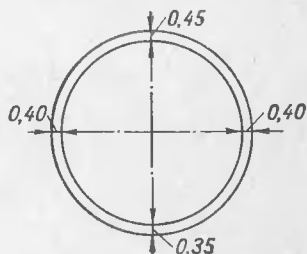


Рис. 19. Зазоры между ротором и статором.

Во всех перечисленных случаях необходимо выяснить причину изменения зазора у двигателя.

Измерение зазора между статором и ротором производится щупом (рис. 18), состоящим из набора калиброванных пластин. Для более точного измерения необходимо щуп вводить параллельно оси машины, он должен соприкасаться с зубцом статора в местах, свободных от лака и грязи и не должен попадать на клин статора или бандаж ротора.

Зазор измеряется в четырех местах по окружности статора с обеих сторон (рис. 19). В некоторых двигателях закрытого типа измерение зазора производят в трех местах по окружности статора через специальные отверстия в подшипниковых щитах. Измерения следует повторить для нескольких положений ротора. Если получаются различные величины зазора по окружности статора и они повторяются

при повороте ротора, то вероятными причинами неисправности могут быть: а) износ или повреждение подшипников; б) смещение подшипниковых щитов или подшипниковых стоек; в) деформация сердечника статора. При изгибе вала и нарушении формы сердечника величина зазора зависит от положения ротора. Изгиб вала может быть вызван остаточной деформацией или же упругой деформацией вследствие большого натяжения ремня, поэтому следует проверить величины зазора и при снятом ремне.

Измеренные величины зазора должны укладываться в пределы 0,9—1,1 среднего значения всех измерений. Повышенная неравномерность зазора может стать причиной задевания ротором статора вследствие упругой деформации вала под влиянием сил одностороннего магнитного притяжения.

Износ подшипников скольжения или повреждение подшипников качения в процессе эксплуатации может явиться причиной касания ротором статора при отключенном двигателе. Пуск двигателя в этом случае невозможен. Чтобы установить причину неисправности, необходимо тщательно осмотреть подшипники и измерить зазоры между шейками вала и вкладышами (при подшипниках скольжения).

Деформация сердечника статора или ротора возможна у двигателей средней и большой мощностей, когда сердечники собраны из отдельных кольцевых секторов. Недостаточная жесткость конструктивных элементов крепления этих секторов может привести к нарушению формы и размера сердечника.

Большая величина сил одностороннего магнитного притяжения может быть вызвана нарушением магнитной симметрии двигателя вследствие коротких замыканий в обмотках или неправильном соединении обмоток. Признаком этой неисправности является сильный местный нагрев обмоток и повышенный уровень шума.

В случае задевания ротором статора на соприкасающихся поверхностях остаются следы в виде полированных участков, по расположению которых иногда можно судить о причинах нарушения равномерности зазора.

6. ОСЕВОЕ СМЕЩЕНИЕ РОТОРА

Для свободного удлинения вала при его нагревании расстояние между втулками подшипников (при подшипниках скольжения) делается

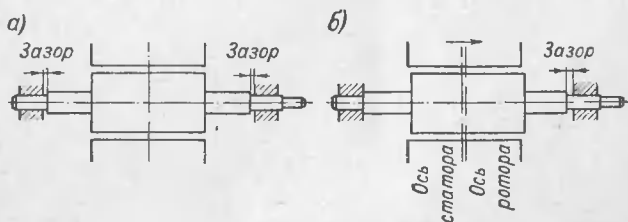


Рис. 20. Расположение статора и ротора при правильном монтаже машины (а) и при смещении ротора до упора в подшипниках (б).

больше длины вала между шейками. Это облегчает также сборку двигателя. Таким образом получается торцовый зазор между шейкой вала и подшипником, равный 2—5 мм (рис. 20, а).

При подшипниках качения (рис. 21) обычно наружное кольцо одного из них (левого) закрепляется и удлинение вала происходит за счет перемещения второго (правого) подшипника в подшипниковом щите. Иногда перемещение одного наружного кольца подшипника ограничивается в одном направлении и второго — в противоположном, тогда возможно осевое смещение ротора как и при подшипниках скольжения.

Периодические смещения ротора вызываются осевыми силами в двигателе, которые могут возникнуть вследствие: а) несовпадения положения сердечников ротора и статора, б) отклонения линии вала от горизонтального положения, в) недостатков передачи или соединительной муфты.

Если сборка произведена правильно, то под влиянием сил магнитного протяжения сердечники ротора и статора занимают одинаковое

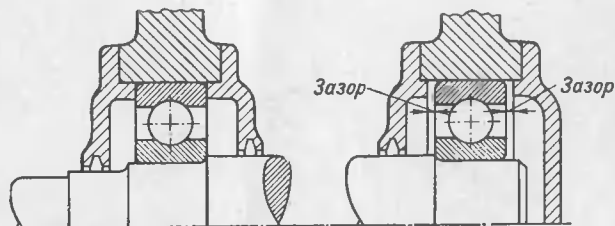


Рис. 21. Установка шарикоподшипников.

положение по длине двигателя (рис. 20, а) и у обоих подшипников образуются торцовые зазоры. В двигателе небольшой мощности с подшипниками скольжения можно проверить наличие этих зазоров и приблизительную величину их, если нажать деревянной палочкой на торец вала вращающегося ротора. Ротор легко смещается в сторону нажатия. Если происходит устойчивое смещение ротора в одну сторону, иногда до упора в подшипник (рис. 20, б) как при холостом ходе, так и при нагрузке двигателя, а при остановке имеются торцовые зазоры у обоих подшипников, то причиной смещения ротора является неправильная сборка двигателя.

Для устранения этой неисправности при установке статора и подшипниковых стоек на общей фундаментной плите необходимо передвинуть статор, как указано стрелкой на рис. 20, б, или сместить стойки в противоположном направлении. При щитовых подшипниках необходимо сдвинуть втулки в щитах. В некоторых случаях можно проточить вал, увеличив длину одной из шеек (левой на рис. 20, б), а на другую шейку надеть кольцо для уменьшения зазора.

При исправных подшипниках качения осевое смещение ротора не наблюдается. Неправильная сборка двигателя в этом случае приводит к увеличению износа закрепленного подшипника. Установку подшипников качения можно проверить путем измерения соответствующих расстояний в разобранном двигателе. В случае необходимости можно сместить ротор за счет проточки фланца, удерживающего наружное кольцо подшипника.

Если осевые смещения ротора усиливаются при уменьшении нагрузки и получаются наибольшими при свободном выбеге, то прежде

всего следует проверить горизонтальность положения вала. Осевая составляющая сила тяжести ротора при отсутствии удерживающей силы магнитного притяжения в этом случае может явиться причиной смещения ротора.

Увеличивающееся осевое смещение ротора при нагрузке двигателя может быть вызвано неравномерным износом соприкасающихся частей эластичной муфты или недостатками передачи.

При неравномерном износе пальцев муфты нарушается параллельность между рабочей поверхностью пальцев и осью двигателя (рис. 22). Давление P между пальцем муфты и отверстием будет иметь осевую составляющую P' . Эти составляющие от всех пальцев складываются и могут вызвать осевое смещение ротора. Периодическое смещение ротора может быть вызвано кривой шпилькой ремня и другими недостатками передачи или неисправностями приводимого механизма.

Периодические смещения ротора могут явиться причиной разрушения подшипников и щеток, поэтому величина торцовых зазоров не должна превышать рекомендуемых значений. Если в двигателе или в передаче при их исправном состоянии возможно появление неуравновешенных осевых сил (например, вследствие

скоса пазов или применения косых зубцов в зубчатых колесах), то необходимо предусмотреть увеличенную торцовую поверхность для восприятия осевых сил.

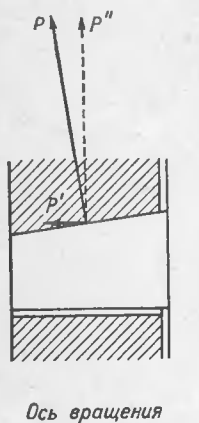


Рис. 22. Неравномерный износ рабочих поверхностей полумуфт.

7. ВИБРАЦИИ ДВИГАТЕЛЯ

Вибрации двигателя могут вызвать нарушение всех механических соединений, перегрев подшипников и даже задевание ротором статора.

Вибрации могут возникнуть по самым разнообразным причинам механического и электромагнитного характера.

К причинам механического характера относятся: а) неуравновешенность вращающихся частей; б) смещение фазной обмотки ротора вследствие ослабления бандажей или ослабления обмотки в пазах в результате усыхания изоляции; в) нарушение центровки агрегата при соединении электродвигателя с приводной машиной при помощи муфты; г) ослабление посадки вращающихся частей на валу; д) дефекты соединительной муфты (неправильная насадка на вал, биение одной или двух полумуфт, неправильная установка или износ пальцев); е) дефекты в передаче (неправильное зубчатое зацепление, несоответствующая обработка зубцов), дефекты в приводных ремнях; ж) искривление вала, овальность шеек вала; з) ненормальный зазор между шейками и вкладышами; и) слишком низкая температура входящего масла (у машин с принудительной смазкой); к) недостаточно прочное закрепление двигателя на фундаменте, ослабление затяжки болтов, крепящих подшипниковые щиты к корпусу или подшипниковые стойки к фундаментной плите; л) недостаточная жесткость подшипниковых щитов, фундаментной плиты, фундамента в целом или отдельных его частей; м) колебания фундамента или метал-

лической конструкции, на которой установлен двигатель, вследствие передачи вибраций от соседних машин или же передачи вибраций от других машин агрегата при жестком их соединении; н) повреждения подшипников качения.

Влияние неуравновешенности ротора на вибрацию машины может быть пояснено следующим примером. Правильно обработанный диск 1 (рис. 23), изготовленный из однородного материала и насаженный в центре на вал, вращается в подшипниках 2 и 3. Диск можно мысленно разделить на несколько одинаковых секторов, на каждый из которых действуют центробежные силы. Так как все секторы диска имеют одинаковую массу, то центробежные силы также одинаковы и взаимно уравниваются. При вращении такого диска подшипники нагружены только силой тяжести диска. Если диск имеет тяжелую точку 4, то при вращении диска центробежные силы не уравниваются. Центробежная сила части диска с добавочным грузом больше, чем центробежная сила других частей и поэтому результирующая центробежная сила направлена в сторону груза 4. В те моменты, когда груз находится сверху, центробежная сила прижимает вал к крышкам подшипника, а когда внизу, то эта сила направлена вниз, причем к действию центробежной силы прибавляется еще вес диска и, таким образом, в этот момент подшипники будут испытывать наибольшее давление. В промежуточных положениях подшипники испытывают еще боковое давление. Эта меняющая свое направление сила и создает вибрацию ротора.

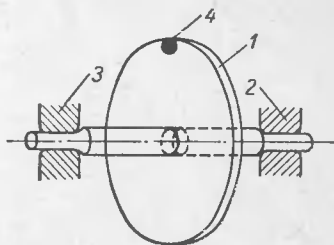


Рис. 23. Неуравновешенность диска.

Неуравновешенность вращающихся частей может явиться следствием наличия раковин в литых частях, неоднородности материала, недостатков конструкции (неравномерном или несимметричном распределении вращающихся масс, например, при неодинаковом заполнении пазов обмоткой, несимметричной укладке лобовых частей обмотки и т. д.).

В табл. 2 приведены пределы допускаемых вибраций в зависимости от скорости вращения ротора. Вибрации измеряются специальными приборами — виброметрами.

Таблица 2

Наибольшие допустимые вибрации электрических машин

Номинальная скорость вращения ротора, об/мин	375	500	600	750	1000	1500	3000	4500	6000
Удвоенная амплитуда вибраций, мк	90	85	80	75	70	60	40	30	25

Неуравновешенность вращающихся частей устраняется путем их искусственного уравнивания — балансировкой, т. е. установкой дополнительного груза определенной массы в соответствующих точках по торцам ротора,

Признаком ослабления посадки вращающихся частей на валу служит появление на посадочных местах налетов ржавчины, а также возрастание вибрации с течением времени, что объясняется прогрессирующим характером неисправности. Для проверки плотности посадки рекомендуется смазать керосином место соединения деталей. Если посадка ослаблена, то после непродолжительной работы двигателя, керосин приобретает красно-коричневый цвет от растворенной в нем ржавчины. Значительное ослабление посадки может быть установлено по покачиванию деталей на валу при нажатии на них.

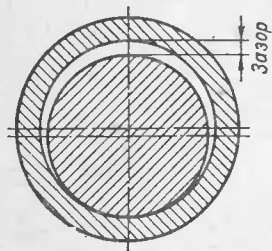


Рис. 24. Зазор в неразъемной втулке подшипника.

Влияние увеличенного зазора между шейкой вала и втулкой подшипника на вибрацию двигателя особенно заметно при большой скорости вращения. При увеличенном зазоре происходит так называемое «наползание» вала, когда вал приподнимается вследствие образования масляного клина между шейкой вала и втулкой и снова опускается под влиянием веса ротора. Величина колебаний и частота их зависят от величины зазора, массы ротора, неуравновешенности его, даже незначительной, и вязкости масла. Так как вязкость масла в значительной мере зависит от температуры его, поэтому при повышении температуры масла вибрации уменьшаются или исчезают совсем, это является признаком увеличенного зазора. В таких случаях необходимо уменьшить вертикальный зазор во втулках подшипника. После уменьшения верхнего зазора часто наблюдается повышение температуры масла и подшипников. В таких случаях необходимо увеличить боковые зазоры. Необходимо также обратить внимание на то, чтобы в разъемных подшипниках верхний вкладыш плотно прижимался крышкой.

Нормальные зазоры (рис. 24) в неразъемных втулках подшипников указаны в табл. 3.

Таблица 3

Размеры зазоров в неразъемных втулках подшипников

Диаметр вала, мм	Скорость вращения, об/мин		
	до 1000	1000—1500	свыше 1500
	Верхний зазор, мм		
18—30	0,040—0,093	0,060—0,130	0,140—0,280
30—50	0,050—0,112	0,075—0,160	0,170—0,340
50—80	0,065—0,135	0,095—0,195	0,200—0,400
80—120	0,080—0,160	0,120—0,235	0,230—0,460
120—180	0,100—0,195	0,150—0,285	0,260—0,530

Размеры верхних вертикальных зазоров в разъемных вкладышах подшипников указаны в табл. 4.

В подшипниках с принудительной смазкой верхние зазоры во вкладышах обычно находятся в пределах 0,0025—0,005 диаметра шейки вала.

Таблица 4

Размеры зазоров в разъемных вкладышах подшипников

Диаметр вала, мм	Верхний зазор, мм	Диаметр вала, мм	Верхний зазор, мм
50—80	0,15—0,20	180—260	0,35—0,45
80—120	0,20—0,25	260—360	0,45—0,55
120—180	0,25—0,35		

В подшипниках качения рекомендуется не допускать увеличения зазора свыше

0,1 мм	для валов диаметром	до 25 мм,
0,2 мм	»	» до 100 мм,
0,3 мм	»	» свыше 100 мм.

Зазор в подшипниках качения может быть измерен щупом, для чего пластинка его вводится между шариками (или роликом) и наружным кольцом подшипника в ненагруженной части его.

К электромагнитным причинам вибраций относятся: а) короткие замыкания или неправильные соединения в обмотках статора или ротора (см. стр. 17; 23), б) обрывы в стержнях или короткозамыкающих кольцах ротора, в) неудачное соотношение между числом пазов статора и ротора (см. стр. 7).

Короткие замыкания в обмотках или их неправильное соединение создают магнитную несимметрию машины, в результате чего взаимные притяжения статора и ротора становятся неравномерными. При коротких замыканиях в фазной обмотке ротора частота вибраций зависит от скольжения ротора.

Одностороннее магнитное притяжение может возникнуть также в результате неравномерного зазора между ротором и статором (см. стр. 31). В этом случае вибрации вызываются совместным действием как силы одностороннего магнитного притяжения, так и центробежной силы ротора, обусловленной деформацией вала. Кроме вибраций ротора, силы одностороннего магнитного притяжения могут вызвать вибрации статора при плохом закреплении или недостаточной жесткости последнего. Амплитуды вибраций особенно сильно возрастают при совпадении частоты свободных колебаний упругой системы статора или ротора с частотой вынуждающих сил. Вследствие малой величины зазора вибрации могут привести к задеванию ротором статора.

Чтобы установить причину вибраций, необходимо провести тщательное обследование двигателя, особенно величины вибраций при отключении двигателя от сети. Немедленное исчезновение вибраций подшипников или статора после отключения двигателя при одинаковом токе во всех линейных проводах (до отключения двигателя от сети) свидетельствует о том, что причиной вибрации являются большой зазор между шейками вала и вкладышами, одностороннее магнитное притяжение или короткое замыкание в обмотке ротора.

Если вибрации исчезают немедленно после отключения двигателя (до отключения величина тока в фазных проводах различна и наблюдается повышенный шум двигателя), то причиной неисправности

является короткое замыкание или неправильное соединение в обмотках статора. Если же сразу после отключения двигателя вибрации продолжают и заметно ослабевают только при значительном снижении скорости вращения ротора, а ток во всех фазных проводах до отключения двигателя одинаков, то вибрации являются следствием механических причин, в том числе и слишком малого зазора между шейками вала и вкладышами.

По частоте вибраций часто можно определить их причину. Если частота вибраций равна двойной скорости вращения, то причиной вибраций является неправильная центровка агрегата, неисправность соединительной муфты или овальность шеек вала. Если же причиной вибраций является увеличенный зазор между шейками вала и вкладышами, то частота вибраций ниже скорости вращения. При неуравновешенности вращающихся частей частота вибраций соответствует скорости вращения, а отношение амплитуд вибраций при различных скоростях вращения равно отношению скоростей вращения во второй степени.

8. НЕНОРМАЛЬНЫЙ ШУМ ДВИГАТЕЛЯ

Нормальный работающий двигатель издает «магнитный» шум низкого тона, присущий всем электромагнитным устройствам переменного тока и происходящий вследствие так называемых магнитострикционных явлений. Они заключаются в том, что процесс перемагничивания ферромагнитных тел сопровождается изменением их объема. Кроме того, вследствие переменного намагничивания происходит периодическое сжатие и ослабление сердечников статора и ротора. Особенно заметные вибрации возникают у наименее жестких элементов сердечников — зубцов.

Ненормальный шум в двигателе может возникнуть по причинам электромагнитного или механического характера.

8-1. Шум низкого тона при нормальной работе двигателя

К электромагнитным причинам шума относятся: а) слабая запрессовка сердечников, обуславливающая магнитный шум вследствие периодического сжатия и ослабления сердечников под влиянием переменного магнитного потока; б) неравномерный зазор между ротором и статором при наличии параллельных ветвей в обмотке статора.

Первая из указанных причин имеет место главным образом в машинах средней и большой мощности и может быть устранена путем затяжки гаек на стяжных шпильках. Иногда при этом необходимо вынуть прокладки между нажимными секторами и станиной. При большом ослаблении листов сердечника или неудачной конструкции их крепления необходим капитальный ремонт двигателя с перепрессовкой сердечника статора и заменой обмотки.

Во втором случае необходимо устранить неравномерность зазора между ротором и статором.

К механическим причинам относятся: а) вибрации двигателя (см. раздел 7); б) дефекты подшипников качения (см. п. 9-2); в) плохо закрепленные дистанционные распорки (ветреницы) между пакетами статора или ротора; г) ослабленные клинья обмотки, выступающая изоляция.

8-2. Шум высокого тона

Иногда этот шум сопровождается вибрацией двигателя, во всех других отношениях работа двигателя протекает нормально, и ток в линейных проводах одинаковый. Основной причиной сильного шума высокого тона являются вибрации зубцов статора и ротора под влиянием высших гармонических магнитного поля, вызванных неудачным соотношением чисел пазов ротора и статора.

Устранение такого шума весьма сложно, радикальной мерой является установка нового ротора с другим числом пазов. Иногда уровень шума можно уменьшить за счет устройства эластичных опор двигателя.

Кроме электромагнитных причин, шум высокого тона может быть вызван неблагоприятными условиями входа воздуха в вентиляционные каналы при большой скорости движения воздуха (наличие острых краев, изогнутых вентиляционных путей и резких изменений их сечения). Звуковые колебания могут возникнуть также из-за колебаний воздуха в пустых пространствах, щелях или каналах.

8-3. Высокий уровень шума

Причинами неисправности являются: а) короткое замыкание в обмотке статора (см. стр. 23); б) неправильное соединение фазных обмоток статора — одна фазная обмотка перевернута, п. 1-5; в) разное число витков в отдельных катушках обмотки статора при наличии параллельных ветвей в обмотке или соединении фазных обмоток треугольником; при последовательном соединении катушек или соединении фазных обмоток звездой уровень шума значительно уменьшается, но ток в линейных проводах различный.

Чтобы обнаружить катушку с уменьшенным числом витков, можно провести измерение падения напряжения на отдельных катушечных группах. Для этого поочередно каждую фазную обмотку следует включить в сеть и затем измерить падение напряжения каждой катушечной группы по схеме, аналогичной рис. 3. На катушечных группах, имеющих меньшее число витков, напряжение будет меньше, чем на катушечных группах с нормальным числом витков. Наибольшая разность напряжений на отдельных катушечных группах не должна превышать 5%.

Затем, чтобы найти катушку с уменьшенным числом витков, производят измерение падения напряжения на концах каждой катушки дефектной катушечной группы. Здесь так же как на катушке с меньшим числом витков будет меньшее падение напряжения.

Испытание можно производить как при вставленном, так и при вынутом роторе. При вставленном роторе и разомкнутой фазной обмотке его испытание можно производить при номинальном напряжении на параллельной ветви, при вставленном роторе с короткозамкнутой обмоткой или при вынутом роторе напряжение на параллельной ветви должно быть около 0,25 номинального, во избежание большой величины тока.

В двигателе с фазной обмоткой ротора проверку числа витков можно производить также при включении в сеть обмотки ротора. В этом случае двигатель подобен трансформатору, первичной обмоткой которого является обмотка ротора, а вторичной — обмотка статора, в которой наводится э. д. с., пропорциональная числу витков. Напряжение, подводимое к обмотке ротора, не должно превышать напряжение, которое появляется на контактных кольцах при неподвижном роторе и включенной на номинальное напряжение обмотке статора.

9. НЕИСПРАВНОСТИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

9-1. Перегрев подшипников

Рабочая температура подшипников в значительной мере определяется применяемой смазкой. По ГОСТ 183-66 предельная допустимая температура составляет 100°C .

Причинами перегрева подшипников являются: а) загрязнение подшипника попавшей в него пылью, грязью или другими мелкими частицами; б) избыток смазки в подшипнике; в) износ или разрушение деталей подшипника; г) чрезмерное трение уплотняющей набивки о вал; д) неправильная установка подшипника; е) слишком большая нагрузка на подшипник.

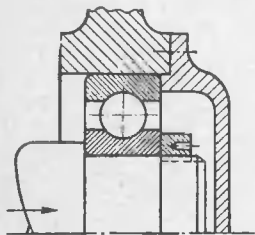


Рис. 25. Неправильная установка шарикоподшипника.

К недостаткам установки подшипника, вызывающим его перегрев, относится отсутствие осевого зазора (рис. 25) в одном из подшипников, необходимого для свободного температурного удлинения вала при работе двигателя (см. рис. 21, б), вследствие чего внешнее кольцо подшипника упирается в бортик крышки. Другим дефектом установки подшипника, вызывающим его перегрев, является слишком тугая посадка внешнего кольца подшипника в подшипниковом щите.

В обоих случаях увеличивается перегрев подшипника и может произойти его повреждение.

Признаком этой неисправности является затруднительное вращение ротора при нагретом двигателе, в то время как в холодном состоянии ротор вращается легко. Для получения необходимых осевых зазоров следует установить прокладки между крышкой подшипника и его корпусом или проточить бортик крышки подшипника. При слишком тугой посадке внешнего кольца подшипника необходимо слегка расшарбить посадочное отверстие в подшипниковом щите.

Увеличенная нагрузка на подшипник может быть следствием плохой центровки двигателя и приводимого им во вращение механизма или большого натяжения ремня. Иногда перегрузка происходит в результате неправильного выбора подшипника.

9-2. Ненормальный шум подшипников

Часто ненормальный шум подшипника сопровождается повышенным нагреванием его. Причинами неисправности являются: а) загрязнение подшипника; б) повышенный износ подшипника, раковины, трещины и отколы на кольцах, шариках или роликах; в) повреждение сепараторов или задевание сепараторов за сопряженные с подшипниками детали; г) слабая посадка внутреннего кольца подшипника на валу; д) удары и толчки, вызванные дефектами передачи в приводимых во вращение двигателем механизмах; е) плохая центровка машин. Характер шума подшипника часто дает возможность более точно установить неисправность подшипника. Свистящий шум указывает на отсутствие смазки. Скрежет является признаком загрязнения смазки, задевания валом лабиринтных уплотнений, иногда и признаком повреждения подшипника. Глубокие раковины на кольцах, шариках или роликах, отколы на их рабочих поверхностях, поломка сепаратора

вызывают стук в подшипнике. Причиной стука является также ослабление посадки внутреннего кольца на валу или наружного кольца в подшипниковом щите.

При появлении ненормального шума подшипник должен быть вскрыт и внимательно осмотрен, во избежание серьезной аварии.

9-3. Вытекание смазки из подшипника

Причинами неисправности являются: а) повышенная температура подшипника; б) слишком большое заполнение подшипников смазкой; в) износ уплотнений подшипника; г) несоответствующий сорт смазки для данной температуры подшипника (слишком низкая температура плавления).

Если смазка вытекает в жидком состоянии, то необходимо устранить перегрев подшипника или применить более тугоплавкую смазку (например, консталин). В случае выдавливания смазки при нормальной температуре подшипника необходимо заменить уплотняющую набивку в канавках крышек подшипника и поставить прокладки из картона или лакоткани между крышками и подшипниковым щитом.

10. НЕИСПРАВНОСТИ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

10-1. Перегрев подшипников

Большинство неполадок с подшипниками сводится к увеличению трения, что, в свою очередь, приводит к повышенному нагреву, поэтому необходимо периодически проверять температуру подшипника.

Согласно ГОСТ 183-66 наибольшая допустимая температура подшипников составляет 80° С. Однако, если температура подшипника и не достигла предельной, но повысилась по сравнению с обычной для данного подшипника, то необходимо установить причину повышенного нагрева.

Причинами перегрева являются: а) недостаточная подача масла; б) загрязнение масла или попадание воды в масляные камеры; в) недостаточное охлаждение масла в маслоохладителе из-за недостаточного количества охлаждающей воды или слишком высокой температуры ее; г) несоответствующий сорт масла; д) малый зазор между шейкой вала и вкладышем, плохая пригонка вкладыша или неправильное выполнение маслораспределительных канавок; е) несоответствие материала рабочей поверхности подшипника условиям работы, недоброкачественная заливка вкладыша; ж) плохая поверхность шейки вала; з) искривление вала или его шеек; и) неправильная центровка вала, несовпадение осей двигателя и приводимого им во вращение механизма; к) слишком большое давление на подшипник из-за сильного натяжения ремня или от одностороннего магнитного притяжения; л) большое осевое давление на подшипник вследствие осевого смещения ротора, отсутствие необходимых торцовых зазоров.

Недостаточная подача масла у машин с кольцевой смазкой может произойти от заклинивания смазочных колец, слишком медленного их вращения или полной остановки (легкие кольца, густое масло), неправильной (некруглой) формы колец или из-за низкого уровня масла в подшипнике.

У машин с принудительной смазкой недостаточная подача масла может произойти вследствие засорения масляного фильтра, неисправности

маслонасоса, слишком малого отверстия в каком-либо фланцевом соединении или в диафрагме нагнетательного маслопровода, понижения уровня масла в напорном баке.

Причиной перегрева подшипников может также явиться вибрация ротора, которая в некоторых случаях увеличивает потери в подшипниках и повышает их температуру.

Задевание за вал уплотнений или маслоуловителей может вызвать местный нагрев подшипника.

Повышенный нагрев подшипника часто приводит к частичному или полному разрушению рабочей поверхности вкладыша, происходит расплавление материала вкладыша и сварка с шейкой вала. Если двигатель остановлен и разрушение рабочей поверхности незначительно, то при последующем пуске двигателя может произойти повышенное нагревание подшипника вследствие заполнения маслораспределительных канавок металлом и затруднений образования масляной пленки, необходимой для нормальной работы подшипника. Работоспособность подшипника может быть частично восстановлена путем очистки внутренней поверхности вкладыша и шайбровки ее. Однако работа такого подшипника будет ухудшена вследствие увеличенного радиального зазора, поэтому нужно воспользоваться малейшей возможностью и заменить вкладыш или вновь залить его баббитом.

Значительное расплавление баббитового слоя, как правило, приводит к задеванию ротором статора.

Бронзовые вкладыши могут выдерживать большой перегрев, однако отсутствие масляной пленки и в этом случае приводит к тяжелой аварии, связанной с приваркой вкладыша к шейке вала, ротор в таком случае затормаживается. При разборке двигателя встречаются трудности, так как приходится снимать подшипниковый щит, оставляя вкладыш на валу. Если после разборки не удастся повернуть вкладыш ключом, то его приходится стачивать и шлифовать шейку вала.

Повреждение подшипника обычно указывает на невнимательность обслуживающего персонала, так как этой аварии предшествует значительный перегрев подшипника, который может быть обнаружен и своевременно устранен

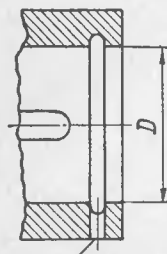


Рис. 26. Расположение маслособирающих канавок во вкладыше.

10-2. Вытекание масла из подшипника с кольцевой смазкой

Причинами неисправности являются: а) высокий уровень масла в масляной камере подшипника, б) недостаточное уплотнение подшипника, большие зазоры у краев вкладыша (увеличенный диаметр D на рис. 26), в) недостаточное сечение отверстий или недостаточное количество их (рис. 26) в маслособирающих канавках для стока масла в камеру, г) сильное вентилирующее действие вращающихся частей машины (шкива, сердечника ротора, вентилятора и пр.), вследствие чего масло увлекается струей воздуха. Для предотвращения слишком обильной смазки рекомендуется наливать масло

в подшипник до черты на маслоуказателе и только при неподвижной машине, так как при вращении вала уровень масла понижается. Наливать масло следует постепенно, так как вследствие вязкости его уровень устанавливается не сразу.

В случае недостаточности уплотнений подшипника рекомендуется установить дополнительное уплотнение. На рис. 27 показано простое уплотнение, состоящее из стальной шайбы 1, толщиной 1—2 мм, с зазором между шайбой и валом 0,5 мм. Между этой шайбой и подшипником устанавливается фетровое кольцо 2. Уплотнение прикрепляется к подшипнику винтами 3. Удовлетворительные результаты может дать уплотнение, состоящее только из одной латунной шайбы толщиной 2 мм, прикрепляемой к подшипнику винтами и имеющей заостренный край, плотно пригоняемый к валу.

10-3. Вытекание масла из подшипника с принудительной смазкой

Причинами неисправности являются: а) большая подача масла вследствие повышенного давления масла в напорном маслопроводе, слишком малое отверстие для стока масла в нижней половине вкладыша или в сливном патрубке; б) плохая пригонка или износ уплотнений подшипника; в) просачивание масла в стыке крышки и стойки подшипника, в стыке верхних и нижних частей уплотнения; г) недостаточное количество уплотнений или плохая конструкция их, не обеспечивающая удовлетворительной работы; д) повышенное давление внутри подшипника и наличие препятствий выходу масляных паров.

При слишком большой подаче масла ее следует отрегулировать путем уменьшения отверстия диафрагмы напорного патрубка так, чтобы температура выходящего масла не превышала 70° С при температуре входящего масла 35—45° С. Понизить давление масла до величины, предписанной заводом-изготовителем (обычно давление перед подшипником порядка 0,25 атм). Увеличить отверстия для стока масла в нижнем вкладыше и уменьшить или полностью снять в сливном патрубке «козырьки» (при их наличии), препятствующие свободному сливу масла.

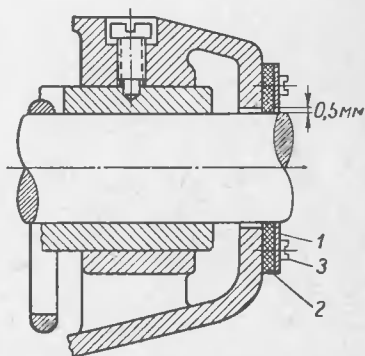


Рис. 27. Уплотнение подшипника.

10-4. Попадание масла или масляных паров внутрь двигателя

Причинами неисправности являются: а) засасывание масла или масляных паров из подшипников вентилятором или вентилирующим действием других вращающихся частей, б) засасывание масляных паров от других машин, находящихся в одном помещении с двигателем.

Засасывание масла особенно часто происходит в закрытых сильно вентилируемых машинах, имеющих подшипниковые щиты. В этом случае часть подшипника находится внутри двигателя и при вращении вентилятора 1 (рис. 28) в местах А создается разрежение, что при обилии масла в подшипнике способствует засасыванию его внутрь двигателя.

В некоторых случаях для определения причин попадания масла и масляных паров внутрь двигателя необходимо вести длительное и тщательное наблюдение за работой подшипников и путями распространения масла.

Для предотвращения попадания масла или масляных паров внутрь двигателя следует устранить соответствующие дефекты в подшипниках. Другими мероприятиями являются: улучшение работы существующих уплотнений, установка дополнительных уплотнений, уплотнение стыков подшипника суриковой или глетовой замазкой.

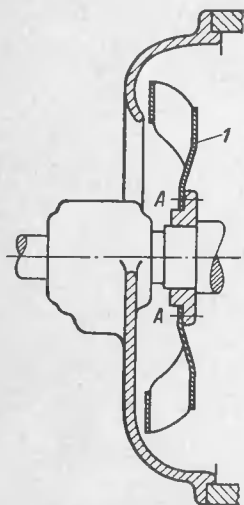


Рис. 28. Расположение вентилятора, вызывающего засасывание масла.

11. ПОВРЕЖДЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК

В результате повреждения обмоток могут произойти замыкания обмотки на корпус, замыкания между витками отдельных катушек или между фазными обмотками.

Основными причинами повреждения изоляции обмоток являются: а) влажность изоляции, б) загрязнение машины; в) попадание металлических стружек, металлической и абразивной пыли (например, при проточке и шлифовке контактных колец); г) наличие в охлаждающем воздухе кислотных или щелочных паров; д) большой и длительный перегрев двигателя, вследствие чего изоляция становится хрупкой и гигроскопичной; е) старение изоляции.

Увлажнение обмотки может произойти вследствие продолжительного хранения двигателя в сыром неотапливаемом помещении, при длительных остановках двигателя, особенно в сырое время года, от действия водяных паров или воды при их непосредственном попадании в машину. Для предупреждения увлажнения обмотки во время хранения на складе необходима хорошая вентиляция складского помещения, куда не должны проникать едкие газы, угольная пыль и т. п.

Во время длительных остановок двигателя с протяжной вентиляцией при сырой и туманной погоде следует закрывать все задвижки воздушных каналов как для поступающего, так и для выходящего воздуха. При хорошей сухой погоде все задвижки должны быть открыты.

Загрязнение двигателя происходит от чрезмерного износа щеток и контактных колец (у двигателей с фазной обмоткой ротора), от попадания загрязненного воздуха, а также угольной и металлической пыли внутрь двигателя. Пыль из рабочих помещений проникает внутрь двигателя и даже внутрь изоляции и образует токопроводящие мостики, которые могут вызвать перекрытие или замыкание обмотки на корпус.

Для предотвращения повреждения обмоток вследствие загрязнения необходим соответствующий уход за двигателем. Двигатель нужно содержать в чистоте, строго соблюдать сроки осмотров и профилактических ремонтов. Для увеличения срока службы изоляции рекомендуется вести тщательное наблюдение за ее состоянием для того, чтобы в некоторых случаях своевременно произвести мелкий ремонт изоляции и лакировку ее.

Сопротивление изоляции обмоток зависит от номинального напряжения двигателя U [в] и его мощности P [квт]. Согласно ГОСТ 183-66 сопротивление изоляции обмоток от корпуса и между фазными обмотками при рабочей температуре двигателя должно быть

$$R \geq \frac{U}{1000 + \frac{P}{100}} [\text{Мом}],$$

но не менее 0,5 Мом.

В случае измерения сопротивления изоляции при температуре ниже рабочей полученное по формуле сопротивление изоляции следует удваивать на каждые 20°C (полные или неполные) разности между рабочей температурой и той температурой, при которой выполнено измерение.

Методы нахождения замыканий в обмотках были рассмотрены выше (см. стр. 23), здесь будут рассмотрены методы нахождения замыканий обмотки на корпус двигателя.

Замыкание фазной обмотки на корпус определяется мегомметром; для этого фазные обмотки разъединяют (при наличии шести выводов) или распаивают. Определение места замыкания производится «прожиганием» или методом питания обмотки постоянным током. В сложных случаях замыкания обмотки применяется метод последовательного деления обмотки на части.

Чтобы найти замыкание методом прожигания, конец дефектной фазной обмотки пужно присоединить к одному полюсу сети, а второй полюс — к корпусу через предохранитель на 30—40 а. При прохождении тока из места замыкания на корпус появится дым. В двигателе высокого напряжения прожигание может производиться низким напряжением от специальной испытательной установки.

Метод постоянного тока (рис. 29) заключается в том, что к обоим концам фазной обмотки, имеющей замыкание на корпус, присоединяется один из зажимов сети постоянного тока или батареи аккумуляторов. Другой зажим источника тока присоединяется к корпусу двигателя. Для возможности регулирования и ограничения тока в цепь включается реостат R . Направления токов в двух частях обмотки, разграниченных точкой C соединения с корпусом, будут противоположны. Если поочередно касаться двумя проводами, присоединенными к милливольтметру, концов каждой катушечной группы, то стрелка прибора будет отклоняться в одном направлении до тех пор, пока концы от прибора не минуют концов катушечной группы, имеющей соединение с корпусом. После этого отклонение стрелки изменится на обратное. На концах дефектной катушечной группы это отклонение зависит от того, к какому концу ближе находится место соединения с корпусом. Кроме того, величина падения напряжения на концах катушечной группы, имеющей соединение с корпусом, будет

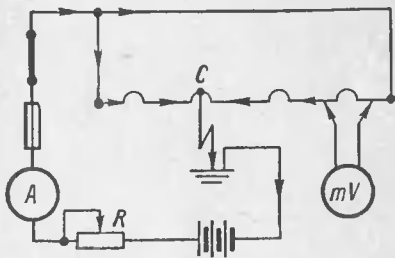


Рис. 29. Нахождение замыкания обмотки на корпус.

меньше, чем у других катушек, если соединение с корпусом не находится вблизи концов этой катушки.

Для нахождения дефектной катушки поступают аналогично предыдущему, т. е. производят измерение падения напряжения на концах катушек дефектной катушечной группы.

На рис. 30 показан случай замыкания на корпус одной из катушек двухслойной обмотки. Оставив неизменной схему питания постоянным током (см. рис 29), измеряют последовательно падение напряже-

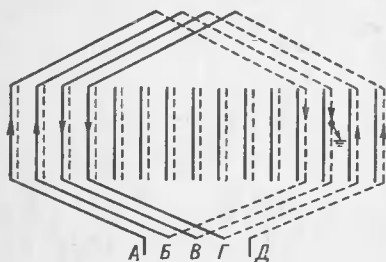


Рис. 30. Замыкание на корпус катушечной группы.

ния между точками $A—B$, $B—B$, $B—Г$, $Г—Д$ и наблюдают за направлением отклонения стрелки прибора. Отклонение в точках $A—B$ будет противоположно отклонениям в точках $B—Г$ и $Г—Д$. Между точками $B—B$ направление отклонения зависит от места нахождения замыкания на корпус, а величина падения напряжения будет меньше, чем на других катушках. При измерениях падения напряжения можно либо зачистить соединительные проводники, либо пользоваться острыми щупами, прокладывая изоляцию.

Найти соединение с корпусом можно также при помощи магнитной стрелки, если перемещать ее вдоль каждого паза; как только стрелка пройдет мимо искомого места, направление отклонения ее изменится. Чтобы выполнить это испытание, ротор должен быть вынут из статора.

Следует учесть, что для получения хорошего результата при методе постоянного тока необходим хороший контакт в месте замыкания обмотки на корпус. Это может быть достигнуто прожиганием.

Метод деления обмотки на части состоит в том, что фазную обмотку, имеющую замыкание на корпус, делят пополам путем распайки междукатушечных соединений, а затем мегомметром определяют часть обмотки, имеющую соединение с корпусом. Подобное деление продолжают до тех пор пока не будет найдена дефектная катушечная группа или катушка. Одновременно с проверкой мегомметром рекомендуется шевелить катушки. Изменение отклонений мегомметра укажет на наличие замыкания на корпус в перемешиваемой части катушки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гемке Р. Г., Неисправности электрических машин. Госэнергоиздат, 1963.
2. Гинзбург Е. Л., Ремонт и эксплуатация подшипников электрических машин, Госэнергоиздат, 1953.
3. Ривлин Л. Б., Электродвигатели и их эксплуатация, Госэнергоиздат, 1950.
4. Ривлин Л. Б., Обслуживание цехового электрооборудования, Госэнергоиздат, 1956.
5. Шпизер Р. и Грюттер Ф., Неисправности электрических машин, трансформаторов и аппаратов, «Судостроение», 1964.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Недостаточный вращающий момент двигателя	—
1-1. Вращение ротора затруднено	—
1-2. Пусковой момент у двигателя отсутствует	4
1-3. Двигатель имеет устойчивое неподвижное положение ротора (ротор «прилипает»)	7
1-4. Двигатель имеет устойчивую низкую скорость вращения (ротор «застревает»)	8
1-5. При пуске двигателя ротор имеет малое ускорение (медленно «набирает» скорость)	—
1-6. Вращающий момент двигателя пульсирующий	13
1-7. Пониженный вращающий момент двигателя при одинаковых токах в линейных проводах	14
1-8. Пониженный вращающий момент двигателя при различных токах в линейных проводах	16
1-9. Наличие вращающего момента у двигателя с разомкнутой обмоткой ротора	17
2. Повышенное нагревание активных частей двигателя	18
2-1. Равномерное повышенное нагревание частей двигателя	—
2-2. Местное значительное нагревание обмотки статора	23
2-3. Местное сильное нагревание фазной обмотки ротора	25
2-4. Местное сильное нагревание сердечника статора	—
3. Неисправности щеток и контактных колец	26
3-1. Искрение щеток и обгорание контактных колец	—
3-2. Перегрев контактных колец и щеток	27
3-3. Перекрывание контактных колец электрической дугой	28

3-4. Повышенный износ щеток и контактных колец	28
3-5. Образование пятен на рабочей поверхности контактных колец	29
4. Неисправности паяк в обмотках и бандажах	30
4-1. Распайка обмоток, междукатушечных соединений и кабельных наконечников	—
4-2. Распайка проволочных бандажей	—
4-3. Повышенный нагрев контактов на зажимах машины	31
5. Задевание статора ротором	—
6. Осевое смещение ротора	32
7. Вибрации двигателя	34
8. Ненормальный шум двигателя	38
8-1. Шум низкого тона при нормальной работе двигателя	—
8-2. Шум высокого тона	39
8-3. Высокий уровень шума	—
9. Неисправности подшипников качения	40
9-1. Перегрев подшипников	—
9-2. Ненормальный шум подшипников	—
9-3. Вытекание смазки из подшипника	41
10. Неисправности подшипников скольжения	—
10-1. Перегрев подшипников	—
10-2. Вытекание масла из подшипника с кольцевой смазкой	42
10-3. Вытекание масла из подшипника с принудительной смазкой	43
10-4. Попадание масла или масляных паров внутрь двигателя	—
11. Повреждение изоляции обмоток	44
Литература	47

Цена 13 коп.

Еще больше электротехнической
литературы на
www.kitnet.narod.ru