

Имитатор неисправностей асинхронных трехфазных двигателей

Модель SDDL-EDM13
Руководство по использованию

ИМИТАЦИЯ ОШИБОК ВКЛ

S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9 S10 S11 S12 S



СОДЕРЖАНИЕ

I. Краткое описание продукта	3
II. Тип, конструкция и применение электродвигателей	4
Краткое введение	4
Двигатели переменного тока	5
Асинхронный двигатель	5
Синхронный двигатель	5
III. Неисправность обмотки трехфазного асинхронного двигателя (принцип обнаружения)	11
Проверка обрыва цепи обмотки ротора	11
Проверка заземления полюсов обмотки	12
Проверка наличия короткого замыкания полюсных обмоток	13
Оценка неисправностей обмоток	14
IV. Имитатор отказов трехфазного асинхронного двигателя	15
V. Моделирование и обнаружение неисправностей трехфазного асинхронного двигателя	17
1) Неисправность заземления фазы U1	17
2) Неисправность заземления фазы V1	17
3) Неисправность заземления фазы W1	17
4) Моделирование обрыва фазной обмотки W1	17
5) Моделирование короткого замыкания фазной обмотки W	18
6) Моделирование короткого замыкания фазных обмоток U2 и W1	18
7) Моделирование обрыва фазной обмотки V1	18
8) Моделирование короткого замыкания фазной обмотки V	18
9) Моделирование короткого замыкания фазных обмоток W2 и V1	19
10) Моделирование обрыва фазной обмотки U1	19
11) Моделирование короткого замыкания фазной обмотки U	19
12) Моделирование короткого замыкания фазных обмоток U1 и V2	19
13) Неисправность реле	20
VI. Разборка и сборка двигателя	20
VII. Упаковочный лист имитатора неисправностей трехфазного асинхронного двигателя	21
SDDL-ETM7114	22
SDDL-ETM90S4	22
VIII. Параметры сопряженного двигателя	22



I. Краткое описание продукта

Являясь одними из наиболее часто используемых компонентов, двигатели широко применяются в самых различных отраслях промышленности. Если в процессе работы в двигателе возникает неисправность и ее невозможно быстро устранить, то это может привести к большим проблемам, поэтому очень важно быстро найти неисправность двигателя и устранить ее. Поскольку отказы двигателей происходят достаточно часто, компания DOLANG разработала и выпустила имитатор неисправностей трехфазного синхронного двигателя.

- С помощью имитатора можно моделировать 13 различных типов неисправностей обмоток трехфазного асинхронного двигателя, включая короткое замыкание между фазами и корпусом, короткое замыкание между фазами, межвитковые короткие замыкания и т.п.
- Данный имитатор может широко использоваться в технических университетах, политехнических колледжах и других учебных учреждениях.

- Характеристики продукта

1. Удобная конструкция и простое использование
2. Вывод всех шести выходных клемм двигателя на нижнюю панель имитатора. Имитатор имеет шесть дополнительных клемм, используемых для вывода обмоток двигателя. Во время выполнения эксперимента тип неисправности можно сразу определить с помощью мультиметра или омметра.
3. Возможность работы даже при отключении энергии, безопасные и удобные операции.



II. Тип, конструкция и применение электродвигателей

Краткое введение

1. Электродвигатель преобразует электрическую энергию в механическую. Обычно рабочий элемент является вращающимся, и такой двигатель называется двигателем вращения, хотя существуют некоторые двигатели, обеспечивающие линейное перемещение рабочего элемента – эти двигатели называются линейными двигателями. Диапазон мощностей двигателей очень широк – от нескольких милливатт до миллионов ватт. В применении двигатели очень удобны: они могут иметь возможность самостоятельного запуска, ускорения и торможения, реверса и т.п., т.е. могут удовлетворять любым требованиям пользователя. Двигатели имеют очень высокую эффективность, не производят пыли и запаха, они не загрязняют окружающей среды и имеют низкий уровень шума. Поскольку существует огромное количество разновидностей двигателей, они широко используются в различных областях, например, в сельском хозяйстве, промышленности, транспорте и т.п.

Большинство широко используемых электродвигателей являются асинхронными двигателями переменного тока (то есть индукционными двигателями). Они удобны, надежны, недороги и прочны. Но коэффициент использования мощности таких двигателей низок и ими трудно управлять. Синхронные двигатели имеют более высокие коэффициент использования мощности, а скорость их вращения не зависит от нагрузки и определяется только частотой сети. Они широко используются в тех случаях, когда требуется управление двигателем, однако они имеют шунтирующее сопротивление и сложную конструкцию, высокую цену, их неудобно обслуживать и они плохо подходят для тяжелых условий. После 1970-х годов, с развитием технологий, управление двигателями переменного тока непрерывно совершенствуется, а их цена падает, поэтому они стали применяться еще шире.

Номинальной мощностью двигателя является наибольшая выходная мощность, которую он может обеспечить, работая без перегрева в течение длительного времени в кратковременном или периодическом режиме. Обращайте, пожалуйста, внимание, на шильдик, прикрепленный к двигателю. Убедитесь в том, что нагрузка соответствует возможностям двигателя, избегайте очень высоких и очень низких скоростей.

Имеется большое количество устройств управления скоростью двигателя, которые можно приспособить к любым потребностям производства. При регулировании скорости обычного двигателя следует иметь в виду, что его выходная мощность будет зависеть от его скорости, что приводит к уменьшению мощности при низких скоростях, поэтому регулирование можно разделить на два типа:

- §1** Сохранение постоянной входной мощности и изменение потребляемой энергии оборудования, что обеспечивает регулирование скорости двигателя путем уменьшения выходной мощности.
- §2** Регулирование скорости двигателя путем изменения мощности, подаваемой на двигатель.

Двигатели переменного тока

Двигатели переменного тока бывают синхронными и асинхронными.

Асинхронный двигатель

Двигатель переменного тока преобразует энергию электромагнитного вращающего момента, который возникает при взаимодействии между вращающимся полем и током обмотки ротора. Реальная скорость ротора асинхронного двигателя всегда ниже (у двигателя) или выше (у генератора) скорости вращающегося магнитного поля. Всегда существует разница между скоростью двигателя и генератора. Поэтому эти электрические машины и называются асинхронными.

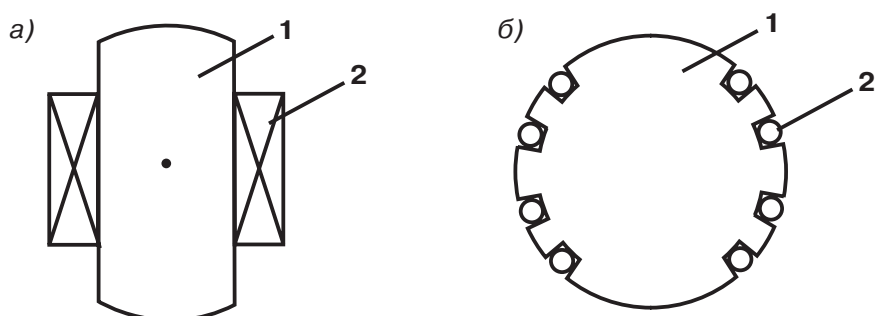
Асинхронные двигатели используются очень широко, поскольку они обладают следующими достоинствами: простота конструкции и производства, надежность, герметичность конструкции, низкая цена и высокая эффективность. Существует несколько видов асинхронных двигателей, которые могут отличаться разными характеристиками. По количеству фаз статора: однофазные, двухфазные и трехфазные асинхронные двигатели. По конфигурации ротора: асинхронный двигатель с обмоткой и асинхронный двигатель с «беличьей клеткой», а асинхронные двигатели с «беличьей клеткой» могут быть подразделены на одинарные, двойные и двигатели с глубоким пазом. По наличию шунтирующей обмотки: двигатели без шунтирующей обмотки и асинхронные двигатели с шунтирующей обмоткой.

Поскольку двигатель с ротором типа «беличья клетка» надежен в работе и имеет очень простую конструкцию, небольшой вес и низкую стоимость, он используется очень широко. Основным его недостатком является сложность регулировки скорости. Ротор обмоточного трехфазного двигателя состоит из трех секций, подключаемых к внешнему реостату, который имеет щетки и действует аналогично статору. Пуск и скорость двигателя управляются реостатом.

Синхронный двигатель

В отличие от асинхронного двигателя частота вращения синхронного двигателя постоянная при различных нагрузках. Синхронные двигатели находят применение для привода машин постоянной скорости (насосы, компрессоры, вентиляторы).

В статоре синхронного электродвигателя размещается обмотка, подключаемая к сети трехфазного тока и образующая вращающееся магнитное поле. Ротор двигателя состоит из сердечника с обмоткой возбуждения. Обмотка возбуждения через контактные кольца подключается к источнику постоянного тока. Ток обмотки возбуждения создает магнитное поле, намагничивающее ротор. Роторы синхронных машин могут быть явнополюсными (с явновыраженными полюсами) и неявнополюсными (с неявновыраженными полюсами). На рис. а) изображен сердечник 1 явнополюсного ротора с выступающими полюсами. На полюсах размещены катушки возбуждения 2. На рисунке б) изображен неявнополюсный ротор, представляющий собой ферромагнитный цилиндр 1. На поверхности ротора в осевом направлении фрезеруют пазы, в которые укладывают обмотку возбуждения 2.



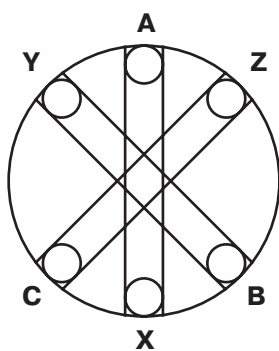


Рис. 1

Использование вращающегося магнитного поля

Особенностью многофазных систем является возможность создать в механически неподвижном устройстве вращающееся магнитное поле.

Катушка, подключенная к источнику переменного тока, образует пульсирующее магнитное поле, т.е. магнитное поле, изменяющееся по величине и направлению.

Возьмем цилиндр с внутренним диаметром D . На поверхности цилиндра разместим три катушки, пространственно смещенные относительно друг друга на 120° . Катушки подключим к источнику трехфазного напряжения (рис. 1). На рис. 2 показан график изменения мгновенных токов, образующих трехфазную систему.

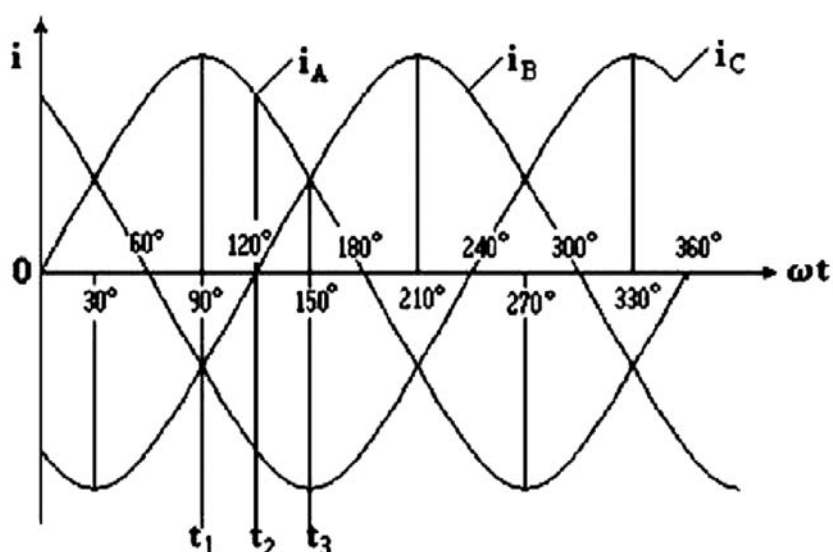


Рис. 2

Каждая из катушек создает пульсирующее магнитное поле. Магнитные поля катушек, взаимодействуя друг с другом, образуют результирующее вращающееся магнитное поле, характеризующееся вектором результирующей магнитной индукции \vec{B} .

На рис. 3 изображены векторы магнитной индукции каждой фазы и результирующий вектор \vec{B} , построенные для трех моментов времени t_1, t_2, t_3 . Положительные направления осей катушек обозначены +1, +2, +3.

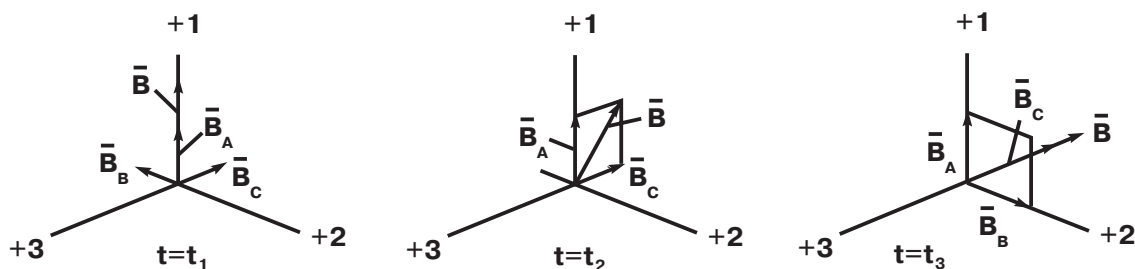


Рис. 3

В момент $t = t_1$ ток и магнитная индукция в катушке А-Х положительны и максимальны, в катушках В-У и С-З - одинаковы и отрицательны. Вектор результирующей магнитной индукции равен геометрической сумме векторов магнитных индукций катушек и совпадает с осью катушки А-Х. В момент $t = t_2$ токи в катушках А-Х и С-З одинаковы по величине и противоположны по направлению. Ток в фазе В равен нулю. Результирующий вектор магнитной индукции повернулся по часовой стрелке на 30° . В момент $t = t_3$ токи в катушках А-Х и В-У одинаковы по величине и положительны, ток в фазе С-З максимален и отрицателен, вектор результирующего магнитного поля размещается в отрицательном направлении оси катушки С-З. За период переменного тока вектор результирующего магнитного поля повернется на 360° .

Линейная скорость перемещения вектора магнитной индукции

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D}{T} = \pi \cdot D \cdot f_1 = \pi \cdot D \cdot n_1, \quad n_1 = f_1 \left(\frac{\text{об}}{\text{с}} \right),$$

где f_1 - частота переменного напряжения;

T - период синусоидального тока;

n_1 - частота вращения магнитного поля или синхронная частота вращения.

За период T магнитное поле перемещается на расстояние 2τ , где $\tau = \frac{\pi D}{2P}$ - полюсное деление или расстояние между полюсами магнитного поля по длине окружности цилиндра диаметром D .

$$\text{Линейная скорость } V_1 = \frac{2\tau}{T} = 2\tau \cdot f_1, \quad \pi D \cdot n_1 = 2\tau \cdot f_1 = \frac{2\pi \cdot D}{2P} \cdot f_1,$$

$$\text{откуда } n_1 = \frac{f_1}{P} \left(\frac{\text{об}}{\text{с}} \right) = \frac{60f_1}{P} \left(\frac{\text{об}}{\text{мин}} \right),$$

где n_1 - синхронная частота вращения многополюсного магнитного поля с числом пар полюсов P .

1. Катушки, изображенные на рис. 1, создают двухполюсное магнитное поле, с числом полюсов $2P = 2$. Частота вращения поля равна 3000 об/мин. Чтобы получить четырехполюсное магнитное поле, необходимо внутри цилиндра диаметром D поместить шесть катушек, по две на каждую фазу. Тогда магнитное поле будет вращаться в два раза медленней, с $n_1 = 1500$ об/мин.

Принцип действия асинхронного двигателя

Асинхронный двигатель имеет неподвижную часть, именуемую статором, и вращающуюся часть, называемую ротором. В статоре размещена обмотка, создающая вращающееся магнитное поле. Различают асинхронные двигатели с короткозамкнутым и фазным ротором. В пазах ротора с короткозамкнутой обмоткой размещены алюминиевые или медные стержни. По торцам стержни замкнуты алюминиевыми или медными кольцами. Статор и ротор набирают из листов электротехнической стали, чтобы уменьшить потери на вихревые токи.

Фазный ротор имеет трехфазную обмотку (для трехфазного двигателя). Концы фаз соединены в общий узел, а начала выведены к трем контактными кольцам, размещенным на валу. На кольца накладывают неподвижные контактные щетки. К щеткам подключают пусковой реостат. После пуска двигателя сопротивление пускового реостата плавно уменьшают до нуля. Принцип действия асинхронного двигателя рассмотрим на модели, представленной на рис. 4.

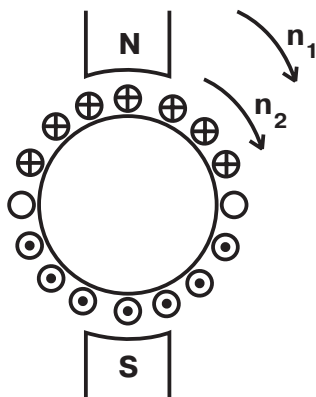


Рис. 4

Вращающееся магнитное поле статора представим в виде постоянного магнита, вращающегося с синхронной частотой вращения n_1 . В проводниках замкнутой обмотки ротора индуцируются токи. Полюса магнита перемещаются по часовой стрелке. Наблюдателю, разместившемуся на вращающемся магните, кажется, что магнит неподвижен, а проводники роторной обмотки перемещаются против часовой стрелки. Направления роторных токов, определенные по правилу правой руки, указаны на рис. 4.

Пользуясь правилом левой руки, найдем направление электромагнитных сил, действующих на ротор и заставляющих его вращаться. Ротор двигателя будет вращаться с частотой вращения n_2 в направлении вращения поля статора. Ротор вращается асинхронно, т.е. частота вращения его n_2 меньше частоты вращения поля статора n_1 . Относительная разность скоростей поля статора и ротора называется скольжением.
$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

Скольжение не может быть равным нулю, так как при одинаковых скоростях поля и ротора прекратилось бы наведение токов в роторе и, следовательно, отсутствовал бы электромагнитный вращающий момент. Скольжение заторможенного двигателя равно единице. Говорят, что двигатель работает в режиме короткого замыкания.

Частота вращения ненагруженного асинхронного двигателя n_2 приблизительно равна синхронной частоте n_1 . Скольжение ненагруженного двигателя $S \sim 0$. Говорят, что двигатель работает в режиме холостого хода. Скольжение асинхронной машины, работающей в режиме двигателя, изменяется от нуля до единицы.

Асинхронная машина может работать в режиме электромашинного тормоза. Для этого необходимо ее ротор вращать в направлении, противоположном направлению вращения магнитного поля статора. В этом режиме $S > 1$. Как правило, асинхронные машины используются в режиме двигателя.

Асинхронный двигатель является наиболее распространенным в промышленности типом двигателя. Частота вращения поля в асинхронном двигателе жестко связана с частотой сети f_1 и числом пар полюсов статора. При частоте $f_1 = 50$ Гц существует следующий ряд частот вращения.

P	1	2	3	4
n_1, об/мин	3000	1500	1000	750

Скорость поля статора относительно ротора называется скоростью скольжения

$$n_s = n_1 - n_2$$

Асинхронные двигатели имеют простую конструкцию и надежны в эксплуатации. Недостатком асинхронных двигателей является трудность регулирования их частоты вращения. Чтобы реверсировать трехфазный асинхронный двигатель (изменить направление вращения двигателя на противоположное), необходимо поменять местами две фазы, то есть поменять местами два любых линейных провода, подходящих к обмотке статора двигателя.

Однофазный асинхронный двигатель

Однофазный двигатель имеет одну обмотку, расположенную на статоре. Однофазная обмотка, питаемая переменным током, создаст пульсирующее магнитное поле. Поместим в это поле ротор с короткозамкнутой обмоткой. Ротор вращаться не будет. Если раскрутить ротор сторонней механической силой в любую сторону, двигатель будет устойчиво работать. Объяснить это можно следующим образом.

Пульсирующее магнитное поле можно заменить двумя магнитными полями, вращающимися в противоположных направлениях с синхронной частотой n_1 и имеющими амплитуды магнитных потоков, равные половине амплитуды магнитного потока пульсирующего поля. Одно из магнитных полей называется прямовращающимся, другое - обратновращающимся. Каждое из магнитных полей индуцирует в роторной обмотке вихревые токи. При взаимодействии вихревых токов с магнитными полями образуются вращающие моменты, направленные встречно друг другу.

1. Однофазный двигатель не имеет пускового момента. Он будет вращаться в ту сторону, в которую раскручен внешней силой.

2. Из-за тормозного действия обратновращающегося поля характеристики однофазного двигателя хуже, чем трехфазного.

Для создания пускового момента однофазные двигатели снабжают пусковой обмоткой, пространственно смещенной относительно основной, рабочей обмотки на 90° . Пусковая обмотка подключается к сети через фазосдвигающие элементы: конденсатор или активное сопротивление.

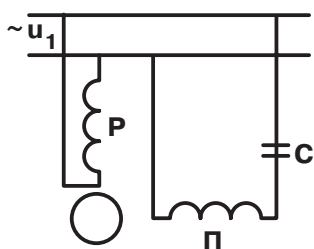


Рис. 5

На рис. 5 показана схема включения обмоток двигателя, где P - рабочая обмотка, П - пусковая обмотка. Емкость фазосдвигающего элемента C подбирают таким образом, чтобы токи в рабочей и пусковой обмотках различались по фазе на 90° . Трехфазный асинхронный двигатель может работать от однофазной сети, если подключить его обмотки по следующим схемам. (Рис. 6)

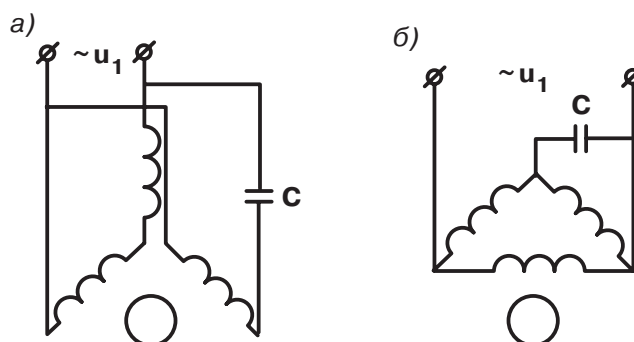
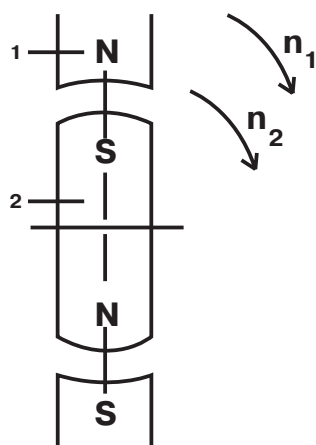


Рис. 6

В схеме на рис. 6а) статорные обмотки соединены звездой. В схеме на рис. 6б) статорные обмотки соединены треугольником. Величина емкости $C \approx 60 \text{ мкф}$ на 1 кВт мощности.

Принцип действия синхронного двигателя.



Вращающееся магнитное поле статора представим в виде магнита 1. Намагниченный ротор изобразим в виде магнита 2. Повернем магнит 1 на угол α . Северный магнитный полюс магнита 1 притянет южный полюс магнита 2, а южный полюс магнита 1 - северный полюс магнита 2. Магнит 2 повернется на такой же угол α . Будем вращать магнит 1. Магнит 2 будет вращаться вместе с магнитом 1, причем частоты вращения обоих магнитов будут одинаковыми, синхронными, $n_2 = n_1$.

Синхронный двигатель, на роторе которого отсутствует обмотка возбуждения, называется синхронным реактивным двигателем.

Ротор синхронного реактивного двигателя изготавливается из ферромагнитного материала и должен иметь явно выраженные полюсы. Вращающееся магнитное поле статора намагничивает ротор. Явнополюсный ротор имеет неодинаковые магнитные сопротивления по продольной и поперечной осям полюса. Силовые линии магнитного поля статора изгибаются, стремясь пройти по пути с меньшим магнитным сопротивлением. Деформация магнитного поля вызовет, вследствие упругих свойств силовых линий, реактивный момент, вращающий ротор синхронно с полем статора.

Если к вращающемуся ротору приложить тормозной момент, ось магнитного поля ротора повернется на угол θ относительно оси магнитного поля статора.

С увеличением нагрузки этот угол возрастает. Если нагрузка превысит некоторое допустимое значение, двигатель остановится, выпадет из синхронизма.

У синхронных двигателей отсутствует пусковой момент. Это объясняется тем, что электромагнитный вращающий момент, воздействующий на неподвижный ротор, меняет свое направление два раза за период T переменного тока. Из-за своей инерционности, ротор не успевает тронуться с места и развить необходимое число оборотов.

В настоящее время применяется асинхронный пуск синхронного двигателя. В пазах полюсов ротора укладывается дополнительная короткозамкнутая обмотка.

Вращающееся магнитное поле статора индуцирует в короткозамкнутой пусковой обмотке вихревые токи. При взаимодействии этих токов с магнитным полем статора образуется асинхронный электромагнитный момент, приводящий ротор во вращение. Когда частота вращения ротора приближается к частоте вращения статорного поля, двигатель втягивается в синхронизм и вращается с синхронной скоростью. Короткозамкнутая обмотка не перемещается относительно поля, вихревые токи в ней не индуцируются, асинхронный пусковой момент становится равным нулю.

III. Неисправность обмотки трехфазного асинхронного двигателя (принцип обнаружения)

Обмотки являются важной частью двигателя, их неисправность может быть вызвана старением изоляции двигателя, агрессивной окружающей средой, механическими и электромагнитными силами. Кроме того, ненормальная работа двигателя, например, длительная перегрузка, низкое напряжение питания или нарушение фаз также может привести к неисправности обмотки. Далее будет описан принцип обнаружения неисправной обмотки.

Проверка обрыва цепи обмотки ротора

Обмотка цепи ротора может иметь следующие виды обрывов:

- (1) соединительного провода обмотки, разрыв мест соединения, непроайка;
- (2) обрыв одной фазы обмотки;
- (3) соединение параллельных цепей;
- (4) обрыв петли и обрыв одной или нескольких шунтирующих обмоток.

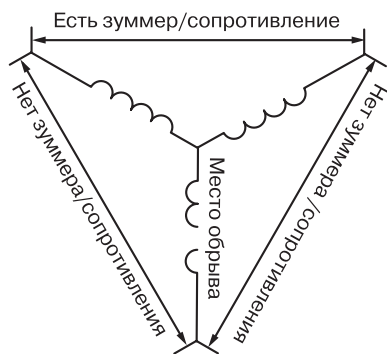
1. Причина обрыва цепи

- (1) Заводской дефект или дефект ремонта, плохая пайка.
- (2) Обрыв обмотки, вызванный внешними механическими силами.
- (3) Перегорание провода петли, что может быть вызвано межвитковым коротким замыканием или проблемами с заземлением.
- (4) Увеличение тока при параллельном соединении обмоток, вызванным обрывом одной или нескольких катушек.

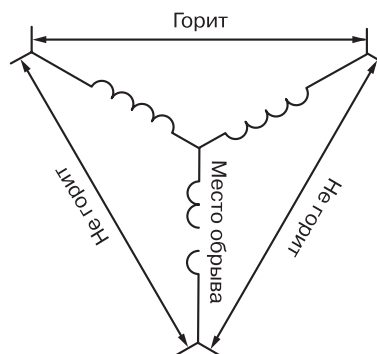
2. Проверка оборванной цепи

Проверка с помощью омметра или контрольной лампочки.

Для двигателей, использующих включение типа «звезда» или «треугольник», необходимо использовать разные проверки. На рисунке 7.1 показано использование омметра и индикаторной лампочки.



Проверка с помощью омметра



Проверка с помощью контрольной лампочки

Рис. 7.1

Для проверки целостности трехфазных обмоток они должны проверяться отдельно (рис. 7.2)

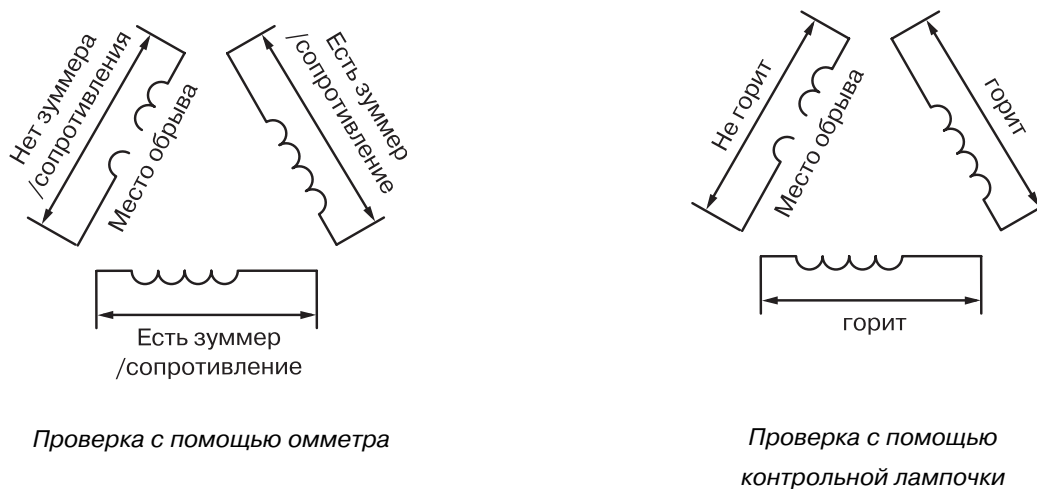


Рис. 7.2

Ремонт оборванной цепи

- (1) Если обрыв цепи вызван плохим контактом в месте соединения, сдвиньте изолирующую трубку, пропаяйте место соединения и снова наденьте изолирующую трубку.
- (2) Если на обмоточном или на соединительном проводе имеется место без изоляции, очистите место без изоляции, подложите один слой изоляционной бумаги и пропаяйте.
- (3) Если необходимо отремонтировать обмотку в пазу, нагрейте петлю до 120°C, удалите изоляцию и вытащите обмотку из паза, разберите поврежденную петлю, обрежьте провод, который подходит к соединению, припаяйте его, используя тот же тип провода, и наденьте изоляцию на паяное соединение. Затем вставьте петлю назад в паз, нанесите изолирующую краску. Если повреждение значительное, смените обмотку.
- (4) Удаление сгоревшего конца обмотки. Нагрейте петлю и удалите изоляцию, затем добавьте оборванный виток, подготовив конец каждого провода, припаяйте к концу оборванного провода такой же тип провода.

Проверка заземления полюсов обмотки

Неисправность заземления обмотки проводов может заключаться в следующем: повреждение изоляции обмотки, контакт между проводом и корпусом или железным сердечником.

Причина неисправности заземления обмотки

- (1) Неправильная установка провода, порча изоляции провода, что может привести к скрытым дефектам.
- (2) Изоляция не работает из-за того, что она состарилась или отсырела.
- (3) Изоляция провода повреждена из-за трения о корпус.
- (4) Длительный перегрев, вызванный постоянными перегрузками или частыми пусками двигателя, приведший изоляцию к преждевременному старению.
- (5) Плохая фиксация или наличие заусенцев у отдельного листа стального сердечника, который может повредить изоляцию обмотки.

Способ проверки заземления

- (1) Осмотр: если во время работы двигателя имеются шум и вибрации; проверить качество изоляции и наличие пыли.
- (2) Способ тестирования с использованием индикаторной лампочки и мультиметра.

Сначала разберите соединения, которые находятся между обмотками фаз в соединительной коробке, и убедитесь в отсутствии взаимных замыканий, проверьте каждую фазу с помощью индикаторной лампочки или мультиметра (низкоомный блок). Если индикаторная лампочка горит ярко или показания мультиметра являются нулевыми, значит, обмотка фазы соединена с землей; если лампочка горит тускло или значения мультиметра велики (низкоомный блок), то эта фазовая обмотка имеет большое сопротивление с землей. Оценив заземление, осмотрите саму точку заземления – нет ли нарушения изоляции и наличия пыли у места подключения заземления. Если нет, то проверьте паз, для чего потребуется обрезать соединительный провод фазовой обмотки статора и проверить каждую группу обмоток мультиметром (низкое сопротивление).

Ремонт заземления

- (1) Если место заземления находится у выемки и у нескольких проводов или у отдельного места имеется нарушение изоляции. Способ состоит в следующем: разберите обмотку с помощью нагрева и вставьте такой же тип изолирующего материала между проводами и железным сердечником, уложите на место проводник и покрасьте изолирующей краской.
- (2) Если заземляющее подключение находится в пазу, разберите эту обмотку и восстановите все параметры, которые были изначально.
- (3) Если дефект заземления зависит от изоляции, которая нарушена выступающим стальным листом, выровняйте этот лист вместе со всеми, а место нарушения изоляции покрасьте изолирующей краской.
- (4) Если обмотка отсырела, то необходимо ее просушить. После сушки сопротивление изоляции между обмоткой и заземлением должно быть более 0,5 МОм.

Проверка наличия короткого замыкания полюсных обмоток

Обычной неисправностью обмотки является короткое межвитковое, межфазное или межобмоточное замыкание.

Причина короткого замыкания обмотки

- (1) Нарушение межвитковой изоляции, дефект изолирующей прокладки, нарушение внутреннего слоя и нарушения, вызванные неправильной эксплуатацией.
- (2) Обмотка двигателя повреждена повышенной температурой, что может быть вызвано постоянной перегрузкой двигателя, его частыми пусками, повышенным напряжением питания или пропаданием фазы.
- (3) Нарушение изоляция точки соединения или проводов между полярными фазами.
- (4) Изоляция обмотки сильно отсырела, и двигатель был включен без необходимой просушки, что привело к нарушению изоляции.
- (5) Если обычный двигатель используется в особых условиях (например, химически агрессивная среда, высокотемпературные цеха и т.п.), то изоляция двигателя может быть легко повреждена.

Способ обнаружения короткого замыкания

- (1) Используя омметр или мультиметр, проверьте межфазную изоляцию; измерьте сопротивление между каждыми двумя отдельными фазными обмотками. Если сопротивление изоляции меньше 0,5 МОм, то это означает короткое замыкание между фазами.
- (2) Используя индикатор коротких замыканий, проверьте короткое замыкание между витками обмотки. Индикатор работает по принципу трансформатора. Он имеет разомкнутый сердечник с обмоткой возбуждения, как у трансформатора. Поднесите датчик с источником переменного тока к пазу железного сердечника статора, чтобы получить замкнутую магнитную цепь. Проверьте каждый паз вдоль всей канавки. При прохождении короткозамкнутой обмотки, она будет являться вторичной обмоткой трансформатора. В это время амперметр будет показывать большое значение.

Вместо амперметра можно использовать стальной лист толщиной 0,5 мм или лезвие от старой пилы, которые вставляются в паз проверяемой обмотки. В случае обнаружения короткого замыкания обмотки стальной лист начинает сильно вибрировать. Необходимо отметить, что для многообмоточного двигателя каждая ветка должна быть проверена с помощью детектора.

Ремонт обмотки с коротким замыканием

- (1) Если имеется короткое замыкание между полярными фазами в верхней петле, сначала разберите обмотку, нагрев ее, а потом вставьте изолирующую прокладку или втулку.
- (2) Если короткое замыкание вызвано повреждением изолятора переемычки или соединительного провода сверху обмотки, разберите петлю путем нагрева и добавьте в необходимое место изолирующие прокладки.
- (3) Если конец обмотки имеет межвитковое замыкание (несколько витков). Сначала разберите обмотку, нагрев ее, разберите замыкающую часть, вытащите ее, соедините оставшиеся витки и изолируйте их.
- (4) Если короткое межвитковое замыкание находится в нижнем слое, разберите обмотку путем нагрева, вытащите верхнюю катушку и сделайте все уже описанным способом.

Оценка неисправностей обмоток

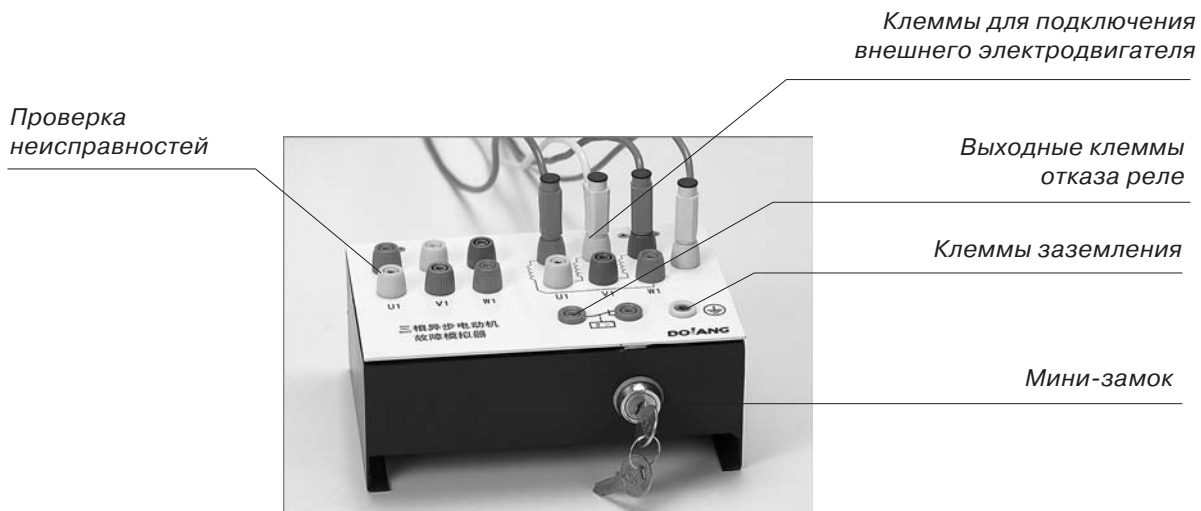
Оцените качество двигателя по его виду, по запаху и с помощью измерительных приборов. Зрительный осмотр: если двигатель работает, определите наличие дыма, послушайте звук двигателя – нет ли сильного шума и вибраций. Проверка запаха: нет ли особого запаха горения изоляции. Измерительные приборы позволяют производить множество проверок: например, большую помощь может оказать универсальный измерительный прибор. Переключите прибор на измерение сопротивления и проверьте одинаковость сопротивлений; сопротивление между каждой фазой и корпусом должно быть более 5 кОм. Затем с помощью измерительного прибора проверьте коммутационный блок.



IV. Имитатор отказов трехфазного асинхронного двигателя

Краткое описание имитатора отказов трехфазного асинхронного двигателя

Имитатор отказов позволяет моделировать 13 видов различных неисправностей обмоток трехфазных асинхронных двигателей, включая короткое замыкание между каждой фазой и корпусом, короткое замыкание между фазами, межвитковые короткие замыкания и т.п.



Примечание:

Поле поиска неисправности используется, главным образом, для проверки двигателя и поиска причины отказа.

Внешнее наборное поле двигателя используется для подключения внешнего двигателя, что означает возможность подключения другой модели двигателя, отличающейся от используемой в имитаторе.

Мини-замок используется для задания типа неисправности, путем отключения клемм от наружных цепей.

Основные пункты проверки:

- (1) Моделирование неисправности заземления фазы U
- (2) Моделирование неисправности заземления фазы V
- (3) Моделирование неисправности заземления фазы W
- (4) Моделирование короткого замыкания обмотки фазы U
- (5) Моделирование короткого замыкания обмотки фазы V
- (6) Моделирование короткого замыкания обмотки фазы W
- (7) Моделирование обрыва обмотки фазы U
- (8) Моделирование обрыва обмотки фазы V
- (9) Моделирование обрыва обмотки фазы W
- (10) Моделирование короткого замыкания обмоток фаз U и V
- (11) Моделирование короткого замыкания обмоток фаз U и W
- (12) Моделирование короткого замыкания обмоток фаз V и W
- (13) Моделирование неисправности реле

Подключите все шесть выходных клемм исправного двигателя к задней панели имитатора. На имитаторе имеются шесть других клемм, которые являются выходами обмоток двигателя. Во время эксперимента с помощью мультиметра или омметра можно сразу определить тип неисправности.

Таблица соответствия положения переключателя и типа неисправности

Положение переключателя	Вводимая неисправность
S1	Неисправность заземления U1
S2	Неисправность заземления V1
S3	Неисправность заземления W1
S4	Обрыв фазной обмотки W1
S5	Короткое замыкание фазной обмотки W
S6	Короткое замыкание фазных обмоток U2 и W1
S7	Обрыв фазной обмотки V1
S8	Обрыв фазной обмотки V1
S9	Обрыв фазной обмотки V1
S10	Неисправность заземления фазы U1
S11	Неисправность заземления фазы U1
S12	Отсутствие соединения фазных обмоток U1 и V1
S13	Неисправность реле



V. Моделирование и обнаружение неисправностей трехфазного асинхронного двигателя

Точка заземления

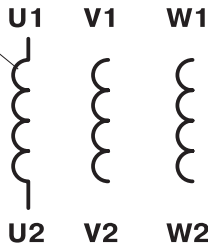


Рис.8. Моделирование неисправности заземления фазы U1

1) Неисправность заземления фазы U1

Допустим, переключатель установлен в положение S1, что означает моделирование неисправности заземления фазы U1. Результат измерения: 100 кОм.

Способ обнаружения неисправности: подключите омметр к одному концу обмотки и к корпусу двигателя, соответственно (в данном случае U1 и корпус), и измерьте сопротивление изоляции между U фазой и землей. Если сопротивление изоляции меньше 0,5 МОм, то это означает, что эта клемма соединена с землей.

Точка заземления

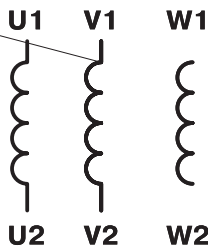


Рис.9. Моделирование неисправности заземления фазы V1

2) Неисправность заземления фазы V1

Допустим, переключатель установлен в положение S2, что означает моделирование неисправности заземления фазы V1. Способ обнаружения неисправности аналогичен способу, используемому для проверки заземления фазы U1.

Результат измерения: 51 кОм

Точка заземления

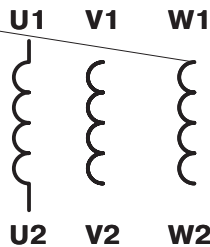


Рис.10. Моделирование неисправности заземления фазы W1

3) Неисправность заземления фазы W1

Допустим, переключатель установлен в положение S3, что означает моделирование неисправности заземления фазы W1.

Способ обнаружения неисправности аналогичен способу, используемому для проверки заземления фазы U1.

Результат измерения: 10 кОм.

Точка обрыва

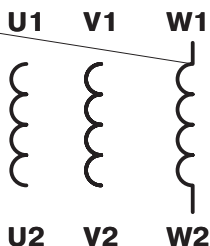


Рис.11. Моделирование обрыва фазной обмотки W1

4) Моделирование обрыва фазной обмотки W1

Допустим, переключатель стоит в положение S4, что означает моделирование обрыва фазной обмотки W1.

Способ обнаружения неисправности: подключите мультиметр или омметр к двум клеммам обмотки, соответственно (а именно, U1 и U2), и измерьте сопротивление обмотки. Если измерительный прибор ничего не показывает, то это означает обрыв цепи.

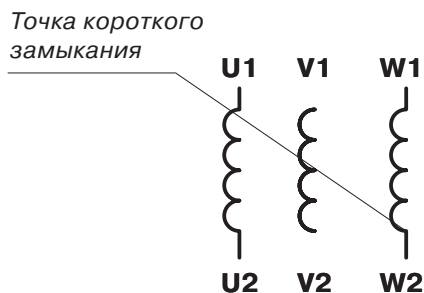


Рис. 12. Моделирование короткого замыкания фазных обмоток W1 и W2

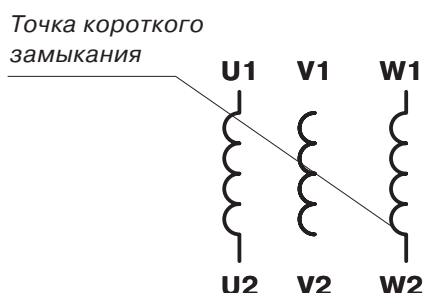


Рис. 13. Моделирование короткого замыкания фазных обмоток U2 и W1

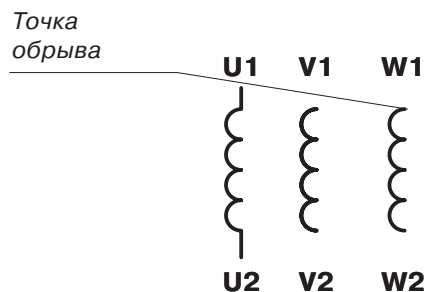


Рис. 14. Моделирование обрыва фазной обмотки V1

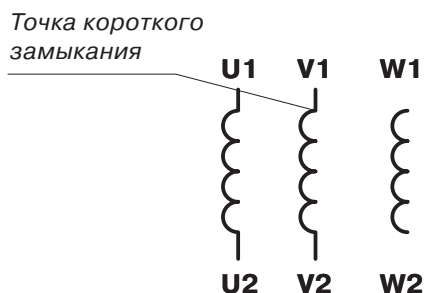


Рис. 15. Моделирование короткого замыкания фазных обмоток V1 и V2

5) Моделирование короткого замыкания фазной обмотки W

Допустим, переключатель стоит в положении S5, что означает моделирование короткого замыкания фазной обмотки W.

Способ обнаружения неисправности: подключите омметр к двум клеммам обмотки, соответственно (а именно, U1 и U2), и измерьте сопротивление обмотки. Если измерительный прибор показывает небольшое значение, то это означает короткое замыкание обмотки.

Результат измерения при наличии неисправности: 1 кОм.

6) Моделирование короткого замыкания фазных обмоток U2 и W1

Допустим, переключатель установлен в положение S6, что означает моделирование короткого замыкания обмоток U2 и W1.

Способ обнаружения неисправности: подключите омметр к двум клеммам отдельных обмоток, соответственно (а именно, U1 и W1), и измерьте сопротивление. Если измерительный прибор покажет небольшое значение сопротивления, то это означает, что обмотки закорочены. Сопротивление в исправном состоянии должно быть более 0,5 МОм.

Результат измерений при наличии дефекта: 150 кОм.

7) Моделирование обрыва фазной обмотки V1

Допустим, переключатель установлен в положение S7, что означает моделирование обрыва фазной обмотки V1.

Способ обнаружения неисправности: подключите мультиметр или омметр к двум клеммам каждой обмотки, соответственно (а именно, U1 и U2), и измерьте сопротивление обмотки. Если измерительный прибор ничего не показывает, то это означает, что обмотка оборвана.

8) Моделирование короткого замыкания фазной обмотки V

Допустим, переключатель стоит в положение S8, что означает моделирование короткого замыкания фазной обмотки V.

Способ обнаружения неисправности: подключите омметр к двум клеммам обмотки, соответственно (а именно, U1 и U2), и измерьте сопротивление изоляции обмотки. Если измерительный прибор показывает очень небольшое значение, то это означает, что обмотка закорочена.

Результат измерений в случае неполадки: 100 Ом.

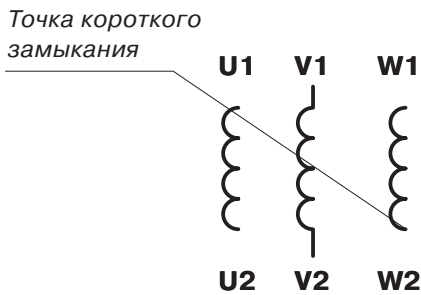


Рис. 16. Моделирование короткого замыкания фазных обмоток W2 и V1

9) Моделирование короткого замыкания фазных обмоток W2 и V1

Допустим, переключатель установлен в положение S8, что означает моделирование короткого замыкания фазной обмотки V. Способ обнаружения неисправности: подключите омметр к двум клеммам обмотки, соответственно (а именно, U1 и U2), измерьте сопротивление изоляции обмотки. Если измерительный прибор покажет очень небольшое значение сопротивления, то это означает, что обмотка имеет короткое замыкание. В исправном состоянии сопротивление должно быть не менее 0,5 МОм.

Измеренное значение в случае отказа: 100 кОм.

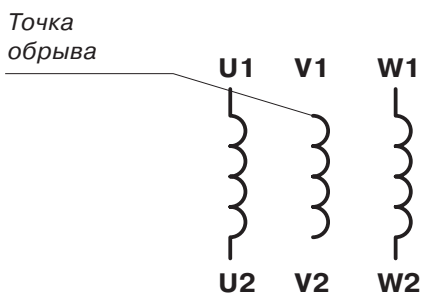


Рис. 17. Моделирование обрыва фазной обмотки U1

10) Моделирование обрыва фазной обмотки U1

Способ обнаружения неисправности: подключите омметр к двум клеммам каждой обмотки, соответственно (а именно, U1 и U2), и измерьте сопротивление изоляции обмотки. Если измерительный прибор не показывает сопротивления, то это означает, что обмотка оборвана. В исправном состоянии сопротивление изоляции должно быть более 0,5 МОм.

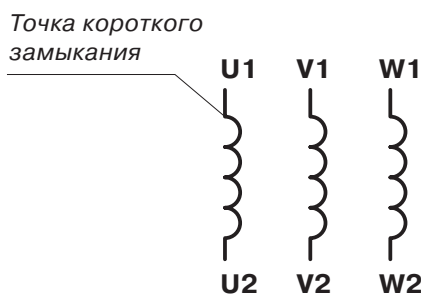


Рис. 18. Моделирование короткого замыкания фазной обмотки U

11) Моделирование короткого замыкания фазной обмотки U

Допустим, переключатель установлен в положение S11, что означает моделирование короткого замыкания фазной обмотки U. Способ обнаружения неисправности: подключите омметр к двум клеммам каждой обмотки, соответственно (а именно, U1 и U2), и измерьте сопротивление изоляции обмотки. Если измерительный прибор не показывает никакого значения, то это означает, что обмотка оборвана.

Измеренное значение в случае неисправности: 10 Ом.

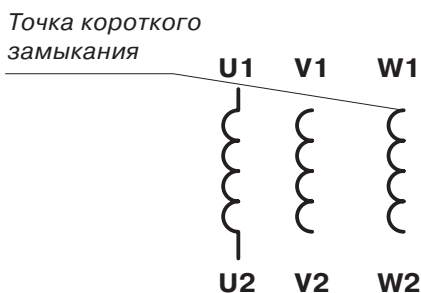


Рис. 19. Моделирование короткого замыкания фазных обмоток U1 и V2

12) Моделирование короткого замыкания фазных обмоток U1 и V2

Допустим, переключатель установлен в положение S12, что означает моделирование короткого замыкания фазных обмоток U1 и V2. Способ обнаружения неисправности: подключите мультиметр или омметр к двум клеммам каждой обмотки, соответственно (а именно, U1 и V2), и измерьте сопротивление изоляции обмоток. Если измеритель ничего не показывает, то это означает, что обмотки не замкнуты. Сопротивление в исправном состоянии должно быть более 0,5 МОм.

Измеренное значение: 51 кОм.

Точка короткого замыкания

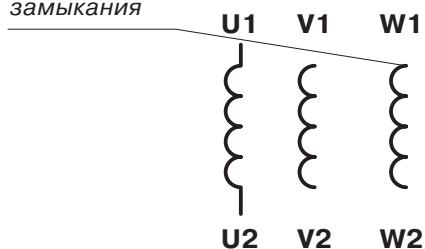


Рис.20. Моделирование неисправности реле
Неисправность реле создается моделированием неисправности прямого включения/выключения с помощью переключателя S13

13) Неисправность реле

Примечание:

Приведенные выше неисправности являются имитациями, и указанные методы рекомендуется в качестве метода поиска именно этих неисправностей. Информацию о неисправностях см. в разделе IV (Имитатор отказов трехфазного асинхронного двигателя).

■ ■ ■ VI. Разборка и сборка двигателя

■ ■ ■ Суть операции

1. Разборка асинхронного двигателя

1) Отключение соединительных проводов между двигателем и внешними клеммами и пометка фазы.

2) Шаги разборки:

- шкив или вал
- наружная крышка переднего подшипника
- передняя концевая крышка
- козырек
- вентилятор
- наружная крышка заднего подшипника
- задняя концевая крышка; h – снятие ротора
- передний подшипник
- внутренняя крышка переднего подшипника
- задний подшипник
- внутренняя крышка заднего подшипника.

3) Разборка шкива или вала

Перед разборкой двигателя необходимо поставить метку на шкив или вал; используя специальный съемник, снимите шкив, применяя вдоль оси необходимую силу (при этом не испортите центральное отверстие на оси ротора).

4) Разберите концевую крышку, снимите ротор

Перед разборкой поставьте метку на соединении кожуха и концевой крышки, чтобы при сборке установить их точно так же. Разберите крышку подшипника, вывинтив винты, крепящие концевую крышку, вкрутите болты в каждое резьбовое отверстие на концевой крышке и привинтите болты к вкладышу, чтобы снять крышку (если концевая крышка большая, то ее следует подвесить с помощью стропов). Если резьбовых отверстий на концевой крышке нет, то для ее снятия симметрично выбивайте концевую крышку молотком, но выбивайте очень аккуратно, чтобы не испортить крышку. У небольших двигателей ротор можно снять вручную, это нужно делать так, чтобы не испортить обмотки, на конец обмотки необходимо надеть метку.

5) Разборка и прочистка подшипника

Перед разборкой подшипника выберите подходящий съемник. Силу можно прикладывать только к внутреннему кольцу, но не к внешнему. Следите за тем, чтобы съемник не повредил центральное отверстие оси ротора (тогда нельзя будет производить смазку). Перед разборкой подшипник должен быть промыт специальным очистителем. Если подшипник поврежден, его нужно заменить.

2. Сборка асинхронного двигателя

- 1) С помощью сжатого воздуха удалите внутреннюю пыль, убедитесь в исправности всех частей двигателя.
- 2) Сборка двигателя производится в обратной последовательности, используемой при разборке.
- 3) При сборке можно использовать способ горячей или холодной посадки.

Внимание!

- 1) Во избежание дополнительных проблем по центрированию, при сборке основания двигателя необходимо использовать регулировочные шайбы.
- 2) При разборке и сборке ротора необходимо совмещать ключевые метки. Не допускайте порчи обмоток. Перед разборкой и сборкой двигателя необходимо проверять изоляцию обмоток.
- 3) Для разборки нельзя использовать обычный молоток – при разборке и сборке ротора нужно использовать медный, алюминиевый или деревянный молоток, при этом молотком постукивайте симметрично.
- 4) К внутренней крышке подшипника необходимо крепить толстый медный провод, который перед фиксацией концевой крышки пропускается через сборочное отверстие, так что наружная крышка подшипника может быть легко собрана.
- 5) Во время сборки подшипника с горячей посадкой нагрев должен быть не выше 100°C. На рабочем месте обязательно должен быть огнетушитель.
- 6) Чистящее средство, которое использовалось для очистки двигателя и подшипников, необходимо сливать только в специальный слив.
- 7) Место для работы с двигателями должно содержаться в чистоте.

■ ■ ■ VII. Упаковочный лист имитатора неисправностей ■ ■ ■ трехфазного асинхронного двигателя

- 1) Основание двигателя (стальная пластина толщиной 2,5 мм, покрашенная в черный цвет) выполнено аккуратно и выглядит красиво. На основание установлены четыре резиновых втулки для виброизоляции.
- 2) Имеются безопасные клеммы, удобные для выполнения необходимых переключений (включение двигателя типа Y или Δ) и защищающие клеммы двигателя.
- 3) Имеются шесть кабелей (каждый длиной 1 м), прошедшие необходимую проверку, соответствующие военному стандарту США и снабженные соединительными штекерами Ø4 мм.

Основные характеристики SDDL-ETM7114

Пуск и регулировки скорости трехфазного асинхронного двигателя: Y – Δ

Номинальная мощность: PN = 0,25 кВт

Номинальное напряжение: UN = 380 В

Номинальная частота: FN = 50 Гц

Номинальный ток: IN = 0,83 А

Уровень изоляции: E LEVEL

Степень защиты корпуса: IP44

Номинальная скорость: 1400 об/мин

Количество полюсов: 4 полюса, cosΦ = 0,7 (без нагрузки)

Сопrotивление изоляции исправного двигателя: 500 МОм

Электрическая прочность: пробой может произойти при подаче напряжения 1760 В между обмоткой двигателя и корпусом в течение 1 минуты после повышения температуры

Электрический зазор и изоляция: 3,0 мм

Основные характеристики SDDL-ETM90S4

Пуск и регулировки скорости трехфазного асинхронного двигателя: Y – Δ

Номинальная мощность: PN = 0,25 кВт

Номинальное напряжение: UN = 380 В

Номинальная частота: FN = 50 Гц

Номинальный ток: IN = 0,83 А

Уровень изоляции: E LEVEL

Степень защиты корпуса: IP44

Номинальная скорость: 1400 об/мин

Количество полюсов: 4 полюса, cosΦ = 0,7 (без нагрузки)

Сопrotивление изоляции исправного двигателя: 500 МОм

Электрическая прочность: пробой может произойти при подаче напряжения 1760 В между обмоткой двигателя и корпусом в течение 1 минуты после повышения температуры.

Электрический зазор и изоляция: ≥ 3,0 мм

VIII. Параметры сопряженного двигателя

Краткое описание

Название	Единица измерений	Количество	Примечания
Имитатор неисправностей трехфазного асинхронного двигателя	Комплект	1	
Инструкция	Экземпляр	1	
Испытательный провод (красный)	Провод	2	
Испытательный провод (зеленый)	Провод	2	
Испытательный провод (желтый)	Провод	2	
Испытательный провод (двухцветный)	Провод	2	

