



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

Государственный  
Комитет по делам изобретений и открытий  
(19) **SU** (11) **744376** **A**

3(5D) G 01 R 31/902

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 2009547/26-21

(22) 28.04.74

(46) 30.06.80. Бюл. № 24

(72) Е.П.Бессуднов

(53) 621.313.3:621.315.6.001.4(088.8)

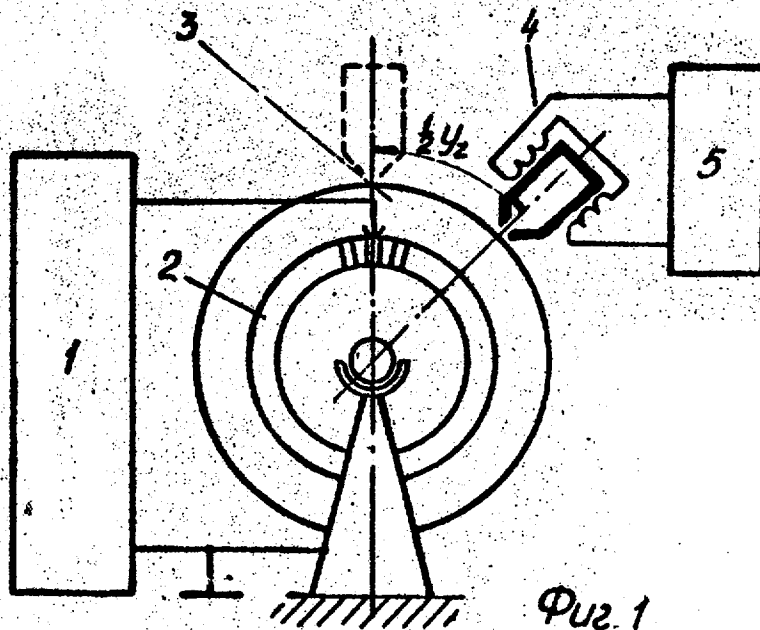
(56) 1. Испытания витковой изоляции электрических машин. Сб. статей под общ. ред. Л.Г.Мамиконянце, М.-Л., Госэнергоиздат, 1959, с. 65-68.

2. Бессуднов Е.Н., Обнаружение мест дефектов изоляции обмоток электрических машин постоянного тока. М., "Энергия", 1977, 220 с.

3. Авторское свидетельство СССР № 205941, кл. 21 d<sup>3</sup>, 2; 21e, 29/11. МПК H 02 d; G 01 R.

4. Козырев Н.А., Изоляция электрических машин и методы ее испытания. М.-Л., Госэнергоиздат, 1962, с. 119, 123, 133, 154-160, 190-191.

(54) (57) СПОСОБ ИСПЫТАНИЯ ВИТКОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК ЯКОРЕЙ КОЛЛЕКТОРНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА, включающий подачу на коллектор электрической машины относительно корпуса заданного испытательного напряжения и фиксацию наличия дефектов витковой изоляции индукционным датчиком, расположенным от места подачи испытательного напряжения на половину шага по пазам, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности испытания путем проведения испытаний на переменном токе, создают режим последовательного резонанса в испытываемой обмотке якоря на ее первой резонансной частоте путем изменения частоты испытательного напряжения.



09 **SU** (11) **744376** **A**

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано на предприятиях, изготавливающих, эксплуатирующих и ремонтирующих электрические машины постоянного тока.

Для испытания витковой изоляции собранных обмоток электрических машин обычно применяются импульсные методы: "метод бегущей волны" и испытания индуктированным импульсным напряжением [1, 2].

Наиболее близким техническим решением к данному изобретению является способ испытания витковой изоляции при котором напряжение от генератора импульсных напряжений подается на коллектор якоря относительно корпуса [3]. Индикация виткового замыкания осуществляется при этом путем изменения с помощью индукционного датчика и индикатора уровней импульсного магнитного поля испытываемой обмотки якоря по резким изменениям уровней поля.

Однако, как известно [4], для того, чтобы выявить как можно больше дефектов и ослаблений изоляции, ее необходимо испытывать переменным, постоянным и импульсным напряжением, так как каждый вид напряжения обладает лучшей (по отношению к другим видам напряжения) избирательной способностью к отдельным дефектам изоляции. При одном роде напряжения может выявляться ряд дефектов, не обнаруживаемых другими видами испытательных напряжений. Поэтому, ограничиваясь испытаниями витковой изоляции только импульсным напряжением, используя известные способы и устройства, не обеспечивается в полной мере необходимая эффективность этих испытаний. Следует также иметь в виду, что при испытаниях витковой изоляции импульсным напряжением иногда имеет место явление восстановления импульсной прочности изоляции ("самозалечивание" изоляции). Это может привести к пропуску брака на последующие операции при производстве обмоток или усложнить процесс точного обнаружения места дефекта изоляции. Кроме того, величины испытательных междувитковых напряжений для обмоток якорей ограничиваются допустимой величиной напряжения перекрытия по поверхности миканита между соседними коллекторными

пластинами. Поэтому, если сравнивать два вида напряжений равной амплитуды-переменное и импульсное, - то последнее оказывается менее эффективным, особенно для новой изоляции, так как для этого случая коэффициент импульса может достигать значений 1,8-2 [4].

Целью изобретения является повышение эффективности испытаний за счет проведения испытаний на переменном токе.

Сущность изобретения состоит в том, что на коллектор якоря электрической машины постоянного тока относительно корпуса подаются заданное испытательное напряжение синусоидальной формы и создают в испытываемой обмотке режим последовательного резонанса на ее первой резонансной частоте путем изменения частоты испытательного напряжения, фиксируя наличие дефектов витковой изоляции индукционным датчиком, отстоящим от места подачи испытательного напряжения на половину шага по пазам.

На фиг. 1 приведена схема испытания витковой изоляции обмоток якорей по описываемому способу; на фиг. 2 в качестве примера даны зависимости испытательных напряжений на секциях  $U_c$  в начале (кривая 1), середине (кривая 2) и конце (кривая 3) обмотки якоря тягового двигателя НБ-420 магистрального электровоза от частоты напряжения  $f$ , воздействующего на вход испытываемой обмотки относительно корпуса (см. фиг. 1); на фиг. 3 изображена основная закономерность индуктивных связей  $M$  секций, лежащих в верхнем и нижнем слоях обмоток якорей электрических машин постоянного тока.

Схема испытания витковой изоляции обмоток якорей включает в себя генератор синусоидального напряжения 1 меняющейся частоты, напряжение с выхода которого подается на коллектор 2 испытываемого якоря 3, индукционного датчика 4 и индикатора 5 (фиг. 1).

Для повышения эффективности испытания витковой изоляции собранных обмоток якорей электрических машин постоянного тока подаются с помощью скользящего контакта синусоидальное напряжение на коллектор 2 якоря 3 относительно корпуса (фиг. 1) и, изменяя частоту синусоидального напря-

жения генератора 1, создают режим последовательного резонанса на первой (нижней) резонансной частоте испытываемого якоря. 3. Режим последовательного резонанса устанавливают по тем же признакам, что и для последовательного колебательного контура с сосредоточенными параметрами. Свойство обмоток электрических машин - проявлять себя в области первой резонансной частоты как последовательный колебательный контур при изолированном конце и возбуждении со стороны входа - выявлено экспериментально и подтверждено теоретически. 15

В отличие от последовательного колебательного контура обмотка электрической машины имеет сложную схему и конструкцию: наличие нескольких параллельных цепей; двухслойность обмотки; наличие сильных индуктивных связей секций, лежащих в одном общем пазу и др. По этим причинам последовательный резонанс в обмотке электрической машины имеет существенные отличительные особенности по сравнению с резонансом в последовательном контуре. А именно. При последовательном резонансе в обмотке электрической машины имеет место специфический характер распределения напряжений секций  $U_c$  (или междувитковых испытательных напряжений) вдоль обмотки. Так, для обмоток якорей электрических машин постоянного тока максимальные испытательные напряжения  $U_c$  относятся к середине обмотки, отстоящей от места подачи напряжения от генератора 1 на половину шага по пазам (зубцам)  $1/2 Y_z$ , (см. фиг. 1 и кривую 2 фиг. 2). В начале обмотки якоря (кривая 1) и в конце ее (кривая 3, фиг. 2) испытательные напряжения секций  $U_c$  наименьшие. Остальные секции характеризуются постепенным возрастанием напряжений  $U_c$  от минимальных уровней, свойственных началу и концу обмотки якоря, до максимальных - в середине ее. Основная закономерность распределения испытательных напряжений секций  $U_c$  как в петлевых, так и в волновых обмотках якорей отражена на конкретном примере обмотки якоря четырехполюсного тягового двигателя НБ-420 магистрального электровоза (см. фиг. 2). Якорь имеет петлевую обработку с уравнительными соединениями. Шаг по пазам (зубцам)  $Y_z$  - 1-15.

Специфический характер распределения вдоль обмотки якорей испытательных напряжений секций  $U_c$  (фиг. 2) в основном объясняется закономерными для обмоток якорей машин постоянного тока индуктивными связями  $M$  секций, лежащих в одном пазу (фиг. 3), и соотношением фаз этих напряжений. Так, фазы напряжений  $U_c$  секций (верхняя и нижняя стороны двух секций), лежащих в среднем пазу ( $1/2 Y_z$ , паз 8 для обмотки якоря тягового двигателя типа НБ-420, фиг. 3), одинаковые. Близки друг к другу и фазы напряжений  $U_c$  соседних пазов, например секций пазов 7 и 9. Фазы напряжений  $U_c$  секций, отстоящих друг от друга, например, на шаг по пазам  $Y_z$  (секции пазов 1 и 15, фиг. 3), значительно отличаются друг от друга, поэтому напряжения  $U_c$  в начале (1) и конце (3) обмотки якоря незначительные (фиг. 2), несмотря на постоянную величину взаимной связи  $M$  секций, лежащих в одном пазу (фиг. 3). Максимальные испытательные напряжения  $U_c$  в середине обмотки якоря (2, фиг. 2) обусловлены одновременно режимом последовательного резонанса и совпадением фаз напряжений  $U_c$  секций, лежащих в одном пазу. Создавая режим последовательного резонанса в обмотке якоря можно обеспечить достаточно высокие около 100% от напряжения на входе обмотки  $U_{к1}$ , (фиг. 2) испытательные синусоидальные напряжения  $U_c$  секций.

Испытания витковой изоляции обмоток якорей машин постоянного тока осуществляются по данному способу следующим образом. На коллектор 2 якоря 3 подают относительно корпуса с помощью скользящего контакта напряжение от генератора синусоидального напряжения меняющейся частоты 1 (фиг. 1). Индукционный датчик 4 индикатора 5 фиксирует над поверхностью обмотки на расстоянии 1-2 мм и располагают его над секцией, отстоящей от места подачи напряжения на удалении по ходу обмотки на половину шага по пазам  $1/2 Y_z$  в одном из следующих положений: над выводами витков этой секции у петушков коллектора (фиг. 1); над пазовой ее частью (датчик показан пунктиром на фиг. 1); над лобовой частью секции. Для любого из этих положений датчик 4 ориентирует воздушным зазором его маг-

нитопровода вдоль витков испытываемой обмотки якоря 3 (фиг. 1). Выбор того или иного положения индукционного датчика определяется технологическим состоянием и конструкцией испытываемой обмотки: окончательно готовый якорь; якорь на стадии изготовления - после укладки обмотки в пазы, соединения ее с коллектором и расклиновки; якорь с проволочными бандажами; якорь, имеющий обмотку с многовитковыми катушками или с одновитковыми катушками (или стержнями). Далее, изменяя частоту напряжения генератора 1 начиная с низких частот добиваются режима последовательного резонанса для обмотки якоря 3 на ее первой резонансной частоте. Эту основную операцию данного способа достаточно выполнить однажды, чтобы установить значение первой резонансной частоты обмоток якорей данного типа и требуемые величины испытательных напряжений, обеспечиваемые при этом режиме испытания. Проворачивая якорь 3 на валу (фиг. 1), обеспечивают равномерное испытание секций максимальным напряжением, свойственным секции, отстоящей от места подачи напряжения на половину шага по пазам  $1/2 Y_2$  (кривая 2, фиг. 2). Важно отметить, что скользящий по поверхности коллектора токопроводящий контакт (фиг. 1) коммутирует коллекторные пластины, между которыми сравнительно низкое напряжение (ср. кривые 1 и 2, фиг. 2). Причем, эта коммутация коллекторных пластин не сказывается на показаниях индикатора витковых замыканий 5, так как его индукционный датчик 4 (фиг. 1) расположен над секцией, не имеющей непосредственной электрической и магнитной связи в общих пазах с коммутируемой (первой секцией от генератора 1).

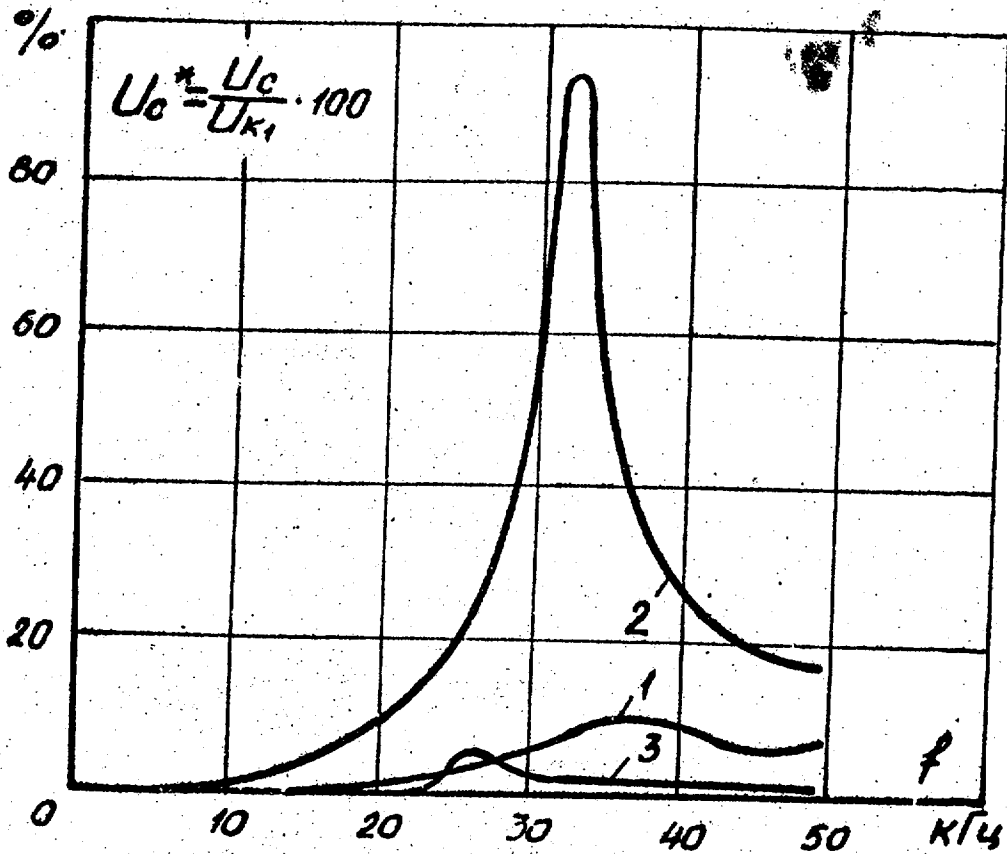
Располагая индукционный датчик 4 индикатора 5 над секцией, отстоящей от места подачи напряжения на половину шага по пазам  $1/2 Y_2$  (фиг. 1)

обеспечивают максимальную чувствительность к дефектам типа виткового замыкания, так как указанная секция характеризуется максимальными испытательными напряжениями (кривая 2, фиг. 2). Кроме того, другая секция, лежащая в одном пазу с дефектной и проявляющая себя как индуктор по отношению к короткозамкнутому витку, также характеризуется максимальными испытательными напряжениями. Все это явствует из анализа упрощенной схемы обмоток якорей, приведенной на фиг. 3, и кривых фиг. 2.

При наличии в испытываемой обмотке якоря дефекта типа виткового замыкания и проворачивании якоря на валу показания индикатора 5 (фиг. 1) резко изменяются, когда под индукционным датчиком располагается дефектная секция или секция, связанная с дефектной уравнивателями (в петлевых обмотках).

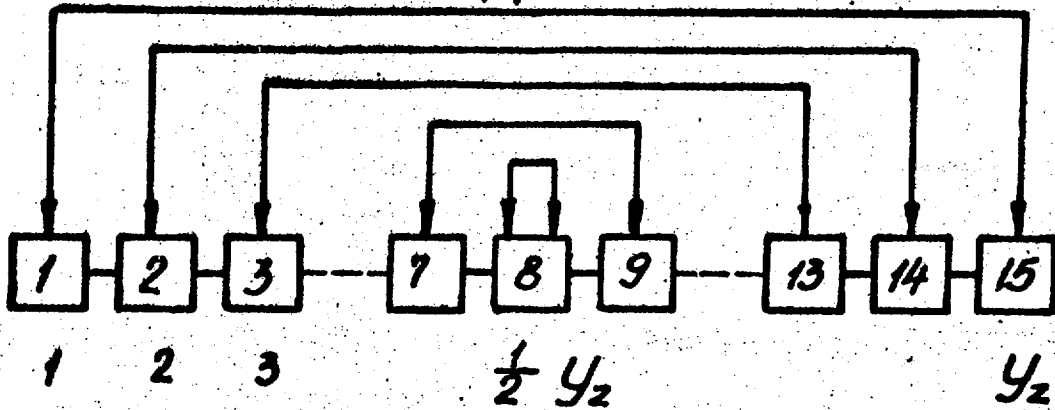
Применение синусоидального высокого испытательного напряжения, обеспечиваемого режимом последовательного резонанса на первой резонансной частоте обмотки якоря, позволяет повысить эффективность испытания витковой изоляции за счет обнаружения тех дефектов изоляции, которые не обнаруживаются или выявляются недостаточно уверенно и четко при импульсном напряжении, обычно используемом в практике испытаний.

В конечном счете ценность изобретения заключается в сокращении брака в процессе производства обмоток электрических машин за счет своевременного и эффективного выявления дефектов витковой изоляции, в повышении качества выпускаемых электрических машин и оборудования, в котором они используются и в повышении надежности работы электрических машин и соответствующих систем в процессе их эксплуатации.



Фиг. 2

М



Фиг. 3

Редактор С. Титова

Техред М. Моргентал

Корректор А. Тяско

Заказ 4934

Тираж 65

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
по делам изобретений и открытий  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4