



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

# POPIS VYNÁLEZU

## K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(61)

(23) Výstavní priorita  
(22) Přihlášeno 01 12 78  
(21) (PV 7952-78)  
(89) 134 024 DD  
(32) (31) (33) Právo přednosti od 27 12 77  
(WP H 02 K/202 939) DD

(40) Zveřejněno 30 07 82

(45) Vydáno

-9. 12. 82

(11) **218 86**  
**B1**

(51) Int. Cl.<sup>3</sup> H 02 K 15/1

(75)

Autor vynálezu

HELFRIED JOHN ing.,

STENDER JÖRGEN dipl.ing.,

DRÁŽDANY (DD)

(54)

Způsob impregnování vinutých uzlů velkých elektrických strojů

Vynález se týká způsobu impregnování vinutých uzlů velkých elektrických strojů a týká se výroby otáčejících se elektrických strojů.

Cílem je vysoce kvalitní, racionálně získané impregnování vinutých statorů a rotorů nebo jednotlivých vinutých svazků jádra při odstranění problémů zpracovatelnosti nebo ztrát v důsledku zbylé pryskyřice, podmíněné technologií.

Úkol spočívá v úplném vyplnění impregnační pryskyřicí všech dutých prostor v drážkách bez použití vakua nebo tlaku, přičemž impregnační pryskyřice nemá zůstat v nádržích. V souladu s vynálezem částečně odkryté drážky se naplňují zalitím vysoce reaktivní syntetické pryskyřice a při pomalém otáčení uzlu se nahřívají shora do želatinování syntetické pryskyřice.

ÚŘAD PRO VYNÁLEZY A OBJEVY				08. V. 81	DOŠLO	202 939 6 7 7 5	Čj.
PV.....		CAS.	OSOBY/POŠTA				
НАЗВАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ	ÚTVAR	REF	VYŘÍZ				

Способ пропитки обмотанных узлов больших электрических машин

Область применения изобретения

Изобретение касается пропитки обмотанных узлов больших динамоэлектрических машин с открытыми пазами, которые закрываются пазовыми клиньями. Это в частности роторы или пакеты сердечника ротора, и статоры или пакеты сердечника статора, которые можно вращать в ренском колесе.

По смыслу это также может быть применено в узлах с полуоткрытыми пазами, в роторах, обмотка которых закреплена бандажами, и в узлах, пазы которых закрываются пропускающими смолу пазовыми затворами, напр. из фасонных деталей из филаментных стеклонитей.

Характеристика известных технических решений

Высококачественным способом пропитки является пропитка под давлением в вакууме. Технические затраты на этот способ - вакуумированный резервуар для пропитки под давлением, грубый и точный вакуумные насосы, резервуар для пропитки, охлаждающее устройство для резервуара для пропитки - велики, особенно в том случае, если способом сплошной пропитки должны быть пропитаны готовые, снабженные обмоткой пакеты сердечников, ротор и статор. Затраты возрастают вместе с ростом размеров машин, так что способ сплошной пропитки имеет хозяйственные ограничения из-за стоимости установок.

Кроме того должно быть активировано значительно больше пропиточной смолы, чем впитывается подвергающимся пропитке узлом, так что из-за ограниченной жизнеспособности смолы необходима многократная пропитка узлов.

Значительно меньшие технические затраты требует вращательная пропитка (прокатывание при погружении), при которой частично погруженный узел прокатывается в открытой пропиточной ванне. При этом активированное количество пропиточной смолы также меньше, чем при сплошной пропитке, так что проблемы жизнеспособности могут быть решены меньшим числом пропиток. Однако степень заполнения узлов пропиточной смолой является неудовлетворительной: смола низкой вязкости позволяет хорошее проникновение в полость паза до основания паза, однако при дальнейшем вращении значительные количества смолы выливаются из паза. Смола высокой вязкости, наоборот, недостаточно проникает в узкие полости пазов. В обоих случаях при пропитке погружением полностью покрывающая пазы и подпитывающая смола препятствует, в зависимости от вязкости, улетучиванию мельчайших пузырьков воздуха в пазе.

Наряду с погружением из DE-AS 1613 195 известно также капание пропиточной смолы на боковую поверхность обмотанного пакета сердечника, так что пропиточная смола проникает в пазы через отверстия в пазовых затворах или через промежутки между пазовыми затворами.

Однако этот способ не пригоден для больших машин, в частности для машин с профильной обмоткой, так как полное заполнение пазов пропиточной смолой также не гарантировано, как и при погружении без вакуума, и так как должно быть активировано большое количество пропиточной смолы, которая не проникает во внутрь, а стекает и частично образует толстые наслоения на пакете сердечника, которые подвергают опасности существование необходимого воздушного зазора и препятствуют отводу тепла.

И, наконец, также известно нагнетание с помощью специальных устройств высокореактивной пропиточной смолы в снабженные обмоткой пазы через сквозные отверстия в пазовых клиньях, спускные полосы, прокладки и вставки, причем пакет сердечника продолжает вращаться медленно, и непосредственно после этого при более высокой скорости вращения весь пакет сердечника необходимо покрыть пропиточной смолой методом разбрызгивания

(патент ГДР № I03 348). Однако при этом возникают трудности, связанные с осуществлением герметизации находящихся под давлением сопел в отверстиях пазовых затворов, и управление затруднительно и трудоемко.

### Цель изобретения

Целью изобретения является высококачественная и рациональная пропитка обмотанных узлов больших электрических машин при устранении проблем жизнеспособности или потерь из-за обусловленной технологией остающейся неиспользованной пропиточной смолы.

### Изложение сущности изобретения

Техническая задача изобретения состоит в полном заполнении всех полых пространств в пазах пропиточной смолой без применения вакуума или давления, причем пропиточная смола не должна оставаться в сосудах.

Согласно изобретению задача решается способом, по которому используются готовые обмотанные узлы, пазы которых после установления обмотки сначала неполностью закрываются пазовыми клиньями.

Частично открытые таким образом пазы при наклоне плоскости паза относительно горизонтали на  $45^\circ$  со шлицем паза вверх заполняются без давления посредством заливки высокореактивной пропиточной смолой с низким поверхностным натяжением. При этом узел медленно поворачивается, так что шлиц паза выходит наверх и в зоне паза нагревается. Это вызывает быстрое снижение вязкости, так что смола под действием силы тяжести стекает к основанию паза преимущественно по каналам, возникающим при сдвиге заслонки между элементом обмотки и стенкой паза.

Здесь смола распределяется по дну паза и полностью заполняет паз снизу вверх до тех пор, пока имеется проникающая в паз смола. Первоначально имеющиеся в пазах воздушные включения

вытесняются смолой наверх и улетучиваются через капиллярные каналы, которые еще не заполнены смолой. Скорость вращения ротора и нагрев так согласованы с пропитывающей смолой, что она желатинизируется прежде, чем большие количества могут вылиться за край паза. Эта стадия способа - заполнение пазов и нагрев - повторяются в течение одного или нескольких оборотов узла. Оказалось, что благодаря этой многошаговой пропитке пазы полностью от дна паза до его края заполняются пропиточной смолой.

Стекающая или капающая пропиточная смола улавливается при этом сосудом с жидкостью.

Затем пазы полностью закрываются другими пазовыми затворами.

При более высокой скорости вращения узел покрывают путем разбрызгивания собранной и растворенной синтетической смолой и, наконец, вся синтетическая смола полностью затвердевает при нагревании.

Неполное закрытие пазов происходит целесообразно посредством пазовых клиньев длиной 5 см, которые вдвигаются с интервалом 3 см, и после заполнения паза синтетической смолой вставляют с обеих сторон дополнительные пазовые клинья.

Полезным является применение пазовых клиньев, которые на внутренней стороне имеют продольные пазы.

Благоприятной формой нагрева синтетической смолы является инфракрасное облучение, причем используют синтетическую смолу, специально согласованную с нагревом инфракрасными лучами, в частности эпоксидную смолу, смешанную с до 20 % мелкодисперсного, электрически изолирующего пигмента темного цвета.

Возможно также нагрев синтетической смолы производить посредством передачи тепла от предварительно нагретого обмотанного узла.

Во многих случаях достаточно, если пазы остаются неполностью закрытыми.

Преимуществом является то, что стекающая или капающая во время пропитывания узла синтетическая смола улавливается в ванне с растворителем, в частности с этилгликолем, при этом она растворяется и вследствие этого почти мгновенно охлаждается, и что этот раствор синтетической смолы используется для заключительного нанесения покрытия разбрызгиванием.

#### Пример осуществления изобретения

На примере осуществления изобретения должна быть подробнее объяснена целесообразная форма изобретения.

Статор трехфазного асинхронного двигателя мощностью 1000 кВт для напряжения 6 кВ с изоляцией из синтетической смолы с термостойкостью класса F из предварительно пропитанных изоляционных полосок должен быть пропитан эпоксидной смолой. Для наложения обмотки статор арретируется во вращающемся на роликах ренском колесе и в таком положении будет также пропитан. Пазы статора неполностью закрыты пазовыми клиньями из скрепленного синтетической смолой слоистого прессованного материала, имеющими на внутренней стороне продольный паз, таким образом, что между пазовыми клиньями имеется интервал в 3 см. В качестве пропиточной смолы применяется высокорезактивная, затвердевающая при нагревании эпоксидная смола с низким поверхностным натяжением и добавкой 15 % высокодисперсного пигмента, имеющего при комнатной температуре высокую вязкость. Смола находится в герметичном резервуаре рядом со статором, и при надобности при использовании сжатого воздуха через шланг с соплом перекачивается в статор. В то время как статор вращается двигателем со встроенным редуктором посредством ролика в кронштейнах подшипников со скоростью 0,75 оборотов в минуту, в соответствующий паз на опускающейся стороне вращающегося статора, который находится под углом примерно  $45^{\circ}$  к самому низкому положению статора, перекачивается эпоксидная смола в промежутки между пазовыми затворами, причем она должна переливаться также и через пакет сердечника. Затем пазы проходят зону, в которой происходит концентрированный нагрев инфракрас-

ным излучателем. Благодаря темной пигментации смола в течение нескольких секунд нагревается, и вязкость ее сильно снижается, так что она глубоко проникает в пазы, особенно по каналам между элементом обмотки и сдвинутыми заслонками, и здесь снизу вверх заполняет все узкие полые пространства. При этом смола льется от пакета сердечника и через продольный паз пазовых клиньев и полые пространства распределяется также вдоль оси. Примерно через 20 сек. эпоксидная смола желируется, так что при увеличении наклона паза после прохождения самого низкого его положения ничего не может измениться.

После этого нижняя половина, т.е. дно пазов заполнено эпоксидной смолой, в то время как область пазов выше этого еще свободна от смолы. При следующем обороте пазы таким же образом опять заполняются смолой, которая благодаря нагреву становится еще более жидкой и заполняет следующую зону паза. При третьем обороте и наполнении пазов смолой это продолжается до тех пор, пока сам паз полностью и без полых пространств не будет пропитан, в то время как зона между пазовыми затворами остается еще свободной от смолы. Время пропитки до этой стадии составляет 260 сек. После этих трех шагов пропитки с обеих сторон задвигаются дополнительные пазовые затворы до полного закрытия пазов.

Во время процесса пропитки стекающая каплями с боков смола улавливается под статором ванны с этилгликолем. При этом капли эпоксидной смолы тотчас же растворяются в этилгликоле и принимают его температуру, так что они не желируются. Ванна имеет боковой отсос, так что предотвращается поднятие легко воспламеняющихся паров к инфракрасному излучателю. Растворенную эпоксидную смолу используют для проведения последнего шага пропитки. Он заключается в нанесении покрытия на имеющую полную обмотку и пазовые затворы, расточку статора и на концы обмотки. Для этого растворенная эпоксидная смола с помощью пистолета-распылителя разбрызгивается на статор, вращающийся со скоростью 20 оборотов в минуту. Растворитель легко испаряется с еще теплой поверхности, так что вся пропитка состоит, наконец, из одной и той же эпоксидной смолы, кото-

рая затем отвердевает в печи до единого покрытия.

Пропитка согласно изобретению придает обмотке высокую механическую прочность, улучшает электрические свойства, способствует хорошему отводу тепла из проводников и защищает пакет сердечника от вредных влияний окружающей среды.

Благодаря пропитке даже при сильных переменных нагрузках, например, из-за высокой частоты переключений, обеспечивается долговечное закрепление обмотки. Кроме того, эта пропитка достигает качества вакуумированной сплошной пропитки и требует по сравнению с ней незначительных эксплуатационно-технических затрат.

В противоположность вакуумной пропитке и пропитке прокатыванием нет потерь пропиточной смолы даже при пропитке отдельных статоров, так как ее требуется только так много, сколько входит в машину, а капающая пропиточная смола используется повторно. При этом затраты рабочего времени значительно меньше, чем при вакуумной пропитке.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

ÚRAD PRO VYNÁLEZY A OBJEVY				0 83 V 8 1	DOŠLO	0 1 6 7 7 5	Či.
PV . . . . .		ČAS 202	OSOБ./POŠTA				
PŘIL	ÚTVAR	REF	VYŘIZ				

1. Способ пропитки обмотанных узлов больших электрических машин, при котором пазы при использовании клиньев для закрытия пазов, включающих промежуточные пространства для прохождения пропиточного средства, заполняются жидкой при комнатной температуре и отвердевающей при нагреве синтетической смолой, не содержащей растворителя, отличающийся тем, что частично открытые пазы при наклоне плоскости паза к горизонтали под углом  $45^{\circ}$  со шлицем паза наверх наполняются посредством заливки без давления высокореактивной синтетической смолой с низким поверхностным натяжением; что узел медленно вращают дальше так, что положение пазов становится круче, причем проникающая смола нагревается, и скорость вращения узла и нагрев так согласованы с синтетической смолой, что она после четверти оборота желируется; что заливка и нагрев во время одного оборота или нескольких оборотов узла повторяется так часто, пока все пазы не будут заполнены синтетической смолой; что затем пазы полностью закрываются дополнительными пазовыми клиньями и, наконец, вся синтетическая смола посредством нагревания полностью отвердевает.

2. Способ пропитки по пункту 1, отличающийся тем, что для неполного закрытия пазов с интервалом около 3 см вставляются пазовые клинья длиной 5 см, а после заполнения пазов синтетической смолой на обеих сторонах вставляются дополнительные пазовые клинья до полного закрытия пазов.

3. Способ пропитки по пункту 1, отличающийся тем, что применяются пазовые затворы, имеющие на внутренней стороне продольный паз.

4. Способ пропитки по пункту 1, отличающийся тем, что нагрев синтетической смолы осуществляется инфракрасным излучателем.

5. Способ пропитки по пункту 4, отличающийся тем, что используется специально согласованная с инфракрасным излучателем синтетическая смола, в частности эпоксидная смола в смеси с 20 % мелкодисперсного, электрически изолирующего пигмента темного цвета.

6. Способ пропитки по пункту I, отличающийся тем, что нагрев синтетической смолы осуществляется посредством передачи тепла от предварительного нагретого обмотанного узла.

7. Способ пропитки по пункту I, отличающийся тем, что пазы остаются неполностью закрытыми.

8. Способ пропитки по пункту I, отличающийся тем, что стекающая или капающая при заливке пазов синтетическая смола улавливается в резервуаре с жидкостью.

9. Способ пропитки по пункту 8, отличающийся тем, что стекающая или капающая синтетическая смола улавливается в растворителе, в частности в этилгликоле, при этом она растворяется и вследствие этого почти мгновенно охлаждается, и что на узел, вращающийся с повышенной скоростью наносится разбрызгиванием растворенная синтетическая смола и нагревается затем до затвердевания.

ÚŘAD PRO VYNÁLEZY A OBJEVY				0 8 3 9 8 1	DOŠLO	0 1 6 7 7 5	Či
PV .....		CAS 202	OSOBY/POŠTA				
PŘIL	UTVAR	REF	VYŘIZ				

АННОТАЦИЯ

Изобретение касается способа пропитки обмотанных узлов больших электрических машин и касается изготовления вращающихся электрических машин.

Целью является высококачественная, рационально получаемая пропитка обмотанных статоров и роторов или отдельных обмотанных пакетов сердечника, при устранении проблем жизнеспособности или потерь из-за обусловленной технологией остающейся пропиточной смолы.

Задача состоит в полном заполнении пропиточной смолой всех полых пространств в пазах без применения вакуума или давления, причем пропиточная смола не должна оставаться в сосудах.

Согласно изобретению частично открытые пазы наполняются посредством заливки высокорективной синтетической смолой и при медленном вращении узла нагреваются сверху до желатинизации синтетической смолы. Наполнение синтетической смолой и нагревание повторяют до тех пор, пока пазы не заполнятся синтетической смолой. Стекающая каплями синтетическая смола улавливается в растворителе и используется для заключительного обрызгивания.

## P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Způsob impregnování vinutých uzlů velkých elektrických strojů, při němž se drážky při použití klínů pro uzavření drážek, včetně meziprostor pro průchod impregnačního prostředku, zaplňují syntetickou pryskyřicí, tekutou při pokojové teplotě a tvrdnoucí při ohřevu vyznačený tím, že částečně odkryté drážky při naklonění roviny drážky k horizontále pod úhlem  $45^{\circ}$ , se štěrbinou drážky vzhůru, se naplní zalitím bez tlaku vysoce reaktivní syntetickou pryskyřicí s nízkým povrchovým napětím, že uzel se dále pomalu otáčí tak, že poloha drážek je stočená, přičemž se proniklá pryskyřice nahřívá a rychlost otáčení uzlu i ohřev jsou sladěny tak se syntetickou pryskyřicí, že tato po čtvrtotáčce želatinuje, že zalití i ohřev během jedné otáčky nebo několika otáček uzlu se opakuje tak často, až se všechny drážky zaplní syntetickou pryskyřicí, že poté se drážky úplně zaplní doplňkovými klíny a nakonec všechna syntetická pryskyřice ohřátím úplně ztverdne.
2. Způsob impregnování podle bodu 1, vyznačený tím, že syntetická pryskyřice se vlévá do drážek do okamžiku jejich částečného zakrytí pomocí drážkových klínů o délce 5 cm, které se zasouvají s mezerou 3 cm, pak zalévá drážky až do jejich úplného zaplnění a potom se vloží na obou stranách doplňkové drážkové klíny až do úplného zakrytí drážek.
3. Způsob impregnování podle bodu 1, vyznačený tím, že syntetická pryskyřice prochází podélnými drážkami upravenými na vnitřní straně drážkových klínů.

4. Způsob impregnování podle bodu 1, vyznačený tím, že syntetická pryskyřice se ohřívá infračerveným zářičem.
5. Způsob impregnování podle bodu 4, vyznačený tím, že syntetická pryskyřice se speciálně sladí s infračerveným zářičem, zejména epoxydová pryskyřice ve směsi s 20 % jemně dispergovaného elektricky izolujícího pigmentu tmavé barvy.
6. Způsob impregnování podle bodu 1, vyznačený tím, že syntetická pryskyřice se ohřívá prostřednictvím předání tepla od předem ohřátého vinutého uzlu.
7. Způsob impregnování podle bodu 1, vyznačený tím, že syntetická pryskyřice se vlévá do drážek, které zůstávají zakryté pouze částečně.
8. Způsob impregnování podle bodu 1, vyznačený tím, že syntetická pryskyřice tekoucí nebo kapající při zalévání drážek se zachycuje v nádrži s kapalinou.
9. Způsob impregnování podle bodu 8, vyznačený tím, že syntetická pryskyřice stékající nebo kapající se zachycuje v ředidle, zejména v etylglykolu, přitom se ředí a v důsledku toho se okamžitě ochlazuje a na uzel, otáčející se zvýšenou rychlostí, se nanáší rozprašováním a poté se ohřívá do zatvrdnutí.

Uznáno vynálezem na základě výsledků expertizy, provedené Úřadem pro vynálezectví a patentnictví, Berlín, DD.