

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038299**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.08.06

(51) Int. Cl. **G01N 21/3554 (2006.01)**
G01N 21/552 (2006.01)

(21) Номер заявки
201900558

(22) Дата подачи заявки
2019.12.17

(54) **ИНФРАКРАСНЫЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ВЛАГИ В ТРАНСФОРМАТОРНОМ МАСЛЕ**

(43) **2021.06.30**

(96) **2019000137 (RU) 2019.12.17**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**КОРСАКОВ ВИКТОР СЕРГЕЕВИЧ
(RU)**

(72) Изобретатель:
**Корсаков Виктор Сергеевич,
Южакова Анастасия Алексеевна (RU)**

(56) Лашова А.А. и др. "Инфракрасный датчик с волоконно-оптическим зондом на основе кварцевых и галогенидсеребряных световодов для измерения влаги в трансформаторном масле". Материалы Международной научно-практической конференции. Альтернативная и интеллектуальная энергетика. Воронеж, 2018 г., стр. 67-68

RU-U1-72071
US-A-5343045
EP-A2-0335128

(57) Изобретение относится к измерительной технике, предназначенной для определения количества влаги в электромагнитных устройствах (масляных трансформаторах тока) в непрерывном режиме, работающей по принципам инфракрасной спектроскопии в диапазоне 1,45-3,42 мкм. Предлагается инфракрасный волоконно-оптический датчик для определения количества влаги в трансформаторном масле, включающий источник ИК излучения, выполненный в виде хромоникелевой нити накаливания и работающий в диапазоне от 0,8 до 6,0 мкм, волоконно-оптическую сборку, состоящую из двух частей: передающей и принимающей, каждая объединяет шесть каналов, четыре из которых изготовлены из волокон на основе кварца, прозрачных в диапазоне от 0,2 до 2,0 мкм, два - на основе галогенидов серебра системы AgCl-AgBr, прозрачных от 2,0 до 15,0 мкм, с содержанием в каждом канале не менее 300 волокон диаметром 100 мкм. Сборка оптически связана с конусом нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО), изготовленным на основе селенида цинка, с диаметром основания 13 мм и углом между основанием и образующей 45°. Излучение от источника поступает в передающую сборку к НПВО-конусу, в котором происходит преломление оптического сигнала и поглощение характеристических пиков воды и масла. Далее излучение передается по принимающей сборке через оптические фильтры к фотоприемникам и обрабатывается в блоке обработки сигналов датчика. Предлагаемый инфракрасный волоконно-оптический датчик для определения количества влаги в трансформаторном масле позволяет обеспечить непрерывный контроль без забора пробы с точностью до 0,1 об.% и высокой устойчивостью к электромагнитным помехам.

B1**038299****038299****B1**

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к измерительной технике, предназначенной для определения количества влаги в электромагнитных устройствах (масляных трансформаторах тока) в непрерывном режиме, работающей по принципам инфракрасной спектроскопии в диапазоне 1,45-3,42 мкм.

Предшествующий уровень техники

В настоящее время контроль количества влаги в трансформаторном или изоляционном масле осуществляется с помощью лабораторного аналитического оборудования и устройств непрерывного измерения, встраиваемых непосредственно в трансформатор тока. Среди способов, осуществляющих непрерывный контроль количества влаги в трансформаторном масле, различаются емкостные и оптические. Недостатком способа, основанного на измерении емкости, является низкая устойчивость к электромагнитным помехам и замер количества влаги в пробе масла. Оптические способы основаны на регистрации пиков поглощения детектируемых элементов, а именно трансформаторного масла и воды, в независимости от их агрегатного состояния и обеспечивают преимущество по точности и скорости анализа.

Инфракрасная спектроскопия является одним из основных оптических способов определения количества влаги в трансформаторном масле, поскольку данный метод позволяет обеспечить неразрушающий контроль влагосодержания и не затрудняет дальнейшее использование среды. Наличие газовых фракций и сторонних примесей также не оказывает влияния на точность измерения в связи с детектированием характеристических пиков поглощения химических связей контролируемых веществ на определенных длинах волн. Применение волоконно-оптических каналов доставки оптического сигнала позволяет повысить помехозащищенность датчика за счет удаления электрических компонентов из области сильных электромагнитных помех, позволяет расширить области применения оптического способа и реализовать промышленные погружные датчики контроля концентрации влаги в трансформаторном масле, востребованные в энергетической отрасли.

Известно устройство измерения влаги в изоляционном масле с использованием инфракрасной (ИК) спектроскопии (патент РФ № 72071, заявка 2007144137/22 от 27.11.2007, МПК G01N 21/81), которое включает два источника инфракрасного излучения, работающих на аналитической и опорной длинах волн, соответствующих полосам поглощения и пропускания воды, кювету для анализа пробы изоляционного масла, фотоприемник инфракрасного излучения, отраженного от кюветы с анализируемой пробой, усилитель фототока фотоприемника, аналого-цифровые преобразователи и систему обработки данных. Сущность полезной модели состоит в применении двух узкополосных источников инфракрасного излучения - светодиодов LED19-PR-1 и LED16-PR-1, работающих на длине волны 1930 нм (аналитической) и 1650 нм (опорной) соответственно, излучение которых отражается от кюветы с анализируемой пробой изоляционного масла и попадает на инфракрасный фотодиод PD24-05 с узкой диаграммой направленности, который чувствителен к излучению в диапазоне 1150-2320 нм, выходящий с фотоприемников сигнал обрабатывается цифровыми методами, результат измерения выводится на жидкокристаллический индикатор. Недостатком данного устройства является необходимость в отборе пробы изоляционного масла в кювету, а также использование одной длины волны поглощения воды 1930 нм, используемой в качестве аналитической, что приводит к длительному измерению концентрации влаги и низкой точности.

Прототипом предлагаемого датчика является устройство измерения влаги и растворенных газов SmartDGA производства LumaSense Technologies [LumaSense Technologies. SmartDGA Brochure-RU - Rev. 04/15/2019 (<http://smartdga.ru>)], которое относится к недисперсионным инфракрасным датчикам и содержит корпус, внутри которого расположена аналитическая ячейка, содержащая пробу паров масла, источник инфракрасного излучения, работающий в широком диапазоне спектра до 8 мкм, заключенный в оболочку, поглощающую электромагнитные и механические волны, устройство для направления излучения в коллимированный луч, проходящий через ячейку и оптические фильтры к инфракрасным детекторам. Сущность изобретения заключается в пропускании коллимированного луча инфракрасного излучения через аналитическую ячейку, заполненную пробой паров масла, к приемникам излучения для регистрации пиков поглощения присутствующих в масле газов и влаги. Погрешность измерений данного устройства составляет $\pm 2\%$, отбор пробы осуществляется один раз в 24 ч, защищенность корпуса до 4 кВА. Недостатком данного устройства является высокая погрешность измерения влаги в трансформаторном масле, низкая помехозащищенность, ограничивающая применение датчика трансформаторами малой мощности, необходимость в отборе пробы, а также малая частота ее отбора.

Существуют проблемы измерения количества влаги в трансформаторном масле, связанные с необходимостью отбора пробы масла, низкой частотой измерения влагосодержания и с высокими требованиями к помехозащищенности систем непрерывного контроля. Отбор пробы масла требует наличия квалифицированного персонала либо дополнительного оборудования для автоматического отбора, что повышает стоимость метода контроля влаги. Низкая частота измерения влагосодержания способствует увеличению риска аварийности трансформатора. Высокие требования к помехозащищенности устройств контроля ограничивают применение существующих измерительных систем и повышают стоимость аналитического оборудования за счет наличия дополнительных элементов защиты.

Целью указанного изобретения является разработка конструкции инфракрасного волоконно-

оптического датчика для определения количества влаги в трансформаторном масле, обеспечивающего непрерывный контроль влагосодержания без забора пробы, с точностью до 0,1 об.% и высокой устойчивостью к электромагнитным помехам.

Сущность изобретения

Задача изобретения состоит в создании погружного спектрального датчика влаги в трансформаторном масле, обеспечивающего возможность определения концентрационного содержания масла и воды в непрерывном режиме.

Технический результат изобретения состоит в повышении чувствительности и устойчивости к электромагнитным помехам.

Поставленная задача решена за счет того, что в инфракрасном волоконно-оптическом датчике для определения количества влаги в трансформаторном масле, включающем источник инфракрасного излучения широкого диапазона, волоконный канал передачи оптического сигнала, оптические фильтры и приемники излучения, отличающимся тем, что канал передачи выполнен в виде волоконной сборки, состоящей из 6 каналов, включающих не менее 300 волокон, каждое диаметром 100 мкм, длиной 80 см, 4 из которых изготовлены на основе кварцевого стекла, 2 - на основе кристаллов галогенидов серебра системы AgCl-AgBr, на свободном торце которой установлен конус нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО-конус), находящийся в непосредственном контакте с измеряемой средой, на закрепленном торце расположены источник ИК излучения и фотоприемники с фильтрами соответствующих частот, при этом в качестве источника ИК излучения используют хромо-никелевую нить накаливания, работающую в диапазоне 0,8-6,0 мкм, в качестве приемников ИК излучения используют фотодиоды для ближнего и среднего инфракрасного диапазона Lms25PD-05 и Lms36PD-05, соответственно.

Проведенные авторами исследования выявили возможность определения количественного содержания влаги в трансформаторном масле. Применение шести оптических каналов позволило охватить используемый диапазон длин волн от 1,45 до 3,42 мкм, причем четыре канала были изготовлены на основе кварца, прозрачного от 0,2 до 2,0 мкм, два - на основе галогенидов серебра системы AgCl-AgBr, прозрачных от 2,0 до 15,0 мкм. Было установлено, что наиболее интенсивные пики поглощения воды находятся при длинах волн 1,45 мкм, 1,95 мкм, 2,94 мкм, а масла - 1,73 мкм, 3,24 мкм. Исследования, проведенные авторами, выявили перспективность использования волокон на основе кварца и галогенидов серебра для передачи информации об указанных пиках поглощения, поскольку указанные волокна обеспечивают необходимый уровень прозрачности с сохранением длительности срока службы. Данные проведенных исследований свидетельствуют как о возможности определения количественного содержания влаги в трансформаторном масле, так и о высокой чувствительности датчика за счет использования большого количества пиков поглощения.

Перечень фигур

На чертеже показана оптическая схема инфракрасного волоконно-оптического датчика для определения количества влаги в трансформаторном масле, где 1 - источник инфракрасного излучения, 2 - волоконная сборка, передающая ИК излучение к НПВО-конусу, 3 - НПВО-конус, 4 - волоконная сборка, принимающая ИК излучение от НПВО-конуса, 5 - оптические фильтры, 6 - приемники ИК излучения, 7 - блок обработки сигналов и вывода информации.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

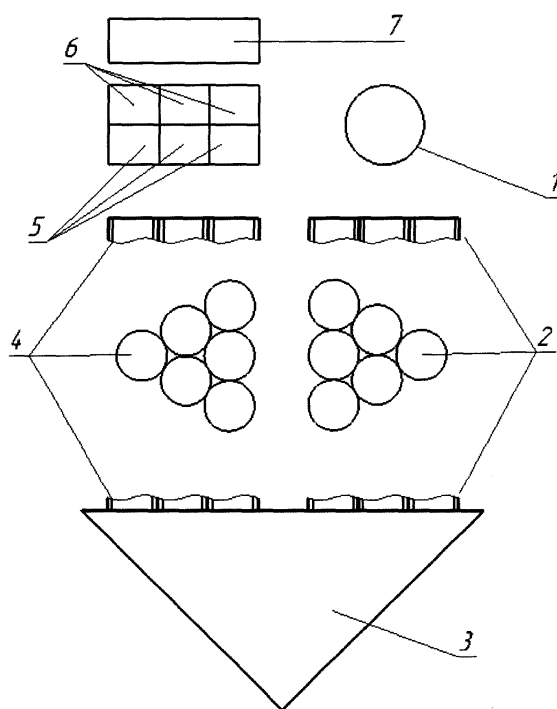
ИК излучение, источником которого является хромо-никелевая нить накаливания, работающая в диапазоне от 0,8 до 6,0 мкм (1) направляется в передающую волоконную сборку (2), состоящую из 6 каналов, 4 из которых изготовлены из кварцевых волокон, 2 - из волокон на основе галогенидов серебра системы AgCl-AgBr, каждый канал состоит не менее чем из 300 волокон, каждое диаметром 100 мкм, откуда поступает в НПВО-конус (3), изготовленный на основе селенида цинка - ZnSe с углом между образующей и основанием 45°, прозрачного в диапазоне от 0,5-22,0 мкм. После многократного нарушенного полного внутреннего отражения в НПВО-конусе спектр ИК излучения изменяется за счет поглощения излучения водой на длинах волн 1,45, 1,95, 2,95 мкм и трансформаторным маслом на длинах волн 1,73 и 3,42 мкм. Поглощение на указанных длинах волн сравнивается с опорной длиной волны 1,6 мкм; полученный спектр передается в принимающую волоконную сборку (4) откуда поступает через оптические фильтры (5) соответствующих длин волн к приемникам излучения (6) Lms25PD-05 и Lms36PD-05, причем фотоприемники первого типа соответствуют ИК излучению до 2 мкм, второго - более 2 мкм. Выходящий с фотоприемников милливольтовый сигнал усиливается в блоке обработки (7) до вольтовых значений и, после прохождения АЦП, математически пересчитывается в значения содержания воды в трансформаторном масле с точностью до 0,1 об.%.

Технический результат изобретения достигается благодаря измерению количества влаги в масле с помощью погружного волоконно-оптического канала, который позволяет вынести блок обработки сигналов вне области воздействия сильных электромагнитных помех трансформатора. Применение инфракрасной спектроскопии в диапазоне длин волн от 1,45 до 3,42 мкм, возможно благодаря комбинации волокон на основе кварца, прозрачных от 0,2 до 2,0 мкм, и на основе галогенидов серебра, прозрачных от 2,0 до 15,0 мкм. Наличие большего числа, чем в прототипе, пиков поглощения воды и масла позволяет повысить точность измерения до 0,1 об.%. Волоконно-оптическая сборка и НПВО-конус изготовлены из

диэлектрических материалов, которые не реагируют на воздействие высоких токов и/или напряжений трансформатора. Кроме того, в сравнении с прототипом, волоконно-оптический датчик определения количества влаги не требует забора пробы в измерительную ячейку за счет наличия погружного элемента - НПВО-конуса, что позволяет производить непрерывный контроль влагосодержания, ограниченный только частотой обработки сигналов.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Инфракрасный волоконно-оптический датчик в диапазоне 1,45-3,42 мкм для определения количества влаги в трансформаторном масле, включающий источник ИК излучения широкого диапазона, оптические фильтры, выделяющие характеристические пики поглощения воды, фотоприемники ИК излучения, а также блок обработки сигналов и вывода информации по содержанию количества влаги в масле, отличающийся использованием волоконно-оптической сборки, выполненной в виде передающей и принимающей сборок, каждая из которых содержит по шесть каналов, с содержанием в каждом канале не менее 300 волокон диаметром 100 мкм, четыре из которых изготовлены из волокон на основе кварца, прозрачных в диапазоне от 0,2 до 2,0 мкм, два - на основе галогенидов серебра системы AgCl-AgBr, прозрачных от 2,0 до 15,0 мкм, и конус нарушенного полного внутреннего отражения, приводимый в непосредственный контакт с измеряемой средой и изготовленный из селенида цинка, с диаметром основания 13 мм и углом между основанием и образующей 45°, причем указанный конус установлен на свободных торцах передающей и принимающей сборок.



Евразийская патентная организация, ЕАПО

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2