



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
G01R 31/00 (2023.05)

(21)(22) Заявка: 2022128242, 28.10.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.10.2022

Дата регистрации:  
13.10.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.10.2022

(45) Опубликовано: 13.10.2023 Бюл. № 29

Адрес для переписки:  
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,  
Центр интеллектуальной собственности,  
Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):

Хальясмаа Александра Ильмаровна (RU),  
Ерошенко Станислав Андреевич (RU),  
Матренин Павел Викторович (RU),  
Романов Алексей Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Акционерное общество "Интер РАО -  
Электрогенерация" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2730876 С1, 26.08.2020. RU  
2343438 С1, 27.04.2016. CN 202172233 U,  
21.03.2012. KR 101358088 B1, 06.02.2014.

(54) СПОСОБ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области энергетики и может быть использовано для предварительной оценки, реализуемой дистанционно, технического состояния высоковольтного оборудования открытых распределительных устройств, без вывода оборудования из работы, с целью принятия обоснованного экспертного решения по его ремонту или замене. Технический результат: обеспечение возможности предварительной надежной оценки высоковольтного оборудования открытых распределительных устройств для принятия обоснованного экспертного решения по его ремонту или замене. Сущность: составляют каталог цифровых эталонных ультрафиолетовых изображений дефектов и изображений дефектов в инфракрасном спектре высоковольтного оборудования с разрешением не менее 640x480 пикселей при помощи тепловизионной и ультрафиолетовой камер. В зависимости от влияния дефектов высоковольтного оборудования на его техническое состояние и

производительность все дефекты делят на значимые и малозначимые. Производят тепловизионную съемку с воздуха высоковольтного оборудования с использованием беспилотного воздушного судна, эксплуатируемого в режиме выполнения программируемого маршрута и съемки, оборудованного тепловизионной камерой. Производят ультрафиолетовую съемку с земли высоковольтного оборудования с использованием мобильной наземной роботизированной платформы, эксплуатируемой в режиме выполнения программируемого маршрута и съемки, оборудованной ультрафиолетовой камерой. Выполняют в автоматическом режиме ассоциирование и группировку полученных цифровых ультрафиолетовых изображений и изображений в инфракрасном спектре для каждой единицы обследуемого высоковольтного оборудования. Устанавливают в автоматическом режиме наличие в оборудовании значимых и

C1  
2805280  
RU

R  
U  
2805280  
C1

R U 2 8 0 5 2 8 0 C 1

малозначимых дефектов путем сравнения цифровых изображений в сформированной группе, полученных с помощью камер, с цифровыми эталонными изображениями дефектов для каждой единицы обследуемого

высоковольтного оборудования. Формируют в автоматическом режиме схему дефектов с выделением, например по цвету, значимых и малозначимых дефектов для каждой единицы высоковольтного оборудования. 2 з.п. ф-лы.

R U 2 8 0 5 2 8 0 C 1

FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC  
G01R 31/00 (2023.05)

(21)(22) Application: 2022128242, 28.10.2022

(24) Effective date for property rights:  
28.10.2022Registration date:  
13.10.2023

Priority:

(22) Date of filing: 28.10.2022

(45) Date of publication: 13.10.2023 Bull. № 29

Mail address:  
620002, g. Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU, Tsentr  
intellektualnoj sobstvennosti, Marks T.V.

(72) Inventor(s):

Khalyasmaa Aleksandra Ilmarovna (RU),  
Eroshenko Stanislav Andreevich (RU),  
Matrenin Pavel Viktorovich (RU),  
Romanov Aleksej Mikhajlovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Aktsionernoe obshchestvo "Inter RAO -  
Elektrogeneratsiya" (RU)C1  
2805280  
RU

## (54) METHOD FOR PRELIMINARY ASSESSMENT OF TECHNICAL CONDITION OF HIGH-VOLTAGE EQUIPMENT OF OPEN DISTRIBUTION DEVICES

(57) Abstract:

FIELD: power industry.

SUBSTANCE: used for a preliminary assessment, implemented remotely, of the technical condition of high-voltage equipment of open switchgears, without taking the equipment out of operation, in order to make a justified expert opinion on its repair or replacement. A catalog of digital reference ultraviolet images of defects and images of defects in the infrared spectrum of high-voltage equipment with a resolution of at least 640×480 pixels with thermal imaging and ultraviolet cameras is drafted. Depending on the influence of defects in high-voltage equipment on its technical condition and performance, all defects are divided into significant and insignificant. Thermal imaging is carried out from the air of high-voltage equipment using an unmanned aircraft operated in the mode of executing a programmable route and shooting, equipped with a thermal imaging camera. An ultraviolet shooting of high-voltage equipment is performed from the ground

using a mobile ground robotic platform operated in the mode of execution of a programmable route and shooting, equipped with an ultraviolet camera. The resulting digital ultraviolet and infrared images are automatically associated and grouped for each unit of the examined high-voltage equipment. The presence of significant and insignificant defects in the equipment is automatically established by comparing digital images in the formed group, obtained using cameras, with digital reference images of defects for each unit of the examined high-voltage equipment. A scheme of defects is formed in automatic mode with highlighting, for example, by color, significant and insignificant defects for each unit of high-voltage equipment.

EFFECT: providing the possibility of a preliminary reliable assessment of high-voltage equipment of open switchgears in order to make a justified expert opinion on its repair or replacement.

3 cl

R  
U  
2  
8  
0  
5  
2  
8  
0  
C  
1

Предлагаемый способ относится к области энергетики и может быть использован для предварительной оценки, реализуемой дистанционно и, в основном, автоматически, технического состояния высоковольтного оборудования открытых распределительных устройств, без вывода оборудования из работы, с целью принятия обоснованного экспертного решения по его ремонту или замене.

Техническая проблема заключается в отсутствии способов предварительной надежной оценки, реализуемой дистанционно и, в основном, автоматически, технического состояния высоковольтного оборудования открытых распределительных устройств, без вывода оборудования из работы, позволяющих оценивать основные дефекты,

10 выявляемые в результате анализа ультрафиолетовых изображений, а также изображений в инфракрасном спектре обследуемого высоковольтного оборудования открытых распределительных устройств, выполненных с различных ракурсов, с целью принятия обоснованного экспертного решения по его ремонту или замене.

Как известно, в объем периодического технического освидетельствования

15 оборудования подстанций напряжением 35 кВ и выше (на основании действующих нормативно-технических документов) должны быть включены: наружный и внутренний осмотры в качестве методов предварительной оценки технического состояния высоковольтного оборудования для оценки его возможных дефектов [СТО 70238424.29.240.10.004-2011]. В отличие от других технических объектов, например,

20 зданий, сооружений и т.п., дефекты высоковольтного оборудования в очень редких случаях возможно выявить стандартной фотосъемкой их элементов, и тем более практически невозможно идентифицировать внутренние дефекты оборудования при его эксплуатации, без вывода его из работы. Поэтому необходимы специальные виды съемки: тепловизионная и ультрафиолетовая [РД 153-34.0-20.363-99 и СТО 56947007-29.240.003-2008]. Использование двух указанных видов съемки с воздуха и земли, существенно повышает объем выявляемых дефектов [[https://cnite.ru/assets/images/doc/15\\_Opit\\_UFK\\_MOESK.pdf](https://cnite.ru/assets/images/doc/15_Opit_UFK_MOESK.pdf)], а одновременная съемка оборудования позволяет обеспечить возможность выявления практически всех основных дефектов высоковольтного оборудования, при соответствующем ее выполнении и последующем анализе, см.

25 30 технологическую последовательность заявляемого способа. Современные технологии позволяют не только получить цифровые изображения дефектов оборудования в дистанционном режиме, без вывода оборудования из работы, но и выполнить их надежный предварительный анализ, путем автоматической группировки дефектов по единицам оборудования и сравнения их с эталонными изображениями.

35 Сформированные в автоматическом режиме схемы дефектов (совокупность участков оборудования с дефектами и их характеристиками), с выделением значимых и малозначимых дефектов для каждой единицы обследуемого высоковольтного оборудования открытого распределительного устройства, позволяют принять обоснованное экспертное решение по ремонту оборудования или его замене.

40 45 Указанная проблема решается за счет того, что способ предварительной оценки технического состояния высоковольтного оборудования открытых распределительных устройств характеризуется тем, что предварительно составляют каталог цифровых эталонных ультрафиолетовых изображений дефектов, а также изображений дефектов в инфракрасном спектре высоковольтного оборудования с разрешением не менее

640^480 пикселей, определяемых при помощи тепловизионной и ультрафиолетовой камер, в зависимости от влияния дефектов высоковольтного оборудования на его техническое состояние и производительность все дефекты делят на значимые и малозначимые, производят тепловизионную съемку с воздуха обследуемого

высоковольтного оборудования с использованием беспилотного воздушного судна, эксплуатируемого в режиме выполнения программируемого маршрута и съемки, оборудованного тепловизионной камерой, производят ультрафиолетовую съемку с земли обследуемого высоковольтного оборудования с использованием мобильной наземной роботизированной платформы, эксплуатируемой в режиме выполнения программируемого маршрута и съемки, оборудованной ультрафиолетовой камерой, выполняют в автоматическом режиме ассоциирование и группировку полученных цифровых термальных и ультрафиолетовых изображений для каждой единицы обследуемого высоковольтного оборудования, устанавливают в автоматическим режиме наличие в оборудовании значимых и малозначимых дефектов, путем сравнения цифровых изображений в сформированной группе, полученных с помощью камер, с цифровыми эталонными изображениями дефектов, для каждой единицы обследуемого высоковольтного оборудования, формируют в автоматическом режиме схему дефектов, с выделением, например, по цвету, значимых и малозначимых дефектов для каждой единицы обследуемого высоковольтного оборудования.

При этом тепловизионную съемку с воздуха высоковольтного оборудования производят с обеспечением получения с каждого ракурса не менее 3-х цифровых изображений в инфракрасном спектре для каждой обследуемой единицы оборудования, при этом съемку производят с 3-х и более различных ракурсов, а также обеспечивают поперечное и продольное перекрытие изображений в инфракрасном спектре обследуемого оборудования на величину не менее 15%, при этом тепловизионная камера имеет угол обзора не более 35° и обеспечивает разрешение цифровых изображений не менее 640×480 пикселей.

Причем ультрафиолетовую съемку с земли высоковольтного оборудования производят с обеспечением получения с каждого ракурса не менее 3-х цифровых ультрафиолетовых изображений для каждой обследуемой единицы оборудования, при этом съемку производят с 3-х и более различных ракурсов, а также обеспечивают поперечное и продольное перекрытие ультрафиолетовых изображений обследуемого оборудования на величину не менее 15%, при этом ультрафиолетовая камера имеет угол обзора не более 10° и обеспечивает разрешение цифровых изображений не менее 640×480 пикселей.

Технологическая последовательность предварительной оценки технического состояния высоковольтного оборудования открытых распределительных устройств по заявленному способу реализуется следующим образом.

На 1-м этапе составляют каталог цифровых эталонных ультрафиолетовых изображений дефектов, а также изображений дефектов в инфракрасном спектре высоковольтного оборудования с разрешением не менее 640×480 пикселей, выявляемых при помощи тепловизионной и ультрафиолетовой камер. В зависимости от влияния дефектов высоковольтного оборудования на его надежность, долговечность и эксплуатационные характеристики все дефекты делят на значимые и малозначимые.

На 2-м этапе производят тепловизионную съемку с воздуха обследуемого высоковольтного оборудования открытых распределительных устройств, с использованием беспилотного воздушного судна, эксплуатируемого в режиме выполнения программируемого маршрута и съемки, оборудованного тепловизионной камерой с углом обзора не более 35° и обеспечением разрешения цифровых изображений не менее 640×480 пикселей.

При этом тепловизионную съемку с воздуха высоковольтного оборудования производят с обеспечением получения с каждого ракурса не менее 3-х цифровых

изображений в инфракрасном спектре для каждой обследуемой единицы оборудования, при этом съемку производят с 3-х и более различных ракурсов, а также обеспечивают поперечное и продольное перекрытие изображений в инфракрасном спектре обследуемого оборудования на величину не менее 15%.

5 На 3-м этапе, который реализуется совместно со 2-м, производят ультрафиолетовую съемку с земли высоковольтного оборудования с обеспечением получения с каждого ракурса не менее 3-х цифровых ультрафиолетовых изображений для каждой обследуемой единицы оборудования, при этом съемку производят с 3-х и более различных ракурсов, а также обеспечивают поперечное и продольное перекрытие ультрафиолетовых 10 изображений обследуемого оборудования на величину не менее 15%.

На 4-м этапе в автоматическом режиме выполняют ассоциирование и группировку полученных цифровых ультрафиолетовых изображений, а также изображений в инфракрасном спектре для каждой единицы обследуемого высоковольтного оборудования открытого распределительного устройства.

15 На 5-м этапе для каждой единицы обследуемого высоковольтного оборудования открытого распределительного устройства устанавливают наличие значимых и малозначимых дефектов, путем автоматического сравнения цифровых изображений в сформированной группе, полученных с помощью камер, с цифровыми эталонными изображениями дефектов.

20 На 6-м этапе для каждой единицы обследуемого высоковольтного оборудования открытого распределительного устройства в автоматическом режиме формируют схему дефектов, с выделением, например, по цвету, значимых и малозначимых дефектов.

25 В результате применения предлагаемого способа дистанционно и, в основном, автоматически для каждой единицы обследуемого высоковольтного оборудования открытого распределительного устройства, без вывода оборудования из работы, реализуется предварительная надежная оценка технического состояния в виде схем дефектов, в которых выделены, например, по цвету значимые и малозначимые дефекты, в зависимости от их влияния на надежность высоковольтного оборудования, его долговечность и эксплуатационные характеристики. Такие схемы обеспечивают принятие 30 обоснованного экспертного решения по ремонту высоковольтного оборудования или его замене.

35 В результате одновременного применения тепловизионной съемки оборудования с воздуха и ультрафиолетовой съемки оборудования с земли обеспечивается возможность дистанционно и, в основном, автоматически, выявить практически все основные дефекты высоковольтного оборудования для последующей предварительной надежной оценки его технического состояния.

40 Составление каталога цифровых эталонных термальных и ультрафиолетовых изображений дефектов высоковольтного оборудования с разрешением не менее 640×480 пикселей, а также характеристики тепловизионной и ультрафиолетовой камер, обеспечивающих получение цифровых изображений оборудования в аналогичном разрешении, позволяет выполнить сравнение указанных изображений в автоматическом режиме с высокой надежностью, при помощи алгоритмов предварительной обработки и фильтрации изображений, например, оператора Собеля, детектора Кэнни, детектора углов Харриса, дискретного преобразования Фурье; а также современных алгоритмов 45 компьютерного зрения, таких как, сверточные нейронные сети (R-CNN) и плотностной алгоритм пространственной кластеризации с присутствием шума (DBSCAN). Это обеспечивает предварительную надежную оценку технического состояния высоковольтного оборудования открытых распределительных устройств.

Принятые ограничения углов обзора камер: для тепловизионной - не более 35° и для ультрафиолетовой - не более 10°, а также минимальное количество ракурсов - 3 (для каждой единицы обследуемого оборудования) и минимальное количество изображений оборудования с каждого ракурса - 3, вместе с минимальным поперечным и продольным 5 перекрытием изображений (не менее 15%) обеспечивают надежную и полномасштабную фиксацию всевозможных дефектов для каждой единицы обследуемого высоковольтного оборудования для последующего автоматического сравнения изображений. Эти условия обеспечивают надежность предварительной оценки технического состояния высоковольтного оборудования открытых распределительных устройств.

10 Таким образом, реализация предлагаемого способа позволяет обеспечить возможность предварительной надежной оценки, реализуемой дистанционно и, в основном, автоматически, технического состояния высоковольтного оборудования открытых распределительных устройств, с целью принятия обоснованного экспертного решения по его ремонту или замене, что является техническим результатом.

15

**(57) Формула изобретения**

1. Способ предварительной оценки технического состояния высоковольтного оборудования открытых распределительных устройств, характеризующийся тем, что предварительно составляют каталог цифровых эталонных ультрафиолетовых изображений дефектов, а также изображений дефектов в инфракрасном спектре высоковольтного оборудования с разрешением не менее 640×480 пикселей, определяемых при помощи тепловизионной и ультрафиолетовой камер, в зависимости от влияния дефектов высоковольтного оборудования на его техническое состояние и производительность все дефекты делят на значимые и малозначимые, производят 20 тепловизионную съемку с воздуха обследуемого высоковольтного оборудования с использованием беспилотного воздушного судна, эксплуатируемого в режиме выполнения программируемого маршрута и съемки, оборудованного тепловизионной камерой, производят ультрафиолетовую съемку с земли обследуемого высоковольтного оборудования с использованием мобильной наземной роботизированной платформы, 25 эксплуатируемой в режиме выполнения программируемого маршрута и съемки, оборудованной ультрафиолетовой камерой, выполняют в автоматическом режиме ассоциирование и группировку полученных цифровых ультрафиолетовых изображений, а также изображений в инфракрасном спектре для каждой единицы обследуемого высоковольтного оборудования, устанавливают в автоматическом режиме наличие в 30 оборудовании значимых и малозначимых дефектов путем сравнения цифровых изображений в сформированной группе, полученных с помощью камер, с цифровыми эталонными изображениями дефектов для каждой единицы обследуемого высоковольтного оборудования, формируют в автоматическом режиме схему дефектов с выделением, например по цвету, значимых и малозначимых дефектов для каждой 35 единицы обследуемого высоковольтного оборудования.

40

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что тепловизионную съемку с воздуха высоковольтного оборудования производят с обеспечением получения с каждого ракурса не менее 3-х цифровых изображений в инфракрасном спектре для каждой обследуемой единицы оборудования, при этом съемку производят с 3-х и более 45 различных ракурсов, а также обеспечивают поперечное и продольное перекрытие изображений в инфракрасном спектре обследуемого оборудования на величину не менее 15%, при этом тепловизионная камера имеет угол обзора не более 35° и обеспечивает разрешение цифровых изображений не менее 640×480 пикселей.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что ультрафиолетовую съемку с земли высоковольтного оборудования производят с обеспечением получения с каждого ракурса не менее 3-х цифровых ультрафиолетовых изображений для каждой обследуемой единицы оборудования, при этом съемку производят с 3-х и более различных ракурсов, 5 а также обеспечивают поперечное и продольное перекрытие ультрафиолетовых изображений обследуемого оборудования на величину не менее 15%, при этом ультрафиолетовая камера имеет угол обзора не более 10° и обеспечивает разрешение цифровых изображений не менее 640×480 пикселей.

10

15

20

25

30

35

40

45