



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО

(12) **Описание изобретения** К МАЛОМУ ПАТЕНТУ

1

(21) 2101533

(22) 13.04.2021

(46) Бюл. 177, 2021

(71)(73) Юлдашев Зарифджан Шарифович (TJ)

(72) Юлдашев З.Ш. (TJ); Ёрмахматзода О.Ё. (TJ);
Махмудов Х.Ф. (TJ); Қасобов Л.С. (TJ); Мирзоев
Ш.И. (TJ); Юлдашев Р.З. (TJ)

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО
КОНТРОЛЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИ-
ЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИЛОВЫХ ТРАНС-
ФОРМАТОРОВ**

(56) 1. Патент США US №4654806, H 02 H 7/04.

2. Устройство для мониторинга силовых трансформаторов. Патент РФ на изобретение №2242830, H02N 7/04.

3. Способ диагностики силовых трансформаторов. Заявка №94034034/07, 19.09.1994, H_02_H 7/04 (1995.01), G_01_R 31/02 (1995.01).

4. Устройство мониторинга силовых трансформаторов. Патент на полезную модель №162784. Заявка: 2015123248/07, 16.06.2015 г.

(57) Изобретение относится к электротехнике и предназначено для мониторинга основных энергетических параметров и энергоемкости выполнения энерготехнологического процесса силовых трансформаторов.

Устройство для оперативного контроля и определения энергетических параметров силовых трансформаторов, содержащее блок измерения величины тока, блок измерения величины напряжения, блок контроля системы масляного охлаждения трансформатора, устройства обработки полученных данных, на входе высоковольтной стороне силового транс-

2

форматора установлены высоковольтные трансформаторы тока (на каждой фазе) и высоковольтный измерительный трансформатор напряжения (на каждой фазе), выходы которых соединены с входом блока коммутации, также их выходы через измеритель соэф на высоковольтной стороне соединены с входом блока коммутации, на выходе низковольтной стороне силового трансформатора установлены низковольтные трансформаторы тока (на каждой фазе) и низковольтный измерительный трансформатор напряжения (на каждой фазе), выходы которых соединены с входом блока коммутации, также их выходы через измеритель соэф на низковольтной стороне соединены с входом блока коммутации, выходы датчика уровня масла и датчика температуры соединены с входом блока коммутации, выход блока коммутации соединен с входом вычислительного блока, вход-выход блока коммутации через вход-выход пульта управления соединен с вход-выходом системы высшего уровня, выход пульта управления соединен с входом вычислительного блока, а вход-выход системы высшего уровня соединен с вычислительным блоком, а выходы вычислительного блока соединены с входами монитора и принтера.

Устройство для оперативного контроля и определения энергетических параметров силовых трансформаторов получение достоверной информации по потерям мощности (энергии) по фазам и в целом по силовому трансформатору и предотвращение от преждевременного выхода из строя и получения энергетического паспорта силового трансформатора.
1 п. ф-лы; 1 илл.

Изобретение относится к электротехнике и предназначено для мониторинга основных энергетических параметров и энергоемкости выполнения энерготехнологического процесса в силовых трансформаторах.

Известно устройство непрерывного контроля технического состояния трансформатора [1], содержащее систему охлаждения, блок измерения величины тока обмоток, блок контроля температуры обмоток, блок измерения температуры системы охлаждения масла, блок измерения температуры корпуса трансформатора и окружающей среды, блок измерения частичных разрядов в трансформаторе, блок контроля диэлектрической проницаемости масла, блок контроля состава и концентрации газов, растворенных в масле, блок уровня и потока жидкости системы охлаждения, блок состояния охлаждающих подшипников насосной системы, блок хранения максимальных и минимальных значений для каждого контролируемого параметра и время их появления, блок выделения четырех пороговых уровней, блок активации сигнала тревоги, блок передачи контролируемых параметров на центральный компьютер, блок управления исполнительными механизмами силового трансформатора по команде с центрального компьютера.

Недостатками данного устройства являются:

- низкая достоверность оценки технического состояния трансформатора в связи с тем, что оно обеспечивает непрерывное измерение и расчет лишь ограниченного числа параметров, определяющих техническое состояние высоковольтных, в том числе печных, трансформаторов.

- в нем реализован не полный перечень необходимых методов контроля состояния трансформаторов по определению энергетических параметров;

- не позволяет анализировать изменение параметров трансформатора в процессе эксплуатации;

- не определяются коэффициент мощности по фазам, напряжение и токи по фазам, не вычисляются полная, активная и реактивная мощности, не определяется КПД силового трансформатора.

- не регистрируется и не визуализируется результаты измерений и вычислений, а также моменты времени наступления перегрузок и их длительность.

Известно устройство для мониторинга силовых трансформаторов [2], содержащее блок измерения величины тока, блок измерения величины напряжения, блок измерения температуры окружающей среды, блок контроля системы масляного охлаждения трансформатора, блок контроля состояния высоковольтных вводов трансформатора, блок контроля температуры обмоток, блок контроля состояния трансформаторного масла, блок обработки и архивирования полученных данных, блок оповещения обслуживающего персонала о состоянии системы защиты, блок контроля положения устройства регулирования напряжения под нагрузкой (РПН), блок расчета

интегральных характеристик трансформатора, блок регистрации аварийных процессов, блок расчетных моделей, блок управления системой масляного охлаждения трансформатора, блок дистанционного управления устройством РПН, блок ведения журналов состояния трансформатора, блок визуализации контролируемых параметров, блок интеграции системы мониторинга в другие автоматизированные системы, блок контроля изменений параметров трансформатора, при этом первый выход блока измерения величины тока соединен с первым входом блока расчета интегральных характеристик трансформатора, второй его выход соединен с первым входом блока регистрации аварийных процессов, третий его выход соединен с первым входом блока расчетных моделей, четвертый его выход соединен с первым входом блока обработки и архивирования полученных данных, пятый его выход соединен с первым входом блока ведения журналов состояния трансформатора, шестой его выход соединен с первым входом блока оповещения обслуживающего персонала о состоянии системы защиты, седьмой его выход соединен с первым входом блока дистанционного управления устройством РПН, первый выход блока измерения величины напряжения соединен со вторым входом блока расчета интегральных характеристик, второй его выход соединен со вторым входом блока регистрации аварийных процессов, третий его выход соединен со вторым входом блока расчетных моделей, четвертый его выход соединен со вторым входом блока обработки и архивирования полученных данных, пятый его выход соединен со вторым входом блока ведения журналов состояния трансформатора, шестой его выход соединен со вторым входом блока оповещения обслуживающего персонала о состоянии системы защиты, первый выход блока измерения температуры окружающей среды соединен с третьим входом блока расчетных моделей, второй его выход соединен с третьим входом блока ведения журналов состояния трансформатора, третий его выход соединен с третьим входом блока обработки и архивирования полученных данных, четвертый его выход соединен с первым входом блока управления системой масляного охлаждения трансформатора, пятый его выход соединен с третьим входом блока оповещения обслуживающего персонала о состоянии системы защиты, первый выход блока контроля системы масляного охлаждения трансформатора соединен с четвертым входом блока расчетных моделей, второй его выход соединен с четвертым входом блока ведения журналов состояния трансформатора, третий его выход соединен с четвертым входом блока обработки и архивирования полученных данных, четвертый его выход соединен со вторым входом блока управления системой масляного охлаждения трансформатора, пятый его выход соединен с четвертым входом блока оповещения обслуживающего персонала о состоянии системы защиты, первый выход блока контроля состояния высоко

вольтных вводов трансформатора соединен с седьмым входом блока оповещения обслуживающего персонала о состоянии системы защиты, второй его выход соединен с седьмым входом блока ведения журналов состояния трансформатора, третий его выход соединен с седьмым входом блока обработки и архивирования полученных данных, первый выход блока контроля температуры обмоток соединен с пятым входом блока расчетных моделей, второй его выход соединен с пятым входом блока ведения журналов состояния трансформатора, третий его выход соединен с пятым входом блока обработки и архивирования полученных данных, четвертый его выход соединен с третьим входом блока управления системой масляного охлаждения трансформатора, пятый его выход соединен с пятым входом блока оповещения обслуживающего персонала о состоянии системы защиты, первый выход блока контроля состояния трансформаторного масла соединен с шестым входом блока расчетных моделей, второй его выход соединен с шестым входом блока ведения журналов состояния трансформатора, третий его выход соединен с шестым входом блока обработки и архивирования полученных данных, четвертый его выход соединен с четвертым входом блока управления системой масляного охлаждения трансформатора, пятый его выход соединен с шестым входом блока оповещения обслуживающего персонала о состоянии системы защиты, первый выход блока контроля положения устройства РПН соединен с седьмым входом блока расчетных моделей, второй его выход соединен с восьмым входом блока ведения журналов состояния трансформатора, третий его выход соединен с восьмым входом блока обработки и архивирования полученных данных, четвертый его выход соединен со вторым входом блока дистанционного управления устройством РПН, первый выход блока оповещения обслуживающего персонала о состоянии системы защиты соединен с девятым входом блока ведения журналов состояния трансформатора, второй его выход соединен с девятым входом блока обработки и архивирования полученных данных, первый выход блока расчета интегральных характеристик трансформатора соединен с восьмым входом блока расчетных моделей по данным измерений в реальном масштабе времени, второй его выход соединен с десятым входом блока ведения журналов состояния трансформатора, третий его выход соединен с десятым входом блока обработки и архивирования полученных данных, первый выход блока регистрации аварийных процессов соединен с одиннадцатым входом блока ведения журналов состояния трансформатора, второй его выход соединен с одиннадцатым входом блока обработки и архивирования полученных данных, третий его выход соединен с восьмым входом блока оповещения обслуживающего персонала о состоянии системы защиты, четвертый его выход соединен с первым входом блока визуализации контролируемых параметров, первый выход блока расчетных моде-

лей соединен с двенадцатым входом блока ведения журналов состояния трансформатора, второй его выход соединен с двенадцатым входом блока обработки и архивирования полученных данных, третий его выход соединен с первым входом блока интеграции системы мониторинга в другие автоматизированные системы, четвертый его выход соединен с пятым входом блока управления системой масляного охлаждения трансформатора, пятый его выход соединен со вторым входом блока визуализации контролируемых параметров, первый выход блока дистанционного управления устройством РПН соединен с третьим входом блока визуализации контролируемых параметров, второй его выход соединен с тринадцатым входом блока ведения журналов состояния трансформатора, третий его выход соединен со вторым входом блока интеграции системы мониторинга в другие автоматизированные системы, четвертый его выход соединен с девятым входом блока оповещения обслуживающего персонала о состоянии системы защиты, первый выход блока управления системой масляного охлаждения соединен с четвертым входом блока визуализации контролируемых параметров, второй его выход соединен с четырнадцатым входом блока ведения журналов состояния трансформатора, третий его выход соединен с третьим входом блока интеграции системы мониторинга в другие автоматизированные системы, первый выход блока обработки и архивирования полученных данных соединен с пятым входом блока визуализации контролируемых параметров, второй его выход соединен с четвертым входом блока интеграции системы мониторинга в другие автоматизированные системы, третий его выход соединен с входом блока контроля изменений параметров трансформатора, четвертый его выход соединен с третьим входом блока дистанционного управления устройством РПН, пятый его выход соединен с шестым входом блока управления системой масляного охлаждения трансформатора, шестой его выход соединен с десятым входом блока оповещения обслуживающего персонала о состоянии системы защиты, первый выход блока ведения журналов состояния трансформатора соединен с шестым входом блока визуализации контролируемых параметров, второй его выход соединен с тринадцатым входом блока обработки и архивирования полученных данных, первый выход блока контроля изменений параметров трансформатора соединен с пятым входом блока интеграции системы мониторинга в другие автоматизированные системы, второй его выход соединен с четырнадцатым входом блока обработки и архивирования полученных данных, первый выход блока визуализации контролируемых параметров соединен с четвертым входом блока дистанционного управления устройством РПН.

Недостатками известного устройства являются:

- оно не обеспечивает непрерывный контроль параметров, необходимых для достоверной

оценки энергетических параметров силового трансформатора.

- обеспечивает лишь включение и отключение звуковой и световой сигнализации оповещения обслуживающего персонала по результатам сравнения контролируемых либо вычисляемых параметров с допустимыми параметрами трансформатора.

- не позволяет определять КПД, энергоёмкость работы и потери активной мощности.

- не создается энергетический паспорт силового трансформатора.

Известен способ диагностики силовых трансформаторов [3]. Способ диагностики силовых трансформаторов, заключается в том, что определяют фактическое значение сопротивления короткого замыкания обмоток силового трансформатора, сравнивают это значение с эталонным значением, по превышению фактического значения над эталонным судят о степени деформации контролируемых обмоток, а также определяют фактические значения дополнительных диагностических параметров трансформатора, по превышению каждого фактического значения над соответствующим эталонным значением судят о техническом состоянии и работоспособности трансформатора. В качестве дополнительных диагностических параметров используются потери и ток холостого хода, потери короткого замыкания, активные и индуктивные сопротивления трансформатора и отдельных его обмоток, коэффициент трансформации. При осуществлении данного способа определяются фактические значения диагностических параметров трансформатора в процессе его работы под нагрузкой, а также определяются фактические значения диагностических параметров трансформатора при отключенной нагрузке.

Недостатками данного способа являются:

- не определяются потери полной, активной и реактивной мощности по фазам и в целом в силовом трансформаторе.

- не определяется коэффициент мощности по фазам,

- не фиксируется момент времени наступления перегрузок по фазам и длительность перегрузок.

В качестве ближайшего аналога выбрано устройство мониторинга силовых трансформаторов [4], включающее блок измерения величины тока, соединенный с блоком преобразования тока на стороне низшего напряжения и устройством обработки полученных данных, блок измерения величины напряжения и блок контроля системы масляного охлаждения трансформатора, соединенные с устройством обработки полученных данных, устройство обработки полученных данных. В данном устройстве для определения витковых замыканий в обмотках трансформатора дополнительно установлены блок преобразования тока на стороне высшего напряжения, а также блок сравнения токов, содержащий фильтр от токов высших гармоник, соединенный с блоками

преобразования токов на стороне высшего и низшего напряжений и устройством обработки полученных данных.

Недостатками устройства являются:

- нет возможности получить энергетические параметры силового трансформатора (как по высоковольтному входу, так и по низковольтному выходу);

- нет возможности получать оперативные энергетические параметры в режиме реального времени;

- не определяется время наступления перегрузки, его длительность и их количество в течение представительного интервала времени;

- отсутствует создание энергетического паспорта силового трансформатора;

- отсутствует выработка рекомендаций по отключению (включению) нагрузки.

- отсутствует информация о текущем энергетическом состоянии силового трансформатора и сравнение его с паспортными параметрами.

Задача изобретения является получение достоверной информации по потерям мощности (энергии) и нагрузкам по фазам и в целом по силовому трансформатору, предотвращение от преждевременного выхода из строя силового трансформатора и получения энергетического паспорта силового трансформатора.

Поставленная задача решается за счет того, что предложенное устройство состоит из блока измерения величины тока, блока измерения величины напряжения, блока контроля системы масляного охлаждения трансформатора, устройства обработки полученных данных, на входе высоковольтной стороне силового трансформатора установлены высоковольтные трансформаторы тока (на каждой фазе) и высоковольтный измерительный трансформатор напряжения (на каждой фазе), выходы которых соединены с входом блока коммутации, также их выходы через измеритель cosφ на высоковольтной стороне соединены с входом блока коммутации, на выходе низковольтной стороне силового трансформатора установлены низковольтные трансформаторы тока (на каждой фазе) и низковольтный измерительный трансформатор напряжения (на каждой фазе), выходы которых соединены с входом блока коммутации, также их выходы через измеритель cosφ на низковольтной стороне соединены с входом блока коммутации, выходы датчика уровня масла и датчика температуры соединены с входом блока коммутации, выход блока коммутации соединен с входом вычислительного блока, вход-выход блока коммутации через вход-выход пульта управления соединен с вход-выходом системы высшего уровня, выход пульта управления соединен с входом вычислительного блока, а вход-выход системы высшего уровня соединен с вычислительным блоком, а выходы вычислительного блока соединены с входами монитора и принтера.

Новые существенные признаки:

1. на входе высоковольтной стороне силового трансформатора установлены высоковольтные

2. трансформаторы тока (на каждой фазе) и высоковольтный измерительный трансформатор напряжения (на каждой фазе), выходы которых соединены с входом блока коммутации, также их выходы через измеритель $\cos\phi$ на высоковольтной стороне соединены

3. с входом блока коммутации;

на выходе низковольтной стороне силового трансформатора установлены низковольтные трансформаторы тока (на каждой фазе) и низковольтный измерительный трансформатор напряжения (на каждой фазе), выходы которых соединены с входом блока коммутации, также их выходы через измеритель $\cos\phi$ на низковольтной стороне соединены с входом блока коммутации;

4. выходы датчика уровня масла и датчика температуры соединены с входом блока коммутации;

5.

выход блока коммутации соединен с входом вычислительного блока;

6. вход-выход блока коммутации через вход-выход пульта управления соединен с вход-выходом системы высшего уровня;

7. выход пульта управления соединен с входом вычислительного блока;

8. вход-выход системы высшего уровня соединен с вычислительным блоком;

9. выходы вычислительного блока соединены с входами монитора и принтера.

Перечисленные существенные признаки в совокупности с известными необходимы и достаточны во всех случаях, на которые распространяется испрашиваемый объем правовой охраны.

Технический результат заключается в следующем:

1. на входе высоковольтной стороне силового трансформатора установлены высоковольтные трансформаторы тока (на каждой фазе) и высоковольтный измерительный трансформатор напряжения (на каждой фазе), выходы которых соединены с входом блока коммутации, также их выходы через измеритель $\cos\phi$ на высоковольтной стороне соединены с входом блока коммутации. Это позволит измерять величину тока и напряжения, а также величину $\cos\phi$ на высоковольтной стороне силового трансформатора;

2. на выходе низковольтной стороне силового трансформатора установлены низковольтные трансформаторы тока (на каждой фазе) и низковольтный измерительный трансформатор напряжения (на каждой фазе), выходы которых соединены с входом блока коммутации, также их выходы через измеритель $\cos\phi$ на низковольтной стороне соединены с входом блока коммутации. Это позволит измерять величину тока и напряжения, а также величину $\cos\phi$ на низковольтной стороне силового трансформатора;

3. выходы датчика уровня масла и датчика температуры соединены с входом блока коммутации. Это позволит оперативно измерять уровень масла и при снижении его ниже допустимого, сигнализировать.

4. выход блока коммутации соединен с входом вычислительного блока. Все измеренные энергетические параметры поступают после нормализации в вычислительный блок.

5. вход-выход блока коммутации через вход-выход пульта управления соединен с вход-выходом системы высшего уровня. Это позволит с пульта управления корректировать (изменять, отключать) измеряемые энергетические параметры в блоке коммутации, а также корректировать через пульт управления из системы высшего уровня (отдел главного энергетика, райсеть, горсеть).

6. выход пульта управления соединен с входом вычислительного блока. Такое соединение позволит задавать вычисляемые энергетические параметры и порядок представления (таблица, график, интервал между измерениями, форма энергетического паспорта).

7. вход-выход системы высшего уровня соединен с вычислительным блоком. Задавать вычисляемые энергетические параметры и порядок представления (таблица, график, интервал между измерениями, форма энергетического паспорта) из системы высшего уровня (дистанционно).

8. выходы вычислительного блока соединены с входами монитора и принтера. Используется для визуализации оперативных энергетических параметров в режиме реального времени на мониторе и при выходе этих параметров за пределы допустимого значения.

На **Фиг** приведена однолинейная структурная схема устройства для оперативного контроля и определения энергетических параметров силовых трансформаторов.

Устройство для оперативного контроля и определения энергетических параметров силовых трансформаторов состоит из: силового трансформатора (СТ) 1, датчика уровня масла (ДУМ) 2, датчика температуры (ДТ) 3, высоковольтных измерительных трансформаторов тока (ВИТТ) 4, низковольтных измерительных трансформаторов тока (НИТТ) 5, высоковольтного измерительного трансформатора напряжения (ВИТН) 6, низковольтного измерительного трансформатора напряжения (НИТН) 7, измерителя $\cos\phi$ 8 на высоковольтной стороне, измерителя $\cos\phi$ 9 на низковольтной стороне, блока коммутации (БК) 10, пульта управления 11, вычислительного блока (ВБ) 12, системы высшего уровня (СВУ) 13, монитора 14 и печатное устройство 15.

Силовой трансформатор (СТ) 1 служит для преобразования высокого напряжения (например, 110 кВ на 35 кВ; 35 кВ на 10 кВ; 10 кВ на 0,4 кВ).

Датчик уровня масла (ДУМ) 2 служит для сигнализации снижения уровня масла в силовом трансформаторе (СТ) 1. Датчик температуры (ДТ) 3 предназначен для измерения температуры масла в силовом трансформаторе (СТ) 1. Высоковольтный измерительный трансформатор тока (ВИТТ) 4 и низковольтный измерительный трансформатор тока (НИТТ) 5 с учетом их коэффициента трансформации предназначены для измерения значения тока.

Высоковольтный измерительный трансформатор напряжения (ВИТН) 6 и низковольтный измерительный трансформатор напряжения (НИТН) 7 с учетом их коэффициента трансформации предназначены для измерения значения напряжения. Измерители $\cos\varphi_v$ 8 на высоковольтной стороне и $\cos\varphi_n$ 9 на низковольтной стороне соответственно измеряют значения коэффициента мощности. Блок коммутации (БК) 10 служит для подключения и нормализации уровня сигналов, поступающих от измерителей и для подачи сигналов (информации) на вход вычислительного блока (ВБ) 12, который производит необходимые вычисления по заданному алгоритму расчета и сравнения с заданными паспортными значениями через пульт управления (ПУ) 11. Монитор 14 служит для визуализации результатов вычислений и расчета, а также визуализации графики измеряемых параметров в режиме реального времени. Печатное устройство 15 предназначен для печати энергетического паспорта силового трансформатора (СТ) и других документов.

Вход-выход пульта управления (ПУ) 11 соединен со вход-выходом блока коммутации 10. Выход блока коммутации 10 соединен со входом вычислительного блока (ВБ) 12. Выход пульта управления (ПУ) 11 с входом вычислительного блока (ВБ) 12. Результат вычислений на основе измеренных переменных параметров с выхода вычислительного блока (ВБ) 12 поступает на вход монитора 14. Вход-выход пульта управления (ПУ) 11 соединен с вход-выходом системы высшего уровня (СВУ) 13. На мониторе 14 при помощи пульта управления (ПУ) 11 через вычислительный блок (ВБ) 12 визуализируются измеренные параметры и результаты расчета параметров силового трансформатора (СТ) 1. Также на мониторе 14 визуализируются все моменты времени когда произошло превышение измеряемого параметра относительно паспортных энергетических параметров силового трансформатора (СТ) 1, при этом все паспортные энергетические параметры силового трансформатора (СТ) 1 заранее вводятся с пульта управления (ПУ) 11. Выход вычислительного блока (ВБ) 12 соединен с входом печатного устройства 15, который предназначен для печати энергетического паспорта силового трансформатора (СТ) 1.

В энергетическом паспорте отражаются технические и энергетические параметры и измеренные и вычисленные параметры, а также результаты предыдущих измерений и вычислений. Это позволит наглядно видеть энергетическое состояние силового трансформатора (СТ) 1 в период его эксплуатации. Система высшего уровня (СВУ) 13 служит для сбора результатов расчета с устройства для оперативного контроля и определения энергетических параметров силовых трансформаторов (СТ), которые установлены и на других силовых трансформаторах (СТ).

Устройство для оперативного контроля и определения энергетических параметров силовых трансформаторов работает следующим образом.

При работе в штатном режиме силовой трансформатор (СТ) 1 преобразует высокое напряжение на

низкое напряжение (например, 110 кВ на 35 кВ; 35 кВ на 10 кВ; 10 кВ на 0,4 кВ).

При работе силового трансформатора (СТ) 1 под нагрузкой датчик уровня масла (ДУМ) 2 измеряет уровень масла, а датчик температуры (ДТ) 3 измеряет температуру масла и передают измеренные параметры на блок коммутации (БК) 10.

Высоковольтные измерительные трансформаторы тока (ВИТТ) 4 и низковольтные измерительные трансформаторы тока (НИТТ) 5 измеряют значения фазного тока. Высоковольтный измерительный трансформатор напряжения (ВИТН) 6 и низковольтный измерительный трансформатор напряжения (НИТН) 7 измеряют соответственно высокое и низкое напряжение силового трансформатора (СТ) 1. Измеритель $\cos\varphi_v$ 8 на высоковольтной стороне и измеритель $\cos\varphi_n$ 9 на низковольтной стороне соответственно определяют коэффициент мощности (косинус угла между током и напряжением). Все измеренные значения параметров поступают на блок коммутации (БК) 10. С пульта управления (ПУ) 11 в блок коммутации (БК) 10 вводится перечень параметров, подлежащих измерению и регистрации.

С пульта управления (ПУ) 11 исходная информация (энергетические параметры) силового трансформатора (СТ) 1 и алгоритм вычислений и расчетов энергетических параметров вводится в вычислительный блок (ВБ) 12. При этом из системы высшего уровня через пульт управления (ПУ) 11 могут быть введены исходная информация и перечень параметров, подлежащих измерению и регистрации. Также результаты измерений и расчетов из вычислительного блока (ВБ) 12 и через пульт управления (ПУ) 11 передается в систему высшего уровня (СВУ) 13 (например, в диспетчерскую службу, главному инженеру и т.п.).

Результаты измерений и вычислений передаются монитору 14, где визуализируются на экране в форме таблицы с ежесекундным отображением измеренных и вычисленных энергетических параметров, а также по заданию оператора с пульта управления (ПУ) 11 могут быть заданы результаты измерений и вычислений в форме графиков.

Если фазный ток на низковольтной стороне и/или на высоковольтной стороне увеличится больше допустимого значения вычислительный блок (ВБ) 12 выработает на основании сравнения с энергетическими параметрами силового трансформатора (СТ) 1 сигнал, который появится на мониторе 14. Такой сигнал может быть выработан при замыканиях (например, витковых замыканиях, межфазных замыканиях и замыканиях на корпус) на обмотках силового трансформатора, которые вызывают увеличение фазного тока. Сигнал на мониторе 14 может сопровождаться, как принято в системе контроля, звуковым сигналом и/или световым сигналом с фиксацией текущего времени, численное значение перегрузки с указанием фазы и длительностью перегрузки. При этом определяется время перегрузки и длительность по времени перегрузки (время начала перегрузки и время конца перегрузки).

Таким же образом ведется контроль и по высокому и низкому напряжению.

Частота регистрации измеренных энергетических параметров силового трансформатора (СТ) 1 задается с пульта управления (ПУ) 11, как показал опыт, обычно задается, например, 1 с., 5 с., 10 с., 1 минута.

В зависимости от заданного алгоритма вычислений и требуемой информации, количество измеряемых параметров и количество вычисляемых параметров могут быть различными.

Высокое напряжение	Низкое напряжение
$P_A(t) = K_{ТВ} * K_{НВ} * U_A(t) * I_A(t) * \cos \varphi_A$;	$P_a(t) = K_{ТН} * K_{НН} * U_a(t) * I_a(t) * \cos \varphi_a$;
$P_B(t) = K_{ТВ} * K_{НВ} * U_B(t) * I_B(t) * \cos \varphi_B$;	$P_b(t) = K_{ТН} * K_{НН} * U_b(t) * I_b(t) * \cos \varphi_b$;
$P_C(t) = K_{ТВ} * K_{НВ} * U_C(t) * I_C(t) * \cos \varphi_C$;	$P_c(t) = K_{ТН} * K_{НН} * U_c(t) * I_c(t) * \cos \varphi_c$;

где: $K_{ТВ}$ - коэффициент трансформации трансформатора тока на высоковольтной стороне; $K_{НВ}$ - коэффициент трансформации трансформатора напряжения высоковольтной стороне; $K_{ТН}$ - коэффициент трансформации трансформатора тока на низково-

Устройство для оперативного контроля и определения энергетических параметров силовых трансформаторов, позволяет на основании измеренных параметров, производить вычисление следующих параметров, например:

1. Значение активной мощности по фазам (P_A , P_B , P_C) на входе и на выходе (P_a , P_b , P_c) силового трансформатора (СТ) 1, вычисляется, например, как произведение фазного напряжения U_A , фазного тока I_A и коэффициента мощности $\cos \varphi_A$:

Высокое напряжение	Низкое напряжение
$P_{ВН}(t) = P_A(t) + P_B(t) + P_C(t)$;	$P_{НН}(t) = P_a(t) + P_b(t) + P_c(t)$;

3. Реактивная мощность по фазам Q:

Высокое напряжение	Низкое напряжение
$Q_A(t) = K_{ТВ} * K_{НВ} * U_A(t) * I_A(t) * (1 - \cos^2 \varphi_A)$;	$Q_a(t) = K_{ТН} * K_{НН} * U_a(t) * I_a(t) * (1 - \cos^2 \varphi_a)$;
$Q_B(t) = K_{ТВ} * K_{НВ} * U_B(t) * I_B(t) * (1 - \cos^2 \varphi_B)$;	$Q_b(t) = K_{ТН} * K_{НН} * U_b(t) * I_b(t) * (1 - \cos^2 \varphi_b)$;
$Q_C(t) = K_{ТВ} * K_{НВ} * U_C(t) * I_C(t) * (1 - \cos^2 \varphi_C)$.	$Q_c(t) = K_{ТН} * K_{НН} * U_c(t) * I_c(t) * (1 - \cos^2 \varphi_c)$.

4. Суммарная реактивная мощность: $Q_{ВН}$ и $Q_{НН}$:

Высокое напряжение	Низкое напряжение
$Q_{ВН}(t) = Q_A(t) + Q_B(t) + Q_C(t)$.	$Q_{НН}(t) = Q_a(t) + Q_b(t) + Q_c(t)$.

5. Полная мощность по фазам S:

Высокое напряжение	Низкое напряжение
$S_A(t) = K_{ТВ} * K_{НВ} * U_A(t) * I_A(t)$;	$S_a(t) = K_{ТН} * K_{НН} * U_a(t) * I_a(t)$;
$S_B(t) = K_{ТВ} * K_{НВ} * U_B(t) * I_B(t)$;	$S_b(t) = K_{ТН} * K_{НН} * U_b(t) * I_b(t)$;
$S_C(t) = K_{ТВ} * K_{НВ} * U_C(t) * I_C(t)$.	$S_c(t) = K_{ТН} * K_{НН} * U_c(t) * I_c(t)$.

6. Суммарная полная мощность: $S_{ВН}$ и $S_{НН}$:

Высокое напряжение	Низкое напряжение
$S_{ВН}(t) = S_A(t) + S_B(t) + S_C(t)$.	$S_{НН}(t) = S_a(t) + S_b(t) + S_c(t)$.

7. Потери активной мощности в силовом трансформаторе (СТ) 1 $\Delta P_{СТ}$:

$$\Delta P_{СТ}(t) = P_{ВН}(t) - P_{НН}(t).$$

8. Потери реактивной мощности в силовом трансформаторе (СТ) 1 $\Delta Q_{СТ}$:

$$\Delta Q_{СТ}(t) = Q_{ВН}(t) - Q_{НН}(t).$$

9. Потери полной мощности в силовом трансформаторе (СТ) 1 $\Delta S_{СТ}$:

$$\Delta S_{СТ}(t) = S_{ВН}(t) - S_{НН}(t).$$

10. КПД силового трансформатора (СТ) 1:

$$\eta_{тр}(t) = P_{НН}(t) / P_{ВН}(t).$$

11. Энергоемкость работы $Q_{эСТ}$ силового трансформатора (СТ) 1:

$$Q_{эСТ}(t) = P_{ВН}(t) / P_{НН}(t).$$

12. Коэффициент мощности $\cos \varphi_{СТ}$ силового трансформатора (СТ) 1:

$$\cos \varphi_{СТ}(t) = P_{ВН}(t) / S_{ВН}(t).$$

13. Коэффициент загрузки $K_3(t)$ силового трансформатора (СТ) 1: $K_3(t) = S_{ВН}(t) / S_N$,

где S_N - номинальная полная мощность силового трансформатора (СТ) 1.

14. Сравнение активной мощности фаз с паспортными энергетическими параметрами силового трансформатора (СТ) 1.

Активная мощность фазы, кВт (измеренная)	Активная мощность фазы, кВт	Если измеренное значение больше паспортного параметра, то
$P_a(t) = U_a(t) \cdot I_a(t) \cdot \cos \varphi_a;$	$P_{\text{паспорт фазы}}$	На мониторе появляется сигнал перегрузки фазы <i>a</i>
$P_b(t) = U_b(t) \cdot I_b(t) \cdot \cos \varphi_b;$	$P_{\text{паспорт фазы}}$	На мониторе появляется сигнал перегрузки фазы <i>b</i>
$P_c(t) = U_c(t) \cdot I_c(t) \cdot \cos \varphi_c;$	$P_{\text{паспорт фазы}}$	На мониторе появляется сигнал перегрузки фазы <i>c</i>
Где $P_{\text{паспорт фазы}} = P_n/3$, P_n – номинальная активная мощность силового трансформатора (СТ) 1.		

15. При снижении уровня масла ниже допустимого уровня или повышения температуры масла выше допустимой температуры в силовом трансформаторе (СТ) 1, вычислительный блок (ВБ) 12 на основе измерений и вычислений подает сигнал на монитор 14, где отражаются соответствующие значения и текущее время и длительность времени повышения температуры масла.

16. На каждой фазе определяется время начала перегрузки и длительность перегрузки по току и напряжению на высоковольтной и низковольтной стороне силового трансформатора (СТ) 1.

17. Все изменения энергетических параметров, которые выходят за пределы допустимых энергетических параметров (согласно паспортных энергетических параметров), оповещаются звуковым сигналом и/или световым сигналом с фиксацией текущего времени и длительности времени выхода энергетического параметра за пределы допустимых энергетических параметров.

18. Определяются также доля времени работы силового трансформатора (СТ) 1 в режиме перегрузки.

19. Вырабатываются рекомендации при перегрузке силового трансформатора (СТ) 1 по отключению нагрузок третьей категории от него, а также подключения их к силовому трансформатору (СТ) 1 при снижении нагрузки ниже номинальной мощности.

Устройство для оперативного контроля и определения энергетических параметров силовых трансформаторов имеет портативные размеры и легкую массу, что позволяет оперативно проводить измерения и получать энергетический паспорт силового трансформатора (СТ) 1 на любой трансформаторной подстанции.

Энергетические параметры силового трансформатора (СТ) 1, которые выходят за пределы допустимых значений и выработанные рекомендации по отключению (подключению), для оператора силового трансформатора (СТ) 1 являются руководством к действию и принятия решений для нормализации режима работы силового трансформатора (СТ) 1.

Данное устройство по результатам измерений и вычислений при повторных исследованиях позволяет выявить изменения энергетических параметров силового трансформатора (СТ) 1 в сторону ухудшения.

Выявление динамики ухудшения энергетических показателей позволяет своевременно реагировать и предпринять мероприятия по техническому обслуживанию или капитального ремонта силового трансформатора (СТ) 1. Данное устройство позволяет увеличить срок службы силового трансформатора (СТ) 1, повысит надежность его работы, особенно когда нагрузка силового трансформатора (СТ) 1 имеет случайный характер, то есть изменение нагрузки в широких пределах по фазам, Неравномерная нагрузка и/или перегрузка по фазам приведет к большим потерям, и, соответственно, к перегреву и выходу изоляции обмоток из строя.

Данное устройство позволяет проводить измерения, регистрацию и вычисления энергетических параметров в режимах холостого хода и короткого замыкания и определять соответствующие потери активной мощности в силовом трансформаторе (СТ) 1.

Устройство для оперативного контроля и определения энергетических параметров силовых трансформаторов позволяет на основе измерений и вычислений определять и фиксировать время начала и конца:

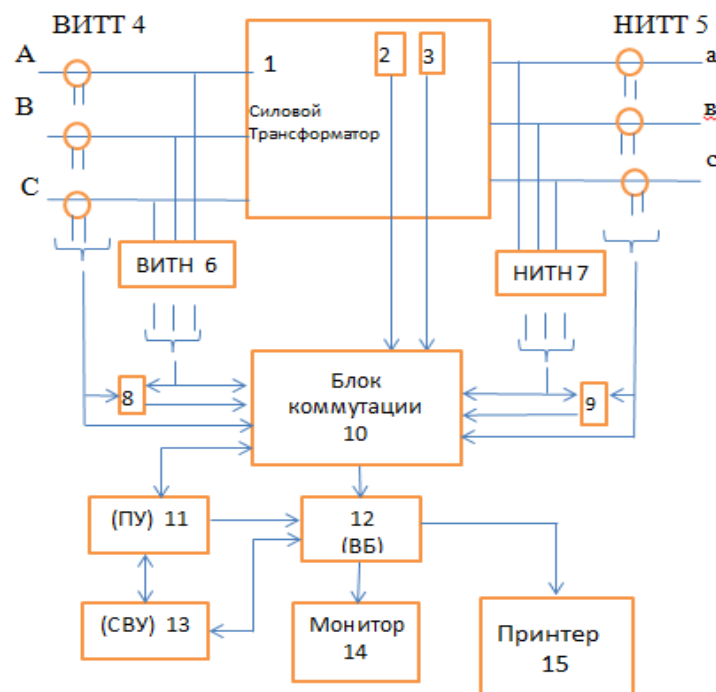
- перегрузок,
- перегрева масла силового трансформатора (СТ) 1,
- снижение уровня масла,
- перекосы фаз на высоковольтной стороне силового трансформатора (СТ) 1,
- неравномерность нагрузок фаз,
- величину нагрузки в момент выхода из строя силового трансформатора (СТ) 1.

При перегрузке одного из фаз (например, фаза *a*) силового трансформатора (СТ) 1 приведет к нагреву обмотки, в последствии деформации обмотки, выходу из строя изоляции обмотки и витковому замыканию и/или короткому замыканию. Это повлечет к выходу из строя силового трансформатора (СТ) 1. Назначение данного разработанного устройства заключается в определении времени и величины перегрузки силового трансформатора (СТ) 1 для предотвращения и защиты его.

Формула изобретения

Устройство для оперативного контроля и определения энергетических параметров силовых трансформаторов, содержащее блок измерения величины тока, блок измерения величины напряжения, блок контроля системы масляного охлаждения трансформатора, устройства обработки полученных данных, *отличающиеся тем, что* на входе высоковольтной стороны силового трансформатора установлены высоковольтные трансформаторы тока (на каждой фазе) и высоковольтный измерительный трансформатор напряжения (на каждой фазе), выходы которых соединены с входом блока коммутации, также их выходы через измеритель *cosφ* на высоковольтной стороне соединены с входом блока коммутации, на выходе низковольтной стороны силового трансформатора установлены низковольтные трансформаторы

тока (на каждой фазе) и низковольтный измерительный трансформатор напряжения (на каждой фазе), выходы которых соединены с входом блока коммутации, также их выходы через измеритель *cosφ* на низковольтной стороне соединены с входом блока коммутации, выходы датчика уровня масла и датчика температуры соединены с входом блока коммутации, выход блока коммутации соединен с входом вычислительного блока, вход-выход блока коммутации через вход-выход пульта управления соединен с вход-выходом системы высшего уровня, выход пульта управления соединен с входом вычислительного блока, а вход-выход системы высшего уровня соединен с вычислительным блоком, а выходы вычислительного блока соединены с входами монитора и принтера.



Фиг.

Компьютерный набор: Ризоева С.Р.