

УДК 621.313

**ДАТЧИКИ И УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ
ПАРАМЕТРОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ
SENSORS AND AUTOMATION DEVICE FOR CONTROL OF
PARAMETERS OF TRANSFORMER**

А. П. Буйвол, И. М. Гаращенко, Е. С. Халецкий
Научный руководитель – С. В. Константинова, к. т. н., доцент
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск Беларусь

A. Bujvol, I. Garashchenya, E. Khaletski
Supervisor – S. Konstantinova, Candidate of Technical Sciences
Belarusian National Technical University, Minsk, Beldrus

***Аннотация:** рассмотрены основные направления в автоматизации, датчики и устройства автоматизации для контроля параметров трансформаторов, перспективы развития.*

***Abstract:** the main directions in automation, sensors and automation device for monitoring the parameters of transformer, development prospects.*

***Ключевые слова:** автоматизация, мониторинг, датчик, параметры.*

***Keywords:** automation, monitoring, sensor, options.*

Введение

Актуальные системы контроля состояния трансформатора основываются на инновационных решениях в области разработки устройств мониторинга: для работы с параметрами тока и напряжения, контроля содержания газов и наблюдения за температурой.

Основная часть.

Все многообразие методов и методик контроля можно разбить на 4 группы.

В первую группу входят различные методы с эксплуатацией стационарных датчиков, способных измерять наличие и содержание газов в объеме масле [1].

Примером таких датчиков является газоанализатор Hydran 201Ti (табл. 1). Датчик представляет собой небольшое устройство, простой способ для нахождения признаков неполадок.

Поскольку обычно используется естественная циркуляция масла, в техобслуживании самих датчиков нет необходимости. Однако основная масса подобных датчиков способна определять лишь уровень содержания водорода, либо же суммарное содержание некоторого набора газов в масле, для фиксирования уровня превышения над допустимой концентрацией. Особенностью этих датчиков является простота в настройке и эксплуатации, способность постоянно фиксировать данные и выводить их в удобной форме.

Таблица 1 – Газоанализатор Hydran 201Ti

<p>Внешний вид устройства Hydran 201Ti</p>	
<p>Достоинства</p>	<p>Параметры</p>
<ul style="list-style-type: none"> – постоянный контроль растворенных в трансформаторном масле газов; – наличие дисплея для удобного вывода информации и дистанционного контроля; – используется метод 3 Стандарта; – отсутствие необходимости в насосе из-за применения динамического отбора масла. 	<ul style="list-style-type: none"> – обмен данных по протоколу Modbus; – порт RS-232 ликвидирован и поставлен локальный порт USB; – время отклика – 10 минут; – диапазон измерений: 0–2000 ppm (объем/объем, эквивалент H₂); – точность измерений: ±10 % от показаний ± 25 ppm (эквивалент H₂); – рабочая температура окружающей среды от – 40 °С до +55 °С; – рабочая влажность окружающей среды 0 – 95 % отн. Влажности. <p>Чувствительность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – H₂: 100 % концентрации; – CO: 15±4 % концентрации; – C₂H₂: 8±2 % концентрации; – C₂H₄: 1,5±0,5 % концентрации.

Вторая группа включает методы с портативным контрольно-измерительным оборудованием (табл. 2). Благодаря этому повышается точность, а вместе с тем и расширяется область применения. Как правило, контрольно-измерительное оборудование применяют тогда, когда установка датчиков экономически нецелесообразна.

Таблица 2 – Устройства с портативным контрольно-измерительным оборудованием

	Внешний вид устройства
Достоинства	Параметры
<ul style="list-style-type: none"> – быстрое размагничивание трансформатора; – измерение динамического сопротивления РПН; – температурная коррекция при измерениях тангенса угла диэлектрических потерь и измерениях емкости при 12 кВ / 500 мА; – наличие анализатора силовых выключателей; – ручной режим; – формирование отчета по мере проведения испытаний; – возможность экспорта отчета в формате pdf; – экспорт данных с помощью USB и наличие удаленного управления. 	<ul style="list-style-type: none"> – напряжение питания: 100–240В, 50/60Гц ($\pm 10\%$); – входной ток < 16 А непрерывно; – краткосрочно до 30 А < 60 с; – предохранители F1 и F2, 25 А; – наличие защитного заземления.

Среди минусов можно перечислить невозможность применения портативного оборудования для непрерывного мониторинга параметров. Большая часть методов не имеет возможности считывать необходимую информацию о содержании водорода, однако специальные датчики на это способны.

К третьей группе относят методы, задействующие лаборатории. Основное их преимущество – высокая точность измерений, однако стоимость лабораторных анализов соответствует сложности и дороговизне оборудования [2].

Одной из примеров мобильных лабораторий является Трансформаторная лаборатория Megger (табл. 3).

Таблица 3 – Мобильная лаборатории Megger

<p>Внешний вид устройства</p>	
<p>Достоинства</p>	<p>Параметры</p>
<ul style="list-style-type: none"> – все виды диагностических испытаний; – возможность центрально управления и отчетности; – наличие двух комплектов кабелей для разных рабочих инструментов; – произведение автоматических переключений для рабочих схем; – надежность и точность; – возможность извлечения инструментов для отдельного применения. 	<p>Испытание изоляции:</p> <ul style="list-style-type: none"> – тестовое напряжение, постоянный ток до 5, 10 или 15 кВ; – диапазон измерений 100 кОм до 15 Том; – емкостный ток 2 мА, 6 мА (короткое замыкание); – помехоустойчивость 8 мА. <p>А также испытания:</p> <ul style="list-style-type: none"> – сопротивлений обмоток и контактов РПН; – коэффициента трансформации и векторной группы соединения; – измерение потерь при КЗ и ХХ; – анализ частотных характеристик; – оценка влажности в целлюлозе; – испытания тр. масла на пробой.

Четвертая группа состоит из методов, объединяющих системы постоянного контроля и диагностики. Отличительной чертой данной группы от остальных трех является отсутствие встроенных датчиков и наличие внешних устройств, контролирующих те или иные параметры. При внедрении подобных систем, основная часть датчиков уже имеется на трансформаторе или может быть установлена позднее. Кроме того, для работы требуется организовать каналы связи. Естественно, главным недостатком является высокая цена установки и обслуживания данного оборудования.

Общей особенностью всех этих методик можно выделить то, что их невыгодно использовать в целях контроля параметров электрических машин в сетях 6 (10) кВ.

Приборами для диагностики, которые бы обладали всеми необходимыми качествами для возможности из установки в систему цифровой

подстанции, являются, например, оптоволоконные датчики тока и напряжения для мониторинга параметров тока и напряжения.

В общем виде датчик представлен на рис. 1.

Волоконно-оптический датчик тока

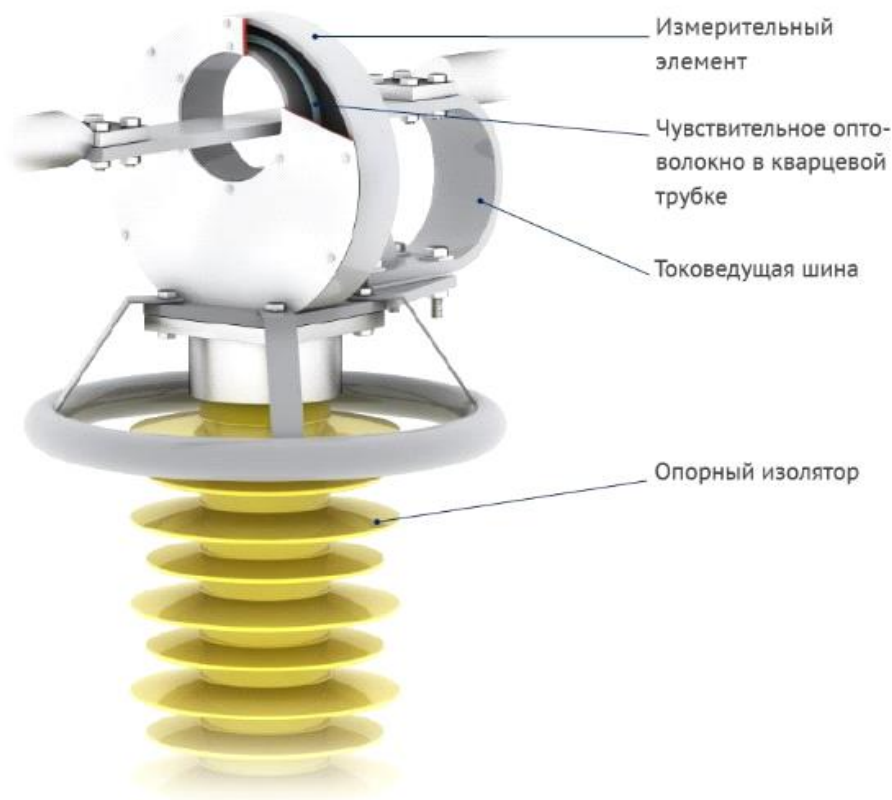


Рисунок 1 – Оптоволоконный датчик тока

Как пример одной из современных систем, предназначенных для мониторинга содержания газа и влаги в объеме масла трансформатора, можно привести систему SmartDGA. Принцип ее работы представлен на рис. 2.

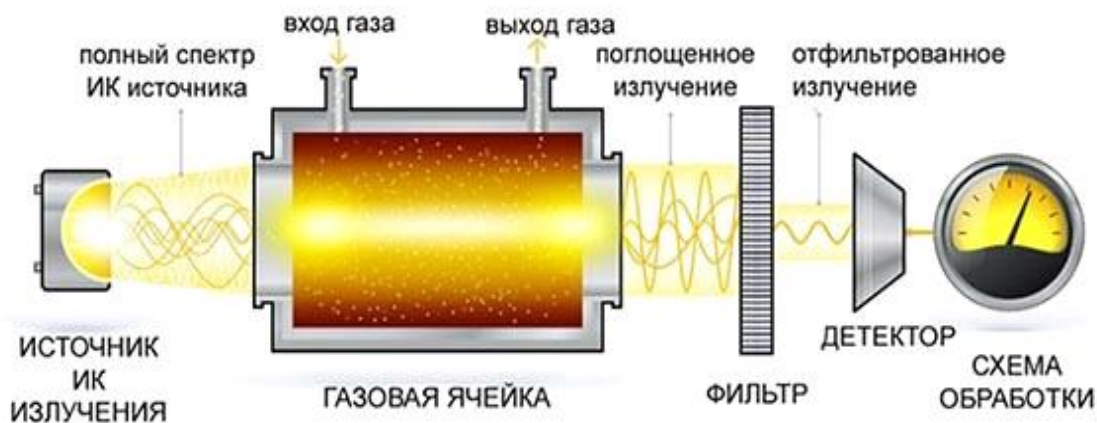


Рисунок 2 – Принципиальная схема системы анализа SmartDGA

Кратко, концепция работы SmartDGA заключается в том, что газ, собираемый в газовую ячейку, облучают при помощи инфракрасного излучения. Затем специальный фильтр определяет диапазон поглощения данного газа. После этого детектор преобразует сигнал, эквивалентный количеству энергии, поглощенной газом, в процент содержания газа.

Мониторинг механического состояния трансформатора. Механическое состояние трансформатора – это параметр, отражающий усилие осевой прессовки обмоток, определяющее способность обмоток противостоять воздействию ЭДУ токов аварийных режимов. В процессе работы трансформатора усилие прессовки становится меньше и поэтому, для обеспечения надежности работы установки, необходимо следить за ее величиной.

Контролировать данный параметр можно при помощи виброметров. Схема их расположения отображена на рис. 3.

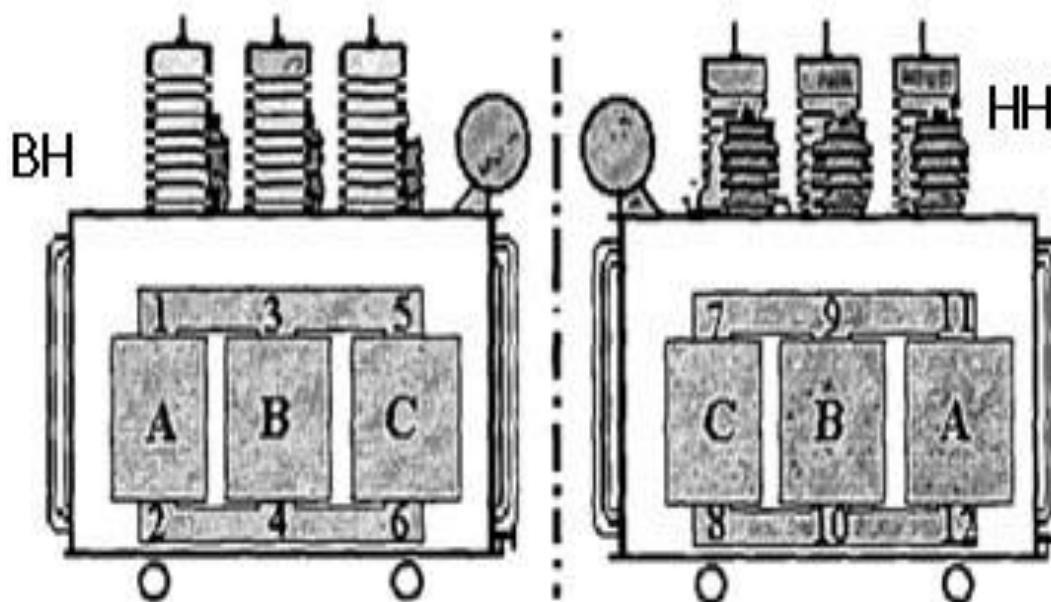


Рисунок 3 – Схема расположения вибродатчиков

Мониторинг теплового состояния трансформатора. Измерять температуру можно разными способами. Используется метод, в котором применяется люминесценция кристаллов АИГ – флюорооптическая технология. На одном конце оптоволоконной части расположен приемник, который фосфоресцирует при воздействии на него световых импульсов из красного спектра. Температура определяется при помощи исследования времени затухания фосфоресценции датчика. Схема расположения термодатчиков приведена на рис. 4.

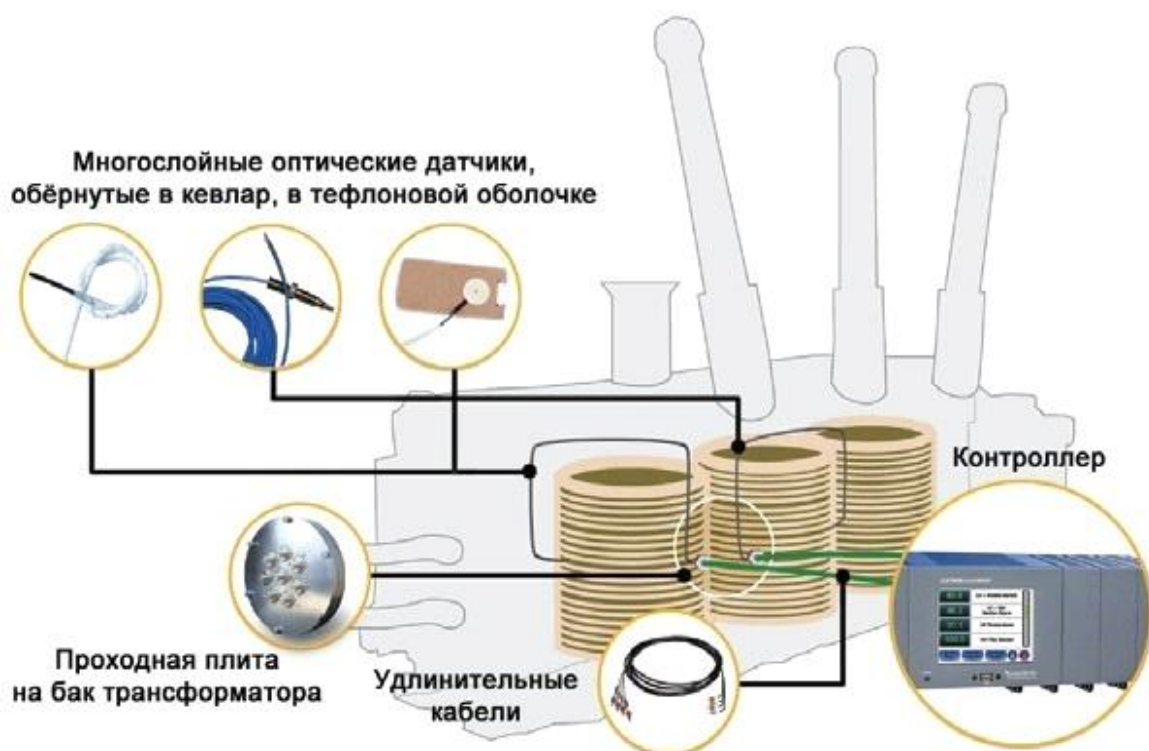


Рисунок 4 – Схема расположения температурных датчиков

Комплексная система мониторинга состояния трансформатора. Вышеперечисленные наработки используются в комплексной системе мониторинга технических параметров трансформатора, объединенной с программно-техническим комплексом цифровой подстанции.

Сравнение построения структур классической и цифровой подстанций приведено на рис. 5.

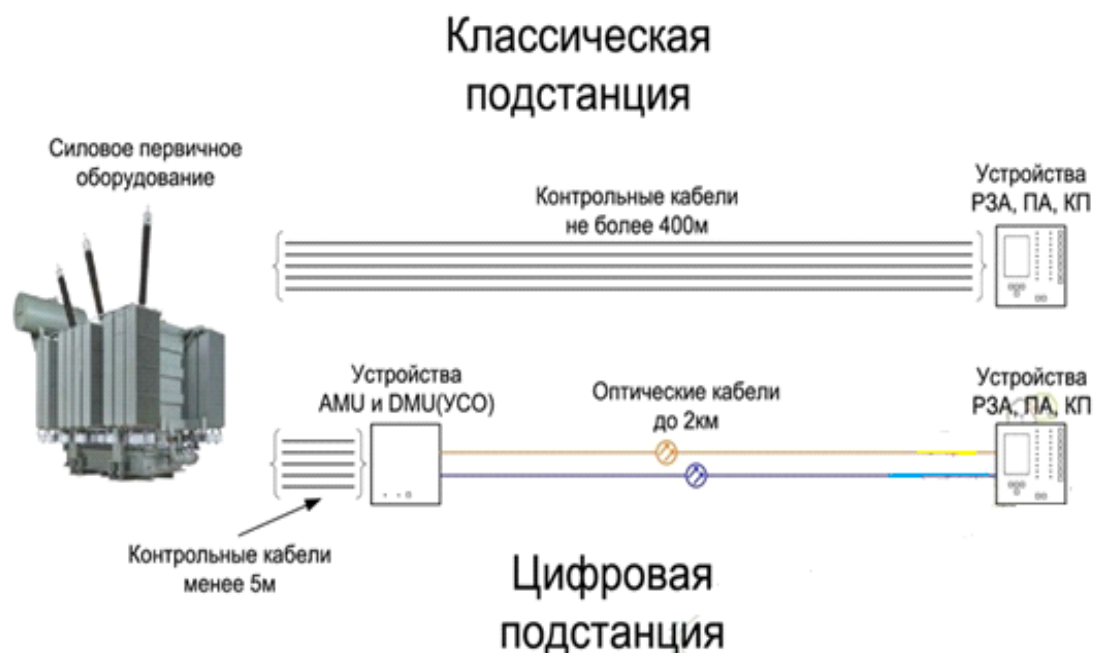


Рисунок 5 – Сравнение структурных схем классической и цифровой подстанций

Перспективным развитием автоматизации работы ЭЭС может стать внедрение искусственного интеллекта или его упрощенной версии в качестве системы обработки данных и на основе анализа данных, по уже внесенным алгоритмам, принимается решение о дальнейших изменениях в работе системы [3]. Это позволит работать системе с большей эффективностью и реализовывать экономически целесообразные планы работы системы. Данный план может быть реализован с помощью множества вычислительных устройств, располагающихся в разных местах, что в перспективе намного выгоднее чем централизованная система, так как может взаимозаменять вышедшие из строя устройства на небольшой период времени. В таком комплексе должен присутствовать центральный контроль и возможность оперативного управления человеком в случае неполадок работы вычислительных машин.

Заключение

Существующие датчики контроля используются в комплексной системе мониторинга технических параметров трансформатора, что является неотъемлемой частью развития автоматизированной энергосистемы, что значительно улучшает ряд рабочих аспектов системы, а также сокращает затраты на ее эксплуатацию, позволяет прогнозировать аварийные ситуации и проработать возможные режимы работы

Литература

1. Непрерывный контроль состояния трансформаторов. Электрооборудование электрических станций, подстанций и сетей. ОИР // [Новости электроэнергетики мира. – № 2, – Тб. М.], 2002 г.
2. Новая система онлайн-мониторинга газов/влаги в трансформаторах и РПН. [Электронный ресурс] / Новая система онлайн-мониторинга газов/влаги в трансформаторах и РПН. – Режим доступа: https://www.pergam.by/catalog/electrical_equipment/monitoring_transformers/. – Дата доступа: 25.02.2023.
3. Сведения по автоматизации регулирования напряжения. [Электронный ресурс] / Сведения по автоматизации регулирования напряжения. – Режим доступа: <https://leg.co.ua/knigi/ucება/elektricheskie-stancii-podstancii-linii-i-seti-63.html>. – Дата доступа: 25.02.2023.