

## ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА БАЗЕ КОМПЛЕКСА «ДИАГНОСТИКА+»

ПОПОВ Г.В., д-р техн. наук, ИГНАТЬЕВ Е.Б., канд. техн. наук, КАПУСТИН С.А., инж.,  
КОМКОВ Е.Ю., СИЗОВ О.Н., аспиранты

Приведен обзор подходов к оценке состояния силовых трансформаторов в режиме on-line. Рассмотрена организация первой версии мониторинга блочных трансформаторов на базе системы «Диагностика+».

*Ключевые слова:* силовые трансформаторы, система мониторинга, диагностика.

## POWER TRANSFORMER MONITORING ORGANIZATION ON THE BASIS OF «DIAGNOSTICS +» SYSTEM

POPOV G.V., Ph.D., IGNATYEV E.B., Ph.D., KAPUSTIN S.A., eng.,  
KOMKOV E.Yu., postgraduate, SIZOV O.N., postgraduate

The article contains the review of approaches to the on-line assessment of power transformers. The organization of the first version of block transformer monitoring on the basis of «Diagnostics +» is analyzed.

*Key words:* power transformers, monitoring system, diagnostics.

В настоящее время для мониторинга маслонаполненного оборудования разработано определенное количество систем, что связано с возросшей потребностью в оперативной оценке реального состояния стареющего парка оборудования. Практически все системы мониторинга нацелены на оценку состояния изоляции как наиболее важного и наиболее подверженного разрушению элемента масляного трансформатора. Для этого используют оценку режима нагрузки трансформатора, контроль температуры наиболее нагретой точки, определение влагосодержания в бумажной изоляции, определение тангенса угла диэлектрических потерь. Далее в списке приоритетов стоит контроль состояния системы охлаждения, для оценки эффективности которой используются обычно следующие параметры: температура верхних слоев масла, разница температур масла на входе и выходе системы охлаждения, температура окружающей среды, состояние маслонасосов и вентиляторов (рис. 1).

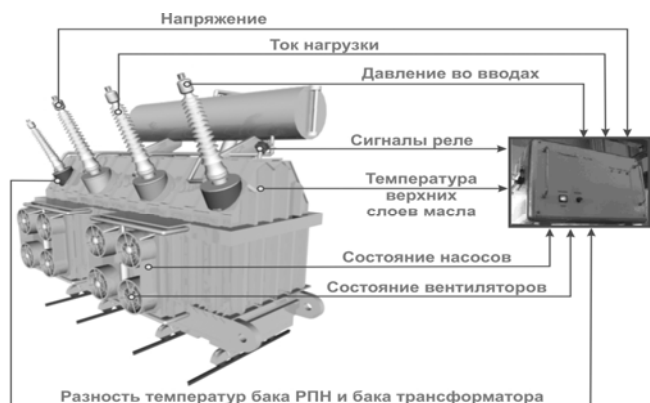


Рис. 1. Общее представление системы мониторинга

Очень важным является анализ содержания газов в масле (хроматографический анализ). На данный момент две фирмы лидируют в производстве таких датчиков. Это датчик HYDRAN канадской фирмы Syprotec и датчик Transfix II британской фирмы Kelman. Как правило, на крупных энергопредприятиях и узловых подстанциях или уже функционируют, или предполагается установка SCADA – систем по управлению электрическими процессами. В связи с этим важным требованием к системе мониторинга является возможность интеграции в существующую или будущую АСУ ТП, что предполагает поддержку технологии OPC и стандартных протоколов обмена данными.

В табл. 1 приведено сравнение различных систем мониторинга, разработанных в РФ.

Анализ проводимых разработок позволяет сделать вывод о возможностях систем мониторинга. Существенное различие наблюдается в применении математических моделей для оценки результатов мониторинга и интерпретации этих результатов, а также в затратах на установку и настройку подобных систем. При этом веским показателем является уровень обеспечения достоверности и надежности получаемой информации.

В Ивановском Государственном Энергетическом Университете ведется разработка системы мониторинга силовых трансформаторов на базе комплекса «Диагностика+» (далее «Д+» On-line), позволяющая удовлетворить основным требованиям к подобным разработкам (рис. 2). Основная задача «Д+» On-line системы – обеспечить продолжение эксплуатации оборудования, выработавшего свой ресурс, что в большинстве случаев экономически эффективнее его замены.

Таблица 1. Сравнительные характеристики систем мониторинга

Контролируемый параметр\ Система мониторинга	ШУМТ <sup>1)</sup>	TDM <sup>2)</sup>	СКИТ <sup>3)</sup>	Sterling Group <sup>4)</sup>
Температура верхних слоев масла	+	+	+	+
Работа системы охлаждения	+	+	+	+
Тангенс дельта	+	+	+	+
Концентрация газов в масле	+	+	+	+
Содержание влаги в изоляции	+	+	+	+
Состояние РПН	+	+	+	+
Токи и напряжения по НН и ВН	+	+	+	+
Давление во вводах	-	-	-	-
Частичные разряды в изоляции	-	-	+	+
Использование математических моделей	+	-	-	-
Использование режима off-line	-	-	-	-
Возможность интеграции в SCADA системы (поддержка OPC)	+	+	+	+

**Примечания:**

- 1) Система ШУМТ (шкаф управления мониторингом трансформатора) является разработкой ВЭИ, г. Москва [1];
- 2) TDM (Transformer Diagnostic Monitor) – ПФФ «Вибро-Центр», г. Пермь [2];
- 3) СКИТ (Система контроля изоляции трансформатора) – СПбГПУ, г. Санкт-Петербург [3];
- 4) Sterling Group – предприятие Стерлинг Групп, Украина [4].

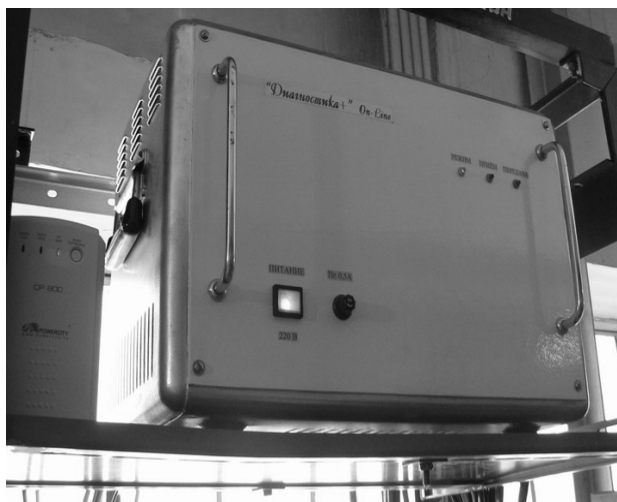


Рис. 2. Внешний вид системы мониторинга «Д+» on-line

При разработке системы «Д+» On-line основной акцент делался:

- на модульный принцип построения, что обеспечивает компромисс между затратами на разработку системы и степенью ее эффективности;
- возможность интеграции в SCADA - системы по управлению электрическими процессами или системы СОТИ посредством технологии OPC;
- разработку математических моделей, позволяющих оценить остаточный ресурс трансформатора.

В первой версии системы использованы следующие виды датчиков:

- датчики тока по высокой и низкой сторонам трансформатора (диапазон измерения от 0 до 12000 А, нормированный сигнал 0–5 мА);
- датчики напряжения по высокой и низкой сторонам трансформатора (диапазон измерения от 0 до 525 кВ, нормированный сигнал 0–5 мА);

- датчики давления во вводах (диапазон измерения 0–0,3 МПа, нормированный сигнал 4–20 мА) (рис. 3);

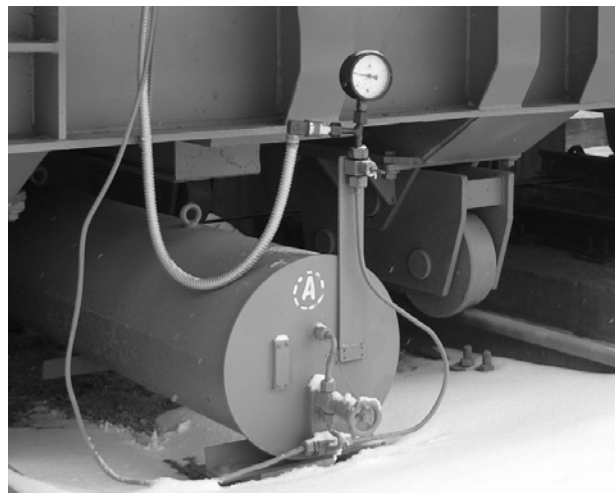


Рис. 3. Датчик давления во вводах

- датчик температуры верхних слоев масла (диапазон измерения –50 – +80°С, нормированный сигнал 4–20 мА) (рис. 4);



Рис. 4. Датчик температуры верхних слоев масла

- датчики температуры масла на входе и выходе системы охлаждения (диапазон измерения 0–100 °С, нормированный сигнал 4–20 мА);
- датчик состояния маслонасосов системы охлаждения (дискретный сигнал ≥ 24 В);
- ключ режима работы системы охлаждения ручной/ автоматический (дискретный сигнал 24 В);
- датчик температуры окружающего воздуха (диапазон измерения –50 – +50 °С, нормированный сигнал 4–20 мА).

Это минимальная комплектация системы мониторинга, которая обеспечивает необходимый набор сигналов. По желанию заказчика анализируемая информация может быть расширена путем подключения аналоговых сигналов от других систем по заранее оговоренным протоколам обмена данными. Так, «Д+» On-line допускает работу с регистратором и осциллографом аварийных событий «Нева». В дальнейшем предполагается подключение дополнительных диагностических подсистем, используя их в качестве интеллектуальных датчиков.

Система функционирует после подачи питающего напряжения 220 В частотой 50 Гц от блока питания. Все управляющие опции находятся в главном меню системы (рис. 5).

В левой части окна можно наблюдать минимальное, среднее и максимальное значения контролируемых величин за промежуток времени. В правой части окна выдаются тренды основных сигналов и меню навигации по ним. Нижнюю часть окна занимает экран событий, в котором регистрируются выходы контрольных параметров за допустимые пределы, критические режимы работы трансформатора и т. д.

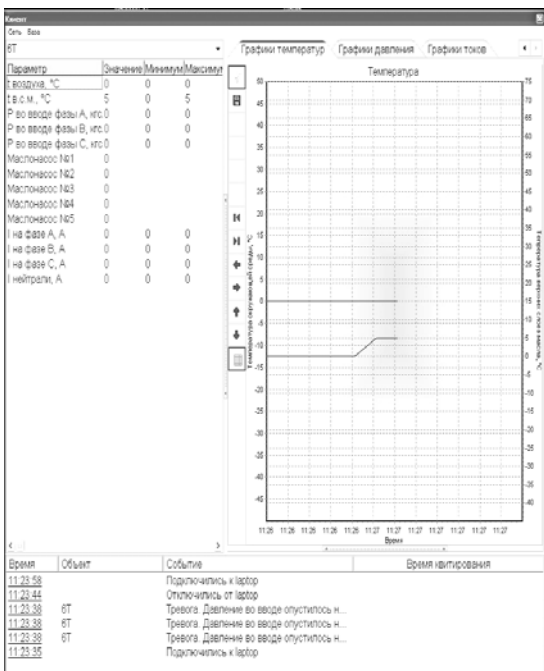


Рис. 5. Главное окно системы мониторинга

Вся информация поступает в базу данных мониторинга, из которой получает необходимые сведения экспертная система (рис. 6).

Система смонтирована в виде отдельного шкафа с выносным источником бесперебойного питания и устанавливается в отапливаемом помещении с температурой воздуха не ниже 5 °С. Все узлы и датчики, используемые в системе, рассчитаны на эксплуатацию без дополнительного подогрева при температуре –40 – +80°С (исполнение IP65).

Стоимость системы и оборудования может варьироваться от 200000 руб. в минимальной комплектации для мониторинга трансформаторов малой и средней мощности. Для трансформаторов большей мощности или ответственного назначения количество необходимых датчиков возрастает. Соответственно растет и стоимость системы. Здесь важно, как отмечалось выше, нахождение разумного соответствия между затратами на разработку системы и риском аварии.

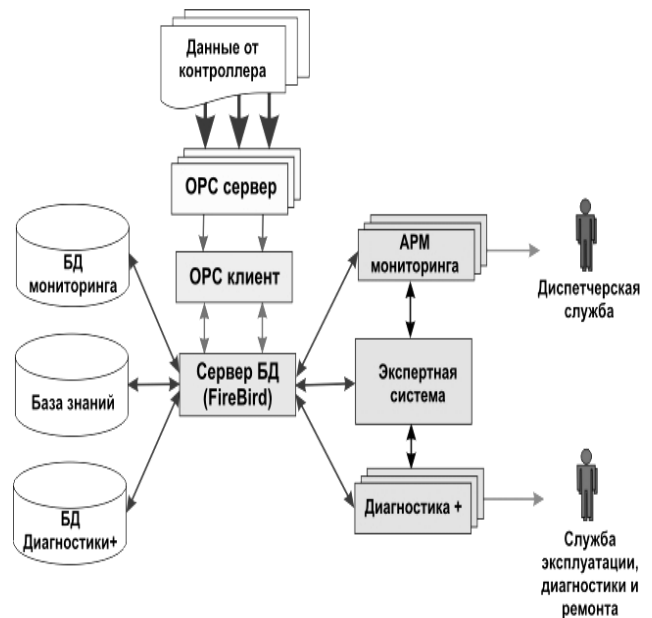


Рис. 6. Основные компоненты программного и информационного обеспечения и потоки данных системы «Д+»On-line

**Список литературы**

1. Валуиких А.О., Мордкович А.Г., Цфасман Г.М. Система управления, мониторинга и диагностики трансформаторного оборудования // Электро. – 2004. – № 6. – С. 35–37.
2. Руссов В.А., Софьин Н.Н. Мониторинг технического состояния трансформаторов при помощи системы «ТДМ»: Сб. тез. докл. VIII симпозиума «Электротехника 2010». – М.: ВЭИ, 2005.
3. Монастырский А.Е., Пильщиков В.Е. Система непрерывного мониторинга изоляции силовых трансформаторов СКИТ: Сб. докл. «Методы и средства оценки состояния энергетического оборудования». Вып. 20. – СПб.: ПЭИПК, 2002.
4. Рассальский А.Н., Козик Н.Н., Левкоаский А.И. Система мониторинга и управления для силовых трансформаторов // Новое в российской электроэнергетике. – 2004. – № 6.

Попов Геннадий Васильевич,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой безопасности жизнедеятельности,  
телефон (4932) 26-99-39,  
e-mail: popov@bjd.ispu.ru

Игнатъев Евгений Борисович,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
кандидат технических наук, доцент кафедры программного обеспечения компьютерных систем,  
e-mail: ignatiev@igt.ispu.ru

Капустин Сергей Алексеевич,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
инженер кафедры электроники и микропроцессорных систем,  
телефон (4932) 26-97-03,  
e-mail: terehov@eims.ispu.ru

Комков Евгений Юрьевич,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
аспирант,  
телефон (4932) 26-99-39.

Сизов Олег Николаевич,  
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
аспирант,  
телефон (4932) 26-99-39.