

Применение систем мониторинга для контроля технического состояния электросетевого оборудования подстанции

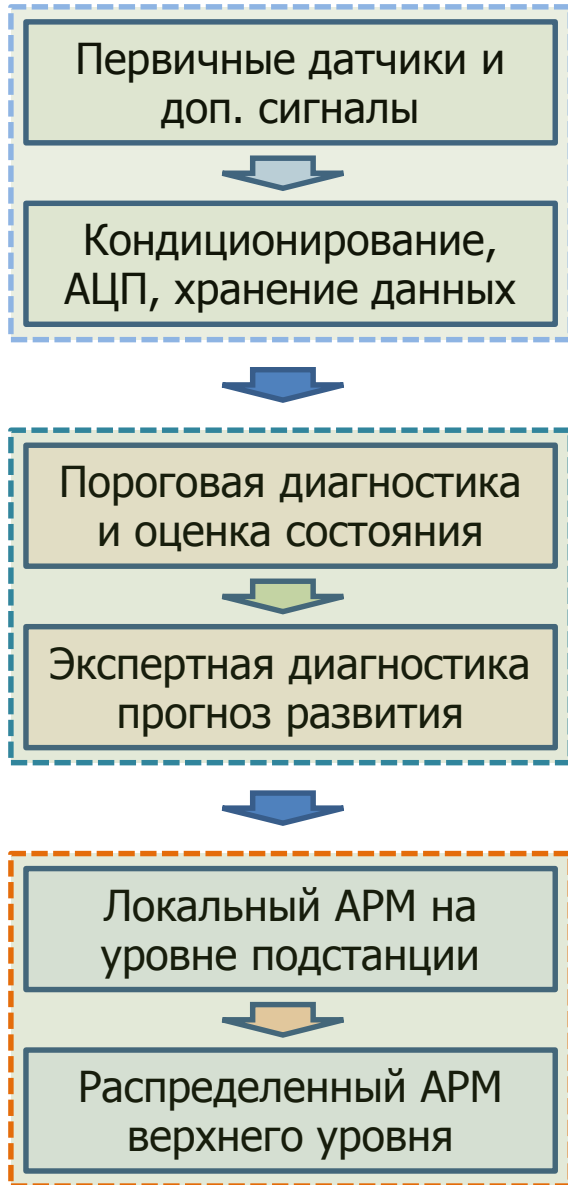
Русов Валерий Александрович
к.т.н., главный инженер ООО «Димрус», г. Пермь
rusov@dimrus.ru

Внедрение системы оптимального управления эксплуатацией высоковольтного оборудования подстанций возможно только при наличии достоверной информации о текущем техническом состоянии каждой единицы оборудования.

Наиболее корректно техническое состояние можно оперативно определять при помощи систем мониторинга, обладающих встроенными функциями оперативной диагностики дефектов при помощи экспертных систем.

По сравнению с обычными off-line методами контроля технического состояния современная on-line диагностика при помощи систем мониторинга имеет ряд преимуществ. Это:

- Непрерывность процесса измерения, диагностики и оценки технического состояния оборудования.
- Возможность отслеживания скачков параметров состояния, обычно связанных с «быстрым» возникновением дефектных состояний.
- Выявление и анализ трендов изменения параметров оборудования. При помощи этой функции эффективно оцениваются медленные изменения технического состояния
- Комплексный подход к оценке состояния оборудования. Итоговое заключение о техническом состоянии формируется на основании использования нескольких диагностических методов, учитывает предыдущие этапы эксплуатации, опирается на прогноз вероятного развития дефектных признаков.



В состав системы диагностического мониторинга с оптимальными параметрами должно входить несколько уровней работы с информацией:

1. Уровень первичных датчиков. Для достижения высокой экономической эффективности системы набор и количество этих датчиков должен быть минимальным, но достаточным для проведения достоверной оценки технического состояния оборудования.
2. Средства кондиционирования, нормирования, регистрации, обработки и сохранения сигналов от первичных датчиков.
3. Уровень основной параметрической (пороговой) диагностики дефектных признаков и оценки технического состояния оборудования.
4. Уровень экспертных алгоритмов и математических моделей для формирования общих заключений о состоянии оборудования.
5. Технические и программные средства визуализации результатов работы системы мониторинга на локальном уровне системы АСУ-ТП.
6. Системные средства для АСУ-ТП более высокого уровня, просмотр информации, формирование рекомендаций для оптимального управления эксплуатацией оборудования.

Во-первых, экономическая эффективность применения систем мониторинга определяется правильным выбором первичных параметров, используемых для оценки технического состояния оборудования.

При выборе параметров для мониторинга необходимо учитывать, что:

- Основное внимание должно уделяться контролю критических параметров, величина которых нормируется стандартами или практическими рекомендациями.
- Увеличение количества регистрируемых параметров сначала приводит к повышению достоверности оценки технического состояния, но при достижении определенного количества информативность новых параметров уменьшается, и даже может привести к снижению достоверности диагностики.
- Чем большее количество параметров оборудования регистрируется, тем выше затраты на установку и эксплуатацию системы мониторинга.

Во-вторых, альтернативой повышению количества регистрируемых параметров является использование экспертных диагностических программ. Чем более совершенной и функционально полной является экспертная программа, тем выше будет достоверность оценки технического состояния, даже при меньшем количестве контролируемых параметров.

В-третьих, Информация системы мониторинга не должна использоваться только на локальном уровне. Ею должны оперативно пользоваться службы диагностики и управления ремонтами различных уровней, а так же, что особо важно, специалисты, управляющие полным циклом жизни оборудования.

Итогом работы экспертного ядра системы мониторинга является расчетный коэффициент текущего технического состояния $K_{\text{ТТС}}$.

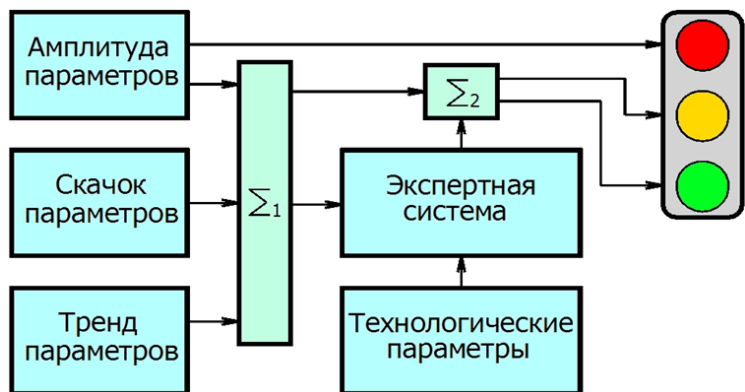
Количественное значение этого коэффициента для удобства оперативной оценки состояния делится на три качественные зоны.

Эти зоны полностью соответствуют стандартным цветам светофора:

- $0,9 \div 1,0$ – зона хорошего технического состояния оборудования.
- $0,8 \div 0,9$ – зона удовлетворительного технического состояния оборудования.
- менее $0,8$ – зона предаварийного состояния оборудования.

Важно, что оборудование может считаться находящимся в предаварийном состоянии только на основании анализа значений критических параметров, имеющих нормированные значения.

По результатам работы экспертного ядра системы мониторинга оборудование может быть переведено только в зону удовлетворительного технического состояния.



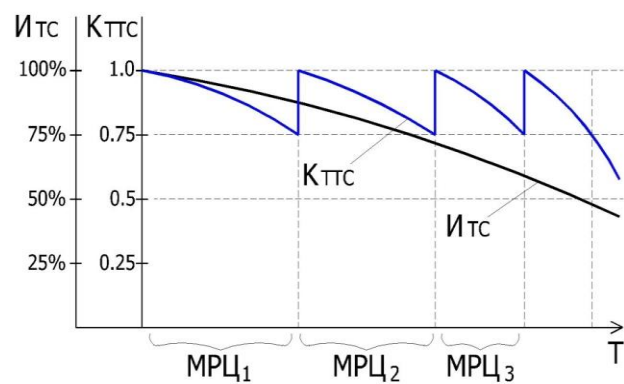
Расчетный коэффициент текущего технического состояния $K_{ТТС}$, определяется системой мониторинга на текущий момент времени.

Это коэффициент оценивает необходимость применения к оборудованию ремонтных и сервисных воздействий.

Коэффициент $K_{ТТС}$ не следует путать с индексом технического состояния $I_{ТС}$. Эти два интегральных параметра описывают разные аспекты технического состояния, их текущие значения обычно не совпадают.

- Коэффициент $K_{ТТС}$ описывает состояние оборудования на текущий момент времени и циклически изменяется в течение каждого межремонтного цикла. На основании анализа значения этого коэффициента производится управление состоянием оборудования в рамках одного межремонтного цикла.

- Индекс технического состояния $I_{ТС}$ описывает состояние оборудования в условиях полного жизненного цикла оборудования, который обычно включает в себя несколько межремонтных периодов. Расчет $I_{ТС}$ производится периодически, поэтому он является менее оперативным параметром.



Проведение ремонтных и сервисных работ:

Уменьшение величины коэффициента технического состояния $K_{\text{ТТС}}$ до минимально допустимого значения является признаком завершения межремонтного периода и необходимости проведения комплекса необходимых сервисных и ремонтных работ.

Проведение модернизации или замены оборудования:

В соответствии с графиками изменения коэффициента и индекса технического состояния высоковольтного оборудования $I_{\text{ТС}}$, существуют три критерия проведения модернизации или замены оборудования.

- Когда после проведения всех ремонтных и сервисных работ не удается полностью восстановить коэффициент текущего технического состояния до необходимого высокого значения, в идеале до единицы, что будет говорить о наличии в оборудовании неустраняемых дефектов.

- Когда получаемая после ремонта длительность очередного межремонтного цикла работы оборудования становится недопустимо малой. Это особенно важно в тех случаях, когда необходимо обеспечивать надежную работу оборудования в реальных условиях эксплуатации, например, в течение межремонтного цикла равного одному календарному году.

- Когда индекс технического состояния контролируемого высоковольтного оборудования снизится до $40 \div 50\%$, что обычно однозначно соответствует снижению общей надежности оборудования до недопустимого уровня.

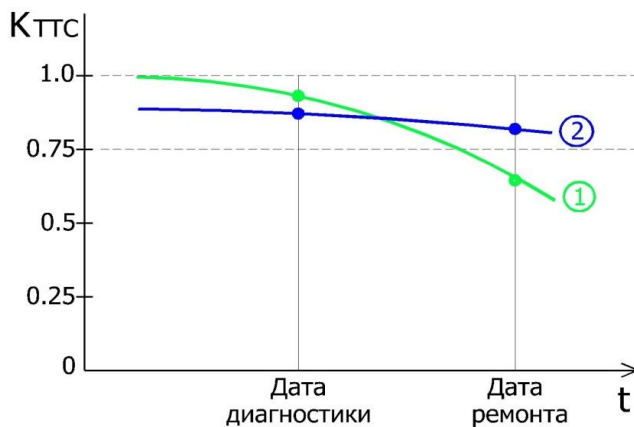
Оптимальное управление обслуживанием оборудования по техническому состоянию практически невозможно, если в составе экспертного ядра системы мониторинга отсутствует адаптивная функция прогнозирования развития состояния оборудования.

Особенно велико значение этой функции при планировании ремонтных работ для оборудования, в котором были обнаружены развивающиеся признаки дефектных состояний.

Для достижения максимальной эффективности ремонтных работ их планирование должно производиться не по параметрам состояния на момент диагностики, а по расчетному состоянию на момент планируемых ремонтных воздействий.

Для этого необходимо использовать математические модели, учитывающие изменение состояния оборудования за время подготовки к ремонтам.

На рисунке приведен пример, когда на момент проведения диагностики состояние аппарата 2 было хуже, чем состояние аппарата 1, а на момент проведения планируемых ремонтных работ ситуация поменялась – аппарат 1 больше нуждался в ремонтных работах, чем 2.



Использование локальных диагностических систем мониторинга позволяет эффективно снижать аварийность для контролируемого оборудования, но не дает возможности минимизировать общие затраты на эксплуатацию всего оборудования подстанции.

Для решения этого вопроса оптимально использовать комплексную систему мониторинга, интегрирующая в себя все локальные системы.

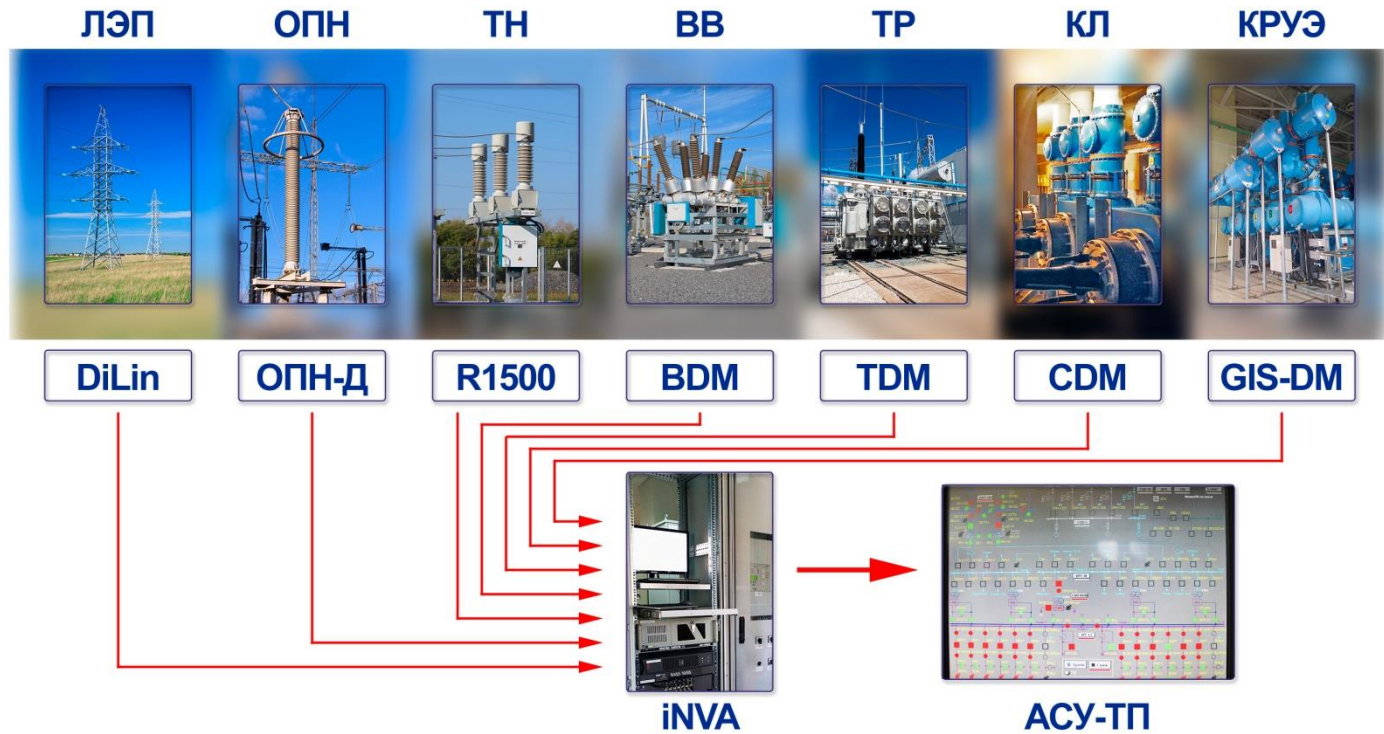
Комплексная система мониторинга позволяет проводить абсолютную и сравнительную оценку технического состояния оборудования подстанции. Последнее является наиболее важным для оперативного выявления «слабого звена» во всей технологической цепи.

Комплексный подход дает возможность точно ориентировать сервисные и ремонтные работы на улучшение состояния проблемного оборудования.

Комплексную систему мониторинга высоковольтного оборудования можно создать двумя способами:

- Путем интеграции в единое целое набора локальных систем мониторинга трансформаторов, выключателей, кабельных линий и т. д., которые обычно разрабатываются и поставляются различными фирмами.

- Вторым вариантом является создание комплексной системы мониторинга на основе использования продукции одного производителя. Такая система будет иметь ряд преимуществ перед набором систем мониторинга, разработанных разными производителями.



На рисунке приведена структура комплексной системы INVA для мониторинга оборудования подстанции, созданная на основе разработок фирмы ДИМРУС.

На основном оборудовании подстанции устанавливаются датчики и приборы систем мониторинга, информация от которых обрабатывается при помощи единого АРМ с общим программным обеспечением.

Все параметры и результаты работы локальных и комплексной системы мониторинга доступны пользователям ЛВС на уровне АРМ, а по каналам связи они передаются в системы АСУ-ТП любого технологического уровня.

Наиболее важные достоинства комплексной системы мониторинга оборудования подстанции:

- При комплексном подходе к мониторингу всей технологической цепи оборудования подстанции датчики, устанавливаемые в местах соединения оборудования (ЛЭП + трансформатор + КРУ + кабельная линия и т. д.) могут использоваться для работы двух и более систем мониторинга. Это позволяет минимизировать состав технических средств – первичных датчиков и сигнальных кабельных линий - сократив затраты на поставку оборудования на 20 – 30%.

- Использование общего программного обеспечения мониторинга и диагностики позволяют оперативно обмениваться информацией между отдельными элементами комплексной системы мониторинга, существенно снижая затраты на адаптацию и поддержку программного обеспечения.

- Единая система оценки состояния оборудования, общая структура экспертных правил диагностики позволяет одинаково достоверно оценивать состояние элементов технологической цепи подстанции.

- Общий подход к диагностике и к формированию итоговых параметров состояния оборудования позволяет решать самую важную эксплуатационную задачу - выявлять «слабое» или критическое звено в технологической цепи: оперативно находить оборудование, в наибольшей степени нуждающееся в ремонтном воздействии. В результате у персонала появляется возможность обеспечивать надежность работы всей подстанции, используя минимум ремонтных воздействий.

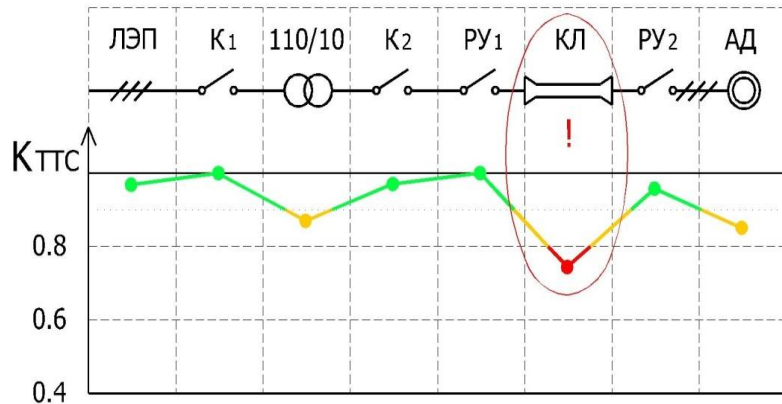
Комплексная система мониторинга имеет уникальную возможность проводить сравнительную оценку состояния каждого оборудования на уровне технологического транзита.

Согласно рисунку слабым звеном транзита является кабельная линия 10 кВ, коэффициент технического состояния которой меньше 0,8.

На основании получаемой таким образом сравнительной оперативной информации можно целенаправленно формировать графики и объемы проведения необходимых ремонтных работ.

При планировании ремонтных работ с использованием информации от комплексной системы появляется возможность учета технологической значимости каждого элемента подстанции, которая определяется тем, в цепь какого транзита он включен.

Если от одной подстанции обеспечивается подключение нескольких потребителей, имеющих различный технологический статус, то комплексная система мониторинга имеет возможность ранжировать и эту информацию.



Спасибо за внимание