

МЕТОДЫ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ВЧ ТРАКТА ПО ЛЭП

МЕТОДИ ЗБОРУ ДАНИХ ДЛЯ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ВЧ ТРАКТА ПО ЛЕП

METHODS OF DATA COLLECTION FOR DIAGNOSTIC SYSTEM OF PLC SECTION

Аннотація. Подробно рассматриваются возможные методы сбора данных для использования при диагностировании высокочастотного тракта по высоковольтным линиям.

Анотація. Детально розглядаються можливі методи збору даних для використання при діагностуванні високочастотного тракту по високовольтним лініям.

Summary. Detail the possible methods of collecting data for use in the diagnosis of power line carrier section.

В процессе работы над задачей диагностирования состояния элементов высокочастотного (ВЧ) тракта по высоковольтным линиям (ВЛ), возникает проблема сбора данных. Сложность заключается в том, что основные элементы ВЧ тракта по ВЛ находятся под постоянным воздействием высокого напряжения, что затрудняет непосредственное измерение их параметров [1]. Для повышения достоверности принятия решения системой диагностики необходимо обеспечить сбор максимального объема данных о состоянии ВЧ тракта. В связи с этим возникает необходимость определения методов сбора этой информации.

Однако в современной литературе подобная задача рассматривалась лишь косвенно [2,3]. Только в общем виде описываются возможные типы диагностических данных. *Целью этой статьи* является определение реальных источников методов для получения диагностических данных, а также детализация самого процесса их получения и вариантов использования.

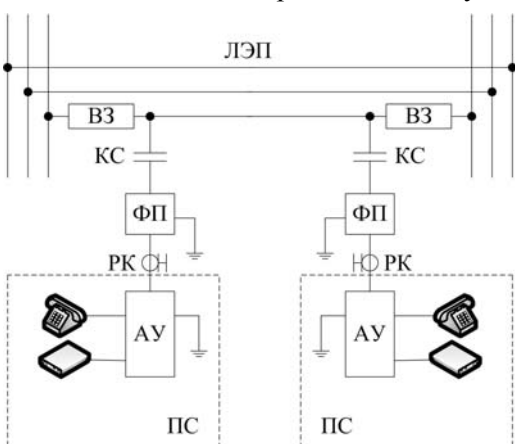


Рисунок 1 – Базовая модель ВЧ тракта.

На рисунке: ЛЭП – линия электропередачи; ВЗ – высокочастотный заградитель; КС – конденсатор связи;

ФП – фильтр присоединения; РК – радиочастотный кабель; АУ – аппаратура уплотнения; ПС – помещение подстанции

невозможно или затруднительно.

Во-вторых, спектр частот аппаратуры ВЧ связи ограничен линейными фильтрами, что ограничивает спектр диагностики частотами работы ВЧ аппаратуры. Ограниченными являются и типы измерений. Как правило, они заключаются в измерениях лишь амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) сигнала.

В соответствии с требованиями к системе необходимо обеспечить диагностику ВЧ тракта и его элементов без вывода из работы (рис. 1) [1]. Учитывая, что все элементы от ФП до ФП включительно находятся под действием высокого напряжения, единственной возможностью непосредственного доступа к ВЧ тракту является подключение к радиочастотному кабелю (РК). Информация о состоянии высокочастотного тракта может быть получена несколькими способами:

- используя встроенные средства аппаратуры ВЧ связи;
- используя дополнительное устройство (ДУ).

Преимуществом первого метода является отсутствие необходимости использования дополнительных устройств. Однако существует ряд сложностей, связанных с его использованием.

Во-первых, только несколько производителей современной аппаратуры ВЧ связи обеспечивают ее измерительными средствами [4]. Использование данного метода для диагностики систем ВЧ связи, организованных с помощью устаревшей ВЧ аппаратуры,

Использование для получения диагностической информации ДУ требует для реализации разработки или закупки дополнительного оборудования. Однако такой подход позволяет значительно расширить возможности системы диагностики (например, выбрать произвольный спектр частот).

При организации получения диагностической информации с помощью ДУ может быть оказано влияние на работающую аппаратуру. Учитывая это, измерения, выполняемые ДУ, можно разделить на два типа анализа: пассивный и активный.

Пассивный анализ заключается в получении диагностической информации о состоянии ВЧ тракта без внесения в него дополнительных сигналов (ДУ работает в режиме измерителя). Методы диагностирования, использующие данные от пассивного анализа, основываются на изменениях в частотном спектре (появление или пропадание частот, изменение их уровня). Главным достоинством данного метода является отсутствие каких-либо влияний на аппаратуру, работающую параллельно, так как измеритель подключается «высокоомно». Недостатком такого способа получения информации является малая информативность из-за ограниченности типов измерений.

Активный анализ предполагает проведение измерений с внесением в ВЧ тракт дополнительного сигнала. Использование данного метода значительно расширяет возможности по диагностированию ВЧ тракта, увеличивая объем диагностической информации и количество возможных измерений (например, измерение АЧХ, ФЧХ) на произвольных частотах. Однако для использования данного типа анализа необходимо реализовать в составе ДУ функцию генератора, что окажет влияние на параллельно работающую аппаратуру, а также приведет к увеличению стоимости устройства.

Для более детальной оценки информативности рассмотрим данные, получаемые с помощью каждого из описанных методов (от аппаратуры ВЧ связи, при пассивном анализе, при активном анализе).

Диагностическую информацию, полученную от аппаратуры ВЧ связи, можно разделить на два типа: сигналы от системы самодиагностики и результаты измерений ВЧ тракта собственными средствами аппаратуры. Первый тип данных (сигналы от системы самодиагностики) просты в интерпретации. Как правило, существует несколько возможностей получения данного типа информации [4, 5]:

- световая и/или звуковая сигнализации (являются единственными вариантами для устаревшей аппаратуры [7]);
- «сухой контакт» (обычно, может настраиваться на сигнализацию произвольно выбранной неисправности);
- выдача диагностической информации по протоколу 101 и/или 104 (возможность доступна в наиболее современных типах аппаратуры ВЧ связи).

Вторым типом данных, получаемых от аппаратуры ВЧ связи, являются результаты измерений характеристики ВЧ тракта с использованием встроенных генератора и измерителя (присутствует только в современных системах ВЧ связи). В самой аппаратуре данные средства используются либо при пусконаладочных работах, либо для корректировки АЧХ канала в процессе работы аппаратуры [4, 5].

Для более детального рассмотрения возможностей по диагностике при использовании данных от аппаратуры ВЧ связи были проведены тестовые измерения с использованием оборудования типа ET8 производства IskraSistemi (Словения) [4]. Схема работы оборудования представлена на рис. 2.

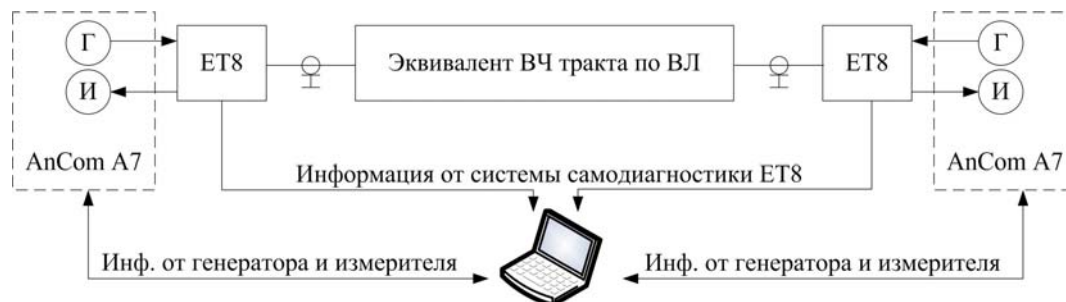


Рисунок 2 – Схема включения аппаратуры ВЧ связи для проведения теста

Со схемы видно, что были использованы два полукомплекта аппаратуры ET8, соединённые между собой четырехполосником, замещающим ВЧ тракт (входное сопротивление 75 Ом, затухание изменяемое). С обоих полукомплектов снималась информация от системы самодиагностики аппаратуры, а также от генератора и измерителя, которые имитировали встроенные приборы (имитация встроенных измерительных приборов потребовалась в связи с отсутствием подобных приборов в составе ET8 [4]).

Функционал ET8 позволил получить следующие данные от системы самодиагностики:

- световая сигнализация на передней панели;
- настраиваемый «сухой контакт»;
- получение журнала событий, отражающего изменение состояния оборудования;
- выдача состояния по протоколу 104.

Использование световой сигнализации в работе диагностической системы оказалось затруднительным. Для контроля состояния сигнального светодиода требуется либо постоянное присутствие возле аппаратуры обслуживающего персонал, либо использование дополнительного прибора. В любом случае это требует дополнительных затрат и не имеет смысла при наличии в аппаратуре возможности вывода диагностической информации другим способом.

Использование «сухого контакта» оказалось более простым. Для этого достаточно использовать простой прибор, позволяющий контролировать сопротивление. В результате удалось определить состояние аппаратуры, а вернее, наличие или отсутствие аварийного сигнала. Однако необходимо учесть, что в аппаратуре присутствует два типа аварийных сигналов («Major alarm» – главный аварийный сигнал; «Minor alarm» – второстепенный аварийный сигнал), а событий приводящих к появлению каждого из них значительно больше [4].

Таким образом, данный тип информации может лишь сигнализировать о появлении неисправности и необходимости дальнейшей более глубокой диагностики.

Более высокую информативность дало использование журнала событий ET8. Пример журнала приведен в виде табл. 1. Каждая ее строка соответствует записи в журнале событий.

Таблица 1 – Пример журнала событий аппаратуры ВЧ связи ET8

Номер события	Код события	Появление/Пропадание	Дата/Время события
01/50	AL_ET8_17	DEACTIVATION	26.01.2012/09:00:02.305
02/50	AL_ET8_30	ACTIVATION	26.01.2012/09:00:12.314
03/50	AL_ET8_17	ACTIVATION	26.01.2012/09:08:22.092
04/50	AL_ET8_30	DEACTIVATION	26.01.2012/09:08:32.277
05/50	AL_ET8_17	DEACTIVATION	26.01.2012/10:05:06.274
06/50	AL_ET8_17	ACTIVATION	26.01.2012/10:05:09.666
...

Используя приведенный тип данных можно установить не только неисправность всей системы, а и идентифицировать неисправный блок или определить причину неисправности, если она заключается в аппаратуре. Несколько из имеющихся событий отражают повышение уровня затухания, снижение соотношения сигнал/шум, что может быть использовано при диагностировании ВЧ тракта. Однако, как и предполагалось, они несут не достаточно информации для однозначного определения неисправности ВЧ тракта и его элементов, и могут использоваться только в качестве сигнализации для их более детальной диагностики.

Использование информации выдаваемой аппаратурой по протоколу «104» позволяет получить диагностическую информацию без необходимости отсылать к оборудованию периодические запросы. В соответствии с IEC60870-5-104 аппаратура ВЧ связи сама генерирует и отправляет сигнал об изменении своего состояния. Однако количество статусов, которые отображают состояние оборудования, ограничено. В случае использования аппаратуры ET8 имеется три статуса:

- ST_P2ER_HW – описывает состояние аппаратного обеспечения;
- ST_P2ER_LN – описывает состояние канала связи организованного с помощью ВЧ оборудования;

– ZP_P2ER_xx – отображает прохождение команд релейной защиты и противоаварийной автоматики.

При этом каждый статус может принимать два состояния «исправно» и «не исправно», что отражает наличие или отсутствие неисправности [4]. Таким образом, удобство использования протокола «104» заключается в отсутствии необходимости периодической выдачи запросов на оборудование, но статусы состояния оборудования имеют очень низкую информативность. При построении диагностической системы, описанный тип данных может использоваться лишь как сигнализирующий о необходимости проведения дополнительной диагностики.

Таким образом, взаимодействуя с современными типами аппаратуры ВЧ связи можно получить достаточно подробную диагностическую информацию, которая может быть использована как вспомогательная при диагностировании ВЧ тракта или как сигнальная к началу более подробной диагностики.

При условии достаточно плотного размещения аппаратур на одном ВЧ тракте, а также при возможности производить измерения непосредственно на ВЧ части аппаратуры, а не только в НЧ каналах, можно организовать получение достаточно полной информации для диагностирования ВЧ тракта без необходимости дополнительных измерений.

Если же для организации ВЧ связи используется устаревшая аппаратура, не оснащенная всеми или частью из перечисленных функций, то количество и информативность диагностических данных, получаемых от нее, резко уменьшается. А в некоторых случаях, при особо ограниченной функциональности аппаратуры [7], необходимо оценить необходимость организации дополнительного диагностирования ее состояния средствами внешней системы диагностики.

Дополнительными данными, которые были получены от аппаратуры ВЧ связи, являются результаты измерений с использованием встроенного генератора и измерителя. Для имитации наличия в составе аппаратуры ЕТ8 измерителя и генератора был использован комплект AnCom А-7 [6].

В результате измерений была получена характеристика затухания ВЧ тракта, показанная на рис. 3. Приведенная на рисунке характеристика отражает АЧХ в первом канале ЕТ8 после работы системы автоматической регулировки уровня (АРУ). Поэтому из полученных измерений нельзя судить о реальном затухании в тракте. Можно лишь оценить характер кривой, т. е. неравномерность затухания на частотах работы канала. Получив таким способом характеристику из всех каналов работы ВЧ аппаратуры, можно оценить характер АЧХ тракта на частотах работы аппаратуры.

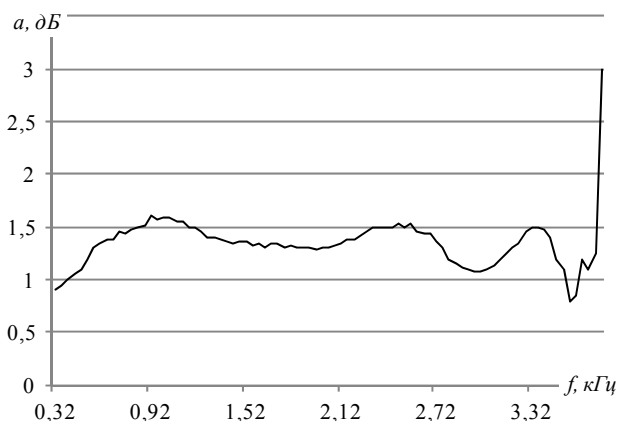


Рисунок 3 – Характеристика, полученная при измерении ВЧ тракта с помощью встроенного в аппаратуру генератора и измерителя

Если используется несколько комплектов ВЧ аппаратуры, работающих по одному и тому же тракту, то на основе измерений через их каналы можно получить расширенную характеристику ВЧ тракта. При достаточно плотном размещении ВЧ аппаратуры можно получить подробную информацию обо всем тракте, которая может быть использована при диагностировании состояния ВЧ тракта и его элементов.

Организация пассивного анализа ВЧ тракта предполагает использование дополнительного измерительного оборудования подключенного к РК параллельно с аппаратурой ВЧ связи (рис. 4).

Для организации полноценного пассивного анализа достаточно использовать один измеритель, установленный на одной из ПС. В большинстве случаев, такая схема позволяет получить полный объем диагностической информации. Исключениями являются случаи, когда диагностируемый ВЧ тракт подвержен местному влиянию на удаленной ПС, а ЛЭП имеет значительную длину по сравнению с уровнем этого влияния.

Пример частотной характеристики ВЧ тракта, полученной в результате пассивного анализа, приведен на рис. 5.

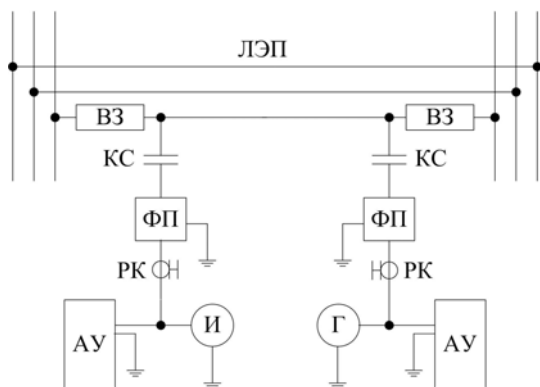


Рисунок 4 – Схема организации пассивного и активного анализа ВЧ тракта

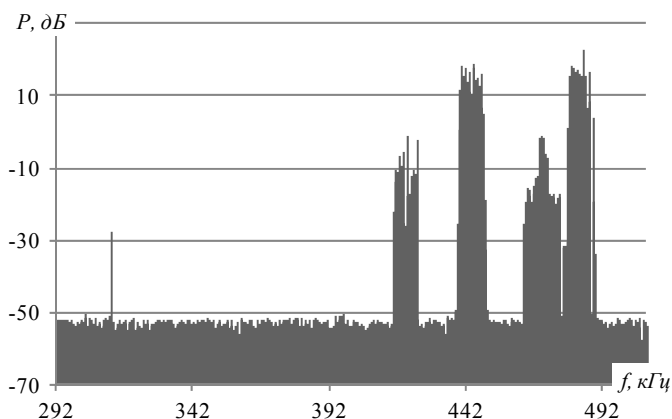


Рисунок 5 – Частотная характеристика, полученная при проведении пассивного анализа ВЧ тракта

Для получения приведенной на рисунке характеристики был использован измерительный прибор типа AnCom A-7 [6].

С помощью приведенной характеристики можно оценить следующие параметры ВЧ тракта:

- общий уровень шума в заданном или в полном частотном спектре;
- изменение уровня шума во времени (при проведении длительного или периодического измерения);
- уровень и частоты селективных помех в заданном или полном частотном спектре;
- изменение уровня селективных помех во времени, а также кратковременное появление селективных помех (при проведении длительного или периодического измерения);
- контроль помех, обусловленных коронным разрядом.

Дополнительно при использовании пассивного анализа возможна организация диагностики состояния ВЧ аппаратуры (например, при недостаточном уровне самодиагностики устаревшего оборудования), основанная на мониторинге наличия контрольных частот работы аппаратуры.

Организация активного анализа ВЧ тракта также предполагает подключение дополнительного оборудования на РК параллельно с аппаратурой ВЧ связи. Но в состав этого оборудования должен входить не только измеритель, но и генератор высокочастотного сигнала. Схема организации активного анализа простейшего ВЧ тракта приведена на рис. 4.

Для организации полнофункционального активного анализа в большинстве случаев достаточно установить на одной из ПС генератор, а на другой измеритель. При этом, измеритель, используемый для активного анализа, может параллельно использоваться для организации пассивного анализа ВЧ тракта. Поэтому приведенная на рис. 4. схема отражает максимально необходимую комплектацию системы ВЧ связи дополнительным оборудованием, для проведения полного комплекса измерений по диагностированию состояния ВЧ тракта и его элементов.

При подключении генератора необходимо использовать «согласованный» режим работы. Т.е., сопротивление генератора должно быть равно входному сопротивлению РК, что приведет к ослаблению сигналов параллельно работающей аппаратуры. Поэтому необходимо обеспечить временное разнесение работы ВЧ аппаратуры и производство активного анализа ВЧ тракта, а также обеспечить прекращение анализа при необходимости передачи сигналов от аппаратуры ВЧ связи.

Наиболее информативными при активном анализе являются две характеристики:

- амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) ВЧ тракта (отражает зависимость затухания сигнала от частоты);
- фазочастотная характеристика (ФЧХ) ВЧ тракта (отражает зависимость изменения фазы сигнала от частоты).

АЧХ отражает уровень затухания во всем ВЧ тракте (рис. 6), а он формируется на основе частотных характеристик его составных элементов. Таким образом, изменение в частотной характеристике любого элемента будет влиять на общий уровень затухания в ВЧ тракте, а соответственно и на характер АЧХ [1]. Учитывая, что при появлении неисправности в любом

элементе ВЧ тракта его частотная характеристика изменяется, то зная характер этого изменения можно определить неисправный элемент.

ФЧХ отражает зависимость фазы сигнала от частоты. Изменения в конфигурации ВЧ тракта приводят к изменению характера ФЧХ. Особенно большое влияние оказывают изменения, связанные с реактивными элементами ВЧ тракта, что представляет наибольший интерес при сборе информации для диагностирования.

Исходя из вышесказанного, в качестве основы для построения системы диагностики будут использоваться АЧХ и ФЧХ, так как они наиболее информативны.

Таким образом, в результате анализа возможных путей получения информации о состоянии ВЧ тракта были выделены три базовых метода: использование данных от системы самодиагностики ВЧ аппаратуры, пассивный и активный анализ ВЧ тракта. Наиболее эффективным является использование их в комплексе. При этом, данные от аппаратуры ВЧ связи могут быть использованы в качестве сигнализирующих о необходимости дополнительной диагностики. Данные от системы пассивного и активного анализа могут быть использованы в качестве основы для выявления неисправности и определения причины ее появления.

В заключение следует отметить, что в данной статье были определены методы сбора информации для диагностики ВЧ тракта по ВЛ, а также даны рекомендации относительно их применения при организации диагностической системы.

Литература

1. Саенко Е.О. Влияние неисправностей ВЧ тракта по ЛЭП на характеристику затухания / Саенко Е.О. // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2011. – № 1. – С. 117 – 126.
2. Романов С. Построение систем мониторинга и управления сетью каналов ВЧ связи по ЛЭП / Романов С. – 1999. – 7 с. – Режим доступа: http://romanovsergei.ro.funpic.org/Pub/From_Site/Article2.pdf.
3. Романов С. Мониторинг систем ВЧ связи / Романов С. – 2005. – 12 с. – Режим доступа: http://romanovsergei.ro.funpic.org/Pub/08_Monitoring_Pages_265_276_from_DigitaFull_0.rar.
4. ВЧ аппаратура ЕТ8 – Детальное техническое описание – ред.2.11 – IskraSistemi – 2006 г.
5. ВЧ аппаратура ЕТ9 – Детальное техническое описание – ред.1.0 – IskraSistemi – 2011 г.
6. Руководство по эксплуатации AnCom A-7 – ООО «Аналитик ТС», 2011.
7. Рыжавский Г.Я. Наладка высокочастотных каналов автоматики на аппаратуре АНКА-АВПА/ Рыжавский Г.Я. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 104 с.

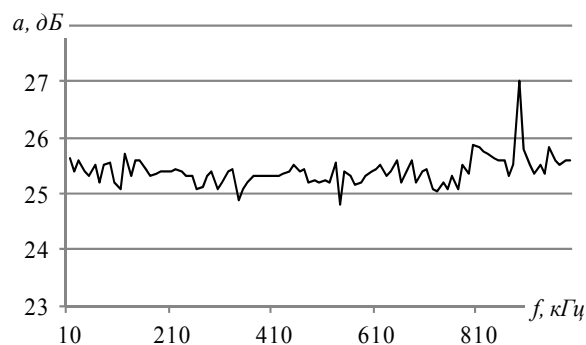


Рисунок 6 – АЧХ ВЧ тракта