

УДК 621.396.67

© Росляков Н.М., Кочугов А.А., Лопатин А.О., Тележкин Д.А.
Roslyakov N., Kochugov A., Lopatin A., Telezhkin D.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ АНТЕННО-ФИДЕРНЫХ УСТРОЙСТВ СИСТЕМ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ИМПУЛЬСНОЙ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ РАДИОТРАКТОВ

METHOD FOR DETERMINING THE STATUS OF SPECIALIZED ANTENNA-FEEDER DEVICES OF THE COMMUNICATION SYSTEMS BASED ON THE PULSE REFLECTOMETRY RADIOPATHES

Аннотация. Предложен метод оценки технического состояния специализированных антенно-фидерных устройств (АФУ) стационарных объектов на основе применения импульсной рефлектометрии. Показаны эффективность и целесообразность ее внедрения в практику определения дополнительного определяющего параметра – рефлектограммы радиотракта на этапах работ по продлению сроков эксплуатации, ремонту и техническому обслуживанию. Приведены снятые экспериментально рефлектограммы антенно-фидерных устройств, размещаемых в средах с потерями.

Изложенный материал базируется на результатах исследований, полученных при выполнении работ по продлению сроков эксплуатации средств радиосвязи, головным исполнителем которых является ОАО «ВИКОР».

Annotation. We present the method for estimating the technical state of specialized antenna-feeder devices of the stationary objects based on the application of pulse reflectometry. The article shows the effectiveness and feasibility of its implementation in practice of determining an additional defining parameter- trace of the radio at the stages of works on prolongation of terms of operation, repair and maintenance. This article shows the reflectograms of antenna-feeder devices, which were taken experimentally and placed in environments with losses. The material is based on research results obtained during the work on life extension radiosvyazi funds, which is the main executor of JSC "Vikor".

Ключевые слова. Антенно-фидерное устройство, импульсная рефлектометрия, ремонт, техническое обслуживание.

Key words. Antenna-feeder device, pulse reflectometry, repair, maintenance.

При организации работ по ремонту, техническому обслуживанию и продлению сроков эксплуатации средств радиосвязи стационарных объектов ведутся оценки технического состояния всех их элементов, в том числе специализированных АФУ систем связи.

Причем с увеличением продолжительности их эксплуатации за пределами гарантийного срока возникает необходимость повышения достоверности этих оценок как на этапах работ по продлению сроков эксплуатации, так и при проведении ремонта и технического обслуживания.

В этой связи, кроме контроля технического со-

стояния специализированных АФУ систем связи по основным определяющим параметрам – коэффициентам усиления и бегущей волны, оцениваемых расчетно-экспериментальным методом, предлагается предусмотреть использование дополнительных определяющих параметров.

В качестве основного из них для специализированных АФУ кабельного типа, к числу которых относится основная часть антенн, размещаемых в средах с потерями, предлагается ввести и контролировать дополнительный определяющий параметр – рефлектограмму радиотракта, охватывающую всю совокупность его элементов

Росляков Николай Михайлович – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, ФГУ «4 ЦНИИ МО» РФ;
Кочугов Александр Александрович – доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора ОАО «ВИКОР»;
Лопатин Артем Олегович – начальник отдела ОАО «ВИКОР»;
Тележкин Дмитрий Александрович – начальник отдела ОАО «ВИКОР», тел. 8(495)543-36-76.

Roslyakov Nikolai – doctor of technical science, professor, leading researcher, FGU «4 CRI Defense» RF;
Kochugov Alexandr – doctor of technical science, professor, deputy director general, JSC "Vikor";
Lopatin Artem – head of department, JSC "Vikor";
Telezhkin Dmitri – head of department, JSC "Vikor", tel. 8(495)543-36-76.

и получаемую методом импульсной рефлектометрии.

Цель статьи – рекомендовать службам эксплуатации и разработчикам специализированных АФУ систем связи стационарных объектов, ведущим ремонтно-восстановительные (профилактические) работы на радиосредствах и работы по продлению сроков эксплуатации объектов, применение метода импульсной рефлектометрии для определения технического состояния специализированных АФУ по дополнительному определяющему параметру – рефлектограмме антенно-фидерного тракта.

Метод импульсной рефлектометрии в течение нескольких десятилетий успешно используется в практике определения мест повреждения высокочастотных кабельных линий. Его сущность поясняется рис. 1 и состоит, как известно, в зондировании высокочастотной линии импульсами напряжения, их приеме после отражения от неоднородностей волнового сопротивления в радиотракте и определении расстояния до мест отражений, в том числе повреждений по временной задержке отраженного импульса относительно зондирующего.

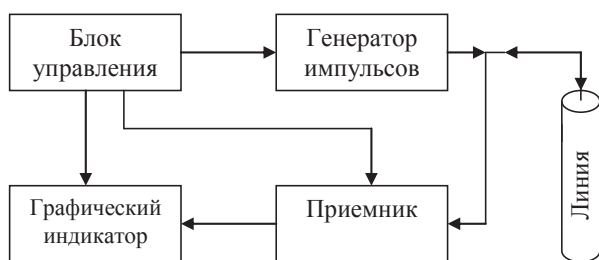


Рис.1. Упрощенная структурная схема применения импульсного рефлектометра для анализа состояния высокочастотной линии

Антенно-фидерные тракты анализируемых антенн могут быть представлены как аналог длинной линии, нагруженной на комплексное входное сопротивление излучателя.

Поэтому, учитывая возможности метода импульсной рефлектометрии в наглядном обнаружении всех естественных элементов (неоднородностей) антенно-фидерного тракта, а также высокую точность определения расстояния до места повреждения (или элемента фидерного тракта), авторами было предложено его применение для оценки и анализа технического состояния размещаемых в средах с потерями специализированных АФУ систем связи стационарных объектов по дополнительному определяющему параметру – рефлектограмме антенно-фидерного тракта, в частности, на этапе работ по продлению срока эксплуатации объекта.

К основным достоинствам применения метода импульсной рефлектометрии применительно к исследованию антенно-фидерных трактов следует отнести:

- относительную простоту и удобство применения. Для проведения измерений необходим только один прибор – импульсный рефлектометр (типа Рейс-205) и не требуется дополнительное оборудование;

- возможность определения повреждений разного типа: короткого замыкания, обрыва, понижения сопротивления изоляции и т.п.;

- определение взаимного расположения элементов радиотракта и места дефекта, а также расстояния до места повреждения или любой неоднородности радиотракта. Инструментальная погрешность измерения расстояния у современных рефлектометров составляет 0,2...2%;

- обеспечение подробного анализа конкретного выбранного участка кабеля за счет введения «растяжки» его изображения на рефлектограмме (РФГ).

Под рефлектограммой радиотракта принято понимать графическое представление поведения зондирующего импульса (его амплитуды, фазы, огибающей), поданного на вход радиотракта, после отражения его от всех элементов: начала и конца - входного импеданса излучателя, муфт, делителей, кабельных вставок, ответвлений, а также взаимное расположение элементов радиотракта и дефекта, расстояния до них и мест повреждения от входа радиотракта.

Вид отраженного сигнала зависит от характера повреждения или неоднородности. Например, при обрыве отраженный импульс имеет ту же полярность, что и зондирующий, а при коротком замыкании отраженный импульс меняет полярность.

Типичный вид рефлектограмм, например, радиотракта (в составе вводно-защитного устройства - ВЗУ, фидера, муфты, излучателя) специализированного АФУ ВЧ-диапазона, размещаемого в среде с потерями, приведен на рис. 2 (с признаком неоднородности), рис. 3 (без неоднородности) и наглядно показывает распределение отраженных сигналов как реакцию линии на зондирующий импульс.

Как видно из рис. 2 и рис. 3, на расстоянии 25 м от начала радиотракта (точки измерения) в первом фрагменте (см. рис. 2) имеется неоднородность, наличие которой приводит к существенному изменению согласования тракта и увеличению коэффициента асимметрии плеч симметричного входа специализированного АФУ, размещаемого в средах с потерями. Второй фрагмент радиотракта (см. рис. 3) свободен от подобных неоднородностей.

Одной из особенностей применения метода импульсной рефлектометрии, является необходимость учета шага, с которым РФГ записываются в память прибора для их обработки.

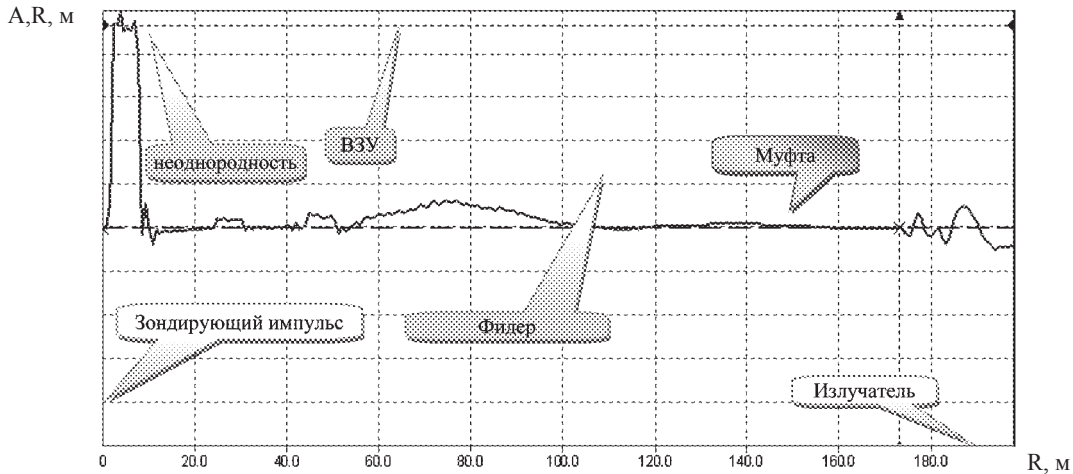


Рис.2. Рефлектограмма радиотракта специализированного АФУ ВЧ-диапазона с признаком неоднородности

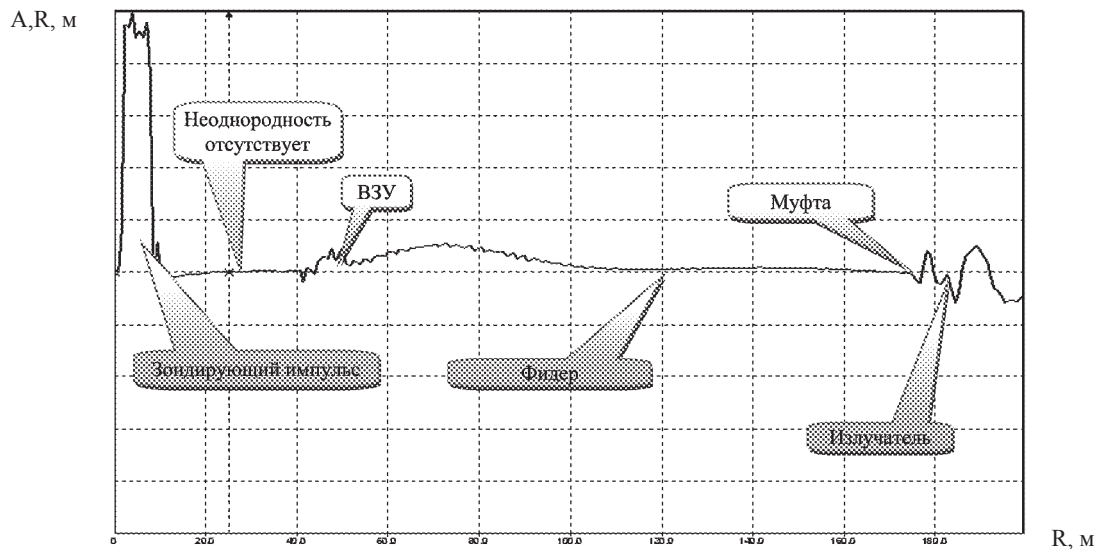


Рис.3. Рефлектограмма радиотракта специализированного АФУ ВЧ-диапазона

Его рекомендуемые значения применительно к современным цифровым рефлектометрам семейства «Рейс» отечественного производства в зависимости от диапазона измерения расстояния и дискретности приведены в таблице.

При снятии РФГ радиотрактов специализированных АФУ целесообразно использовать значения диапазонов измерения от 25 до 400 м. Значения дискретизации,

которые требуется устанавливать при этом, выделены жирным шрифтом.

При соблюдении таких условий измерений все РФГ будут сохранены с шагом 2,44 см, достаточным для детального анализа радиотракта.

При многократном зондировании радиотракта возможно накопление его рефлектограмм, на основе которого путем статистической обработки может быть по-

Значения шага (см) для записи РФГ в память рефлектометра «Рейс-205» в зависимости от диапазона измерения и дискретности

Дискретность	Диапазон измерения, м						Кол-во точек
	25	50	100	200	400	800	
1	9,77	19,53	39,06	78,13	156,25	312,50	256
2	4,88	9,77	19,53	39,06	78,13	156,25	512
4	2,44	4,88	9,77	19,53	39,06	78,13	1024
8	1,22	2,44	4,88	9,77	19,53	39,06	2048
16	0,61	1,22	2,44	4,88	9,77	19,53	4096
32	0,31	0,61	1,22	2,44	4,88	9,77	8192
64	0,15	0,31	0,61	1,22	2,44	4,88	16384

лучено статистическое поле допуска, используя которое по результатам очередного зондирования можно принимать решения о техническом состоянии радиотракта: если очередная РФГ оказывается внутри поля допуска, то радиотракт можно квалифицировать как исправный.

Для технической реализации предложенного метода заслуживающим внимания является применение цифрового рефлектометра «Рейс-205» с функцией моста, который разработан специально для определения всех видов повреждений кабельных линий связи.

В рефлектометре «Рейс-205» управление всем процессом измерения (сравнение, вычитание, отстройка от помех, контроль за напряжением питания, запоминание, вывод информации на экран и т.п.) и обработка информации осуществляются встроенным микропроцессором.

При проведении работ по техническому обслуживанию специализированных АФУ предлагается снимать и вести базу данных РФГ всех их радиотрактов.

Рассматриваемый метод был использован в ходе проведения работ по продлению сроков эксплуатации различных типов специализированных АФУ и показал:

- свою эффективность, с точки зрения снижения временных и материальных затрат, ограничиваясь случаями существенного изменения РФГ - деформация существующих и появление новых элементов в рефлектограмме;
- высокую достоверность определения фактического технического состояния АФУ;
- целесообразность его применения при проведении работ по продлению срока эксплуатации специализированных АФУ стационарных объектов.

Следует отметить, что данный метод исследования радиотрактов АФУ обладает высокой скрытностью работ, в частности, от средств космического наблюдения.

РФГ можно снимать как непосредственно в месте

подключения к радиотракту АФУ, так и дистанционно с использованием регламентной колонки.

Таким образом, метод анализа радиотрактов, размещаемых в средах с потерями специализированных АФУ систем связи стационарных объектов, на основе импульсной рефлектометрии позволяет оценивать их техническое состояние, адекватное установленному по основным определяющим параметрам, и может быть рекомендован для применения при проведении технического обслуживания, ремонта и работ по продлению сроков эксплуатации специализированных АФУ.

В заключение следует отметить очевидные трудности установления формализованных связей между основными (коэффициенты усиления и бегущей волны) и дополнительными (рефлектограммой) определяющими параметрами.

Однако потребности в их установлении могут возникнуть, по-видимому, лишь при обосновании требований к рефлектограммам, к допустимым статистическим эволюциям их элементов в процессе эксплуатации комплексов объектов за пределами назначенных ресурсов.

В основу преодоления таких трудностей могут быть положены решения соответствующих форм уравнений операционных моделей [2] с учетом граничных условий в виде экспериментальных рефлектограмм предшествующих этапов эксплуатации специализированных АФУ:

$$U = f(X_i, Y_i),$$

где U – критерий полезности элемента рефлектограммы;

X_i – управляемые переменные (граничные условия);

Y_i – переменные и постоянные граничные условия, не поддающиеся управлению, например, условия размещения излучателя;

f – функция, задающая соотношения между U , X_i и Y_i .

Литература

1. Рефлектометр цифровой «Рейс-205». Руководство по эксплуатации. НПП «СТЭЛЛ», г. Брянск, 144 л.
2. Акоф Р., Сасиени М. Основы исследования операций. Пер. с англ. В.Я.Алтаева. Под ред. Ушакова И.А. М.: «Мир», 1971.-554с.

Материал поступил в редакцию 28. 02. 2014 г.