

МОНИТОРИНГ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ В ЛИНИЯХ СВЯЗИ

Постановка проблемы. Непрерывный контроль состояния линии связи, оперативное обнаружение неисправностей, их локализация, определение места и времени несанкционированного подключения посторонних элементов к проводной линии связи является актуальной задачей.

Наиболее массовым и уязвимым средством обмена информации являются городские телефонные сети (ГТС), поэтому проблема защиты телефонных переговоров, а также своевременное обнаружение места повреждения или хищения в кабельной сети играет важную роль в системе эксплуатации линий связи.

Точное определение мест несанкционированного доступа или повреждений в электрических линиях связи является наиболее сложной, а часто и относительно наиболее длительной технологической операцией по восстановлению поврежденных элементов сети. Это повседневная оперативная работа измерительных отделов и ремонтных служб ГТС.

Цель статьи. Показать технические решения по созданию автоматизированного аппаратно-программного комплекса для мониторинга и защиты информации в линиях связи.

Материалы и результаты исследований. В настоящее время наиболее распространенным и эффективным методом оперативной оценки состояния линий связи является метод импульсной рефлектометрии (или метод проводной локации) [1, 2, 3]. Он позволяет определить места неоднородностей (обрыв, короткое замыкание, утечка) в линии, обусловленные повреждениями или несанкционированными подключениями, а также определить характер повреждений и измерить расстояние до них.

Для быстрого определения места повреждения или места несанкционированного подключения измерителю необходимо располагать одновременно двумя рефлектограммами (образцовой и рабочей) и схемой кабельной сети для однозначного определения места повреждения или подключения. В настоящее время, существующими техническими средствами, этот процесс не обеспечивается.

Поэтому возникла задача построения мобильного аппаратно-программного комплекса ("САДКО-ГТС"), обеспечивающего измерителю одновременно работу с большим количеством рефлектограмм и схемами сетей [4].

Система состоит из аппаратного и программного обеспечения. В состав аппаратной части системы входят управляемый генератор коротких импульсов - рефлектометр (модифицированный измеритель неоднородностей линий Р5-13), аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и портативный компьютер типа Notebook.

Основные функции системы "САДКО-ГТС": автоматизация определения места повреждения кабельной сети и отображение информации о поврежденном участке сети на экране компьютера; ввод и обработка рефлектограмм; ведение базы данных, содержащей справочную информацию об АТС, громполосах, магистралях, распределительных шкафах и данные о расположении боксов внутри каждого распределительного шкафа; схемы магистральных и межстанционных кабельных сетей; схемы распределительных кабельных сетей; эталонные и рабочие рефлектограммы, связанные с соответствующими схемами ГТС; защита данных от несанкционированного доступа; калибровка системы по сигналам, встроенного в рефлектометр, генератора калибровочных импульсов.

Дополнительные функции системы: измерение расстояний до неоднородностей волнового сопротивления или повреждения (длин кабелей); измерение временных задержек (электрических длин); измерение коэффициента укорочения электромагнитной волны (диэлектрической проницаемости изоляции, скорости распространения электромагнитной волны); анализ отраженного сигнала в частотной и временной областях.

Структура системы автоматизированного поиска повреждений и несанкционированных подключений в сетях ГТС показана на рис. 1.



Рис. 1. Структура системы автоматизированного поиска повреждений и несанкционированных подключений к кабельным телефонным сетям.

Программное обеспечение системы представлено изображенными на рис.1 модулями и выполняет следующие основные функции:

- ведение базы данных, содержащей справочную информацию об АТС, магистралях и групповых АТС, распределительных шкафах и расположении боксов внутри шкафов;
- предоставляет возможность создания, редактирования и сохранения в базе данных схем магистральных и распределительных кабельных телефонных сетей; условные обозначения линейных сооружений и устройств ГТС соответствуют ГОСТ 2.753-71;
- ввод и сохранение в базе данных рефлектограмм, расчет расстояния до места повреждения от концов линии, от двух ближайших объектов, указание их адресов, параметров поврежденного кабеля, индикация места повреждения на схеме кабельной телефонной сети;
- калибровка системы по сигналам встроенного в измеритель неоднородностей линий генератора калибровочных импульсов;
- защита данных от несанкционированного доступа.

Расчет расстояния до места повреждения производится по специально разработанной методике. Для расчета расстояния кроме измеренных рефлектограмм, с указанными на них пользователем точкой отсчета и положением отраженного от повреждения импульса, необходимо использовать калибровочную функцию системы и параметры исследуемого кабеля.

Калибровочная функция системы $T(x)$ – это функция преобразования временной задержки импульсов с момента отправки, измеренной в точках АЦП, во временную задержку, измеренную в секундах. Калибровка системы производится один раз для каждого диапазона и режима измерения. Для этого на один из входов измерителя неоднородностей линий при помощи встроенного генератора калибровочных импульсов подается сигнал определенной частоты f_{kc} . По полученной рефлектограмме программа калибровки системы рассчитывает значения функции калибровки в узлах (x_i, T_i) , где x – порядковый номер точки АЦП, x_i – номер точки АЦП, лежащей на пересечении фронта i -ого импульса с некоторой прямой m , T_i – задержка i -ого импульса от начала отсчета в секундах:

$$T_i = \frac{i}{f_{kc}},$$

где $i=0..n-2$; f_{kc} – частота калибровочного сигнала.

Значение калибровочной функции в произвольной точке, принадлежащей интервалу калибровки $[x_0, x_{n-1}]$, можно получить используя линейную интерполяцию:

$$T(x) = \frac{x - x_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} \cdot (T_i - T_{i-1}) + T_{i-1}.$$

Так как $x_i - x_{i-1} = 1$ и $T_i - T_{i-1}$ равно периоду сигнала $T_{kc} = \frac{1}{f_{kc}}$ получаем следующую формулу для расчета значения калибровочной функции:

$$T(x) = \frac{x - x_{i-1}}{f_{kc}} + T_{i-1}, \text{ где } x_{i-1} < x < x_i, i = 0..n-1. \quad (1)$$

Электрическая длина кабеля на произвольном участке $[x_1, x_2]$ может быть вычислена по формуле:

$$\ell_s(x_1, x_2) = c \cdot \frac{T(x_2) - T(x_1)}{2}, \quad (2)$$

где c – скорость распространения электромагнитной волны в вакууме.

В связи с тем, что калибровка системы должна производиться один раз для каждого диапазона измерения расстояния (временной задержки) при крайнем правом положении переключателя дополнительных диапазонов "М/Дел", а измерение расстояния может происходить при различном

положении этого переключателя, в формулу (2) расчета электрической длины необходимо ввести поправочные коэффициенты:

$$\ell_s(x_1, x_2) = c \cdot \frac{T(x_2) - T(x_1)}{2} \cdot \frac{M}{M_k}, \quad (3)$$

где M_k – принимает значения, приведенные в таблице 1, зависимости от диапазона измерения при калибровке;

M – соответствует положению переключателя "М/Дел" при измерениях.

Таблица 1. Значения поправочных коэффициентов.

№	Диапазон, м	Диапазон, мкс	M_k	M				
				0.5	1	2	5	10
1	0 – 100	0 – 1	10	0.5	1	2	5	10
2	0 – 1000	0 – 10	100	5	10	20	50	100
3	0 – 10000	0 – 100	1000	50	100	200	500	1000

Так как кабельная телефонная линия может состоять из кабелей разных марок, с разными коэффициентами укорочения, то для более точного определения места повреждения в расчете необходимо учитывать эти различия. Для этого по известным параметрам кабелей, входящих в состав исследуемой линии, можно построить зависимость электрической длины линии от её метрической длины $L_s = s(L_m)$:

$$L_{mi} = \sum_{j=0}^i \ell_{mj},$$

$$L_{si} = \sum_{j=0}^i \ell_{mj} \cdot k_j, \quad i = 0..n-1,$$

где n – количество участков линии; $(L_{\partial i}, L_{Mi})$ – значения функции $s(L_M)$ в узлах; $L_{\partial i}$ – электрическая длина линии от начала до i -ого участка; L_{Mi} – метрическая длина линии от начала до i -ого участка; ℓ_{Mj} – метрическая длина j -ого участка кабеля; k_j – коэффициент укорочения участка кабеля.

Для определения расстояния до места повреждения кабельной телефонной линии необходимо использовать функцию обратную функции $L_{\partial} = s(L_M)$:

$$L_M = s^{-1}(L_{\partial}) = g(L_{\partial}).$$

Значение функции $L_M(L_{\partial})$ в произвольной точке можно получить при помощи линейной интерполяции:

$$\hat{L}_M(L_{\partial \text{повр}}) = \frac{L_{\partial \text{повр}} - L_{\partial i-1}}{L_{\partial i} - L_{\partial i-1}} \cdot (L_{Mi} - L_{Mi-1}) + L_{Mi-1},$$

$$\text{где } L_{\partial i-1} < L_{\partial \text{повр}} < L_{\partial i}, i = 0..n-1. \quad (4)$$

Таким образом, расчет расстояния до места повреждения или несанкционированного подключения можно производить по следующей схеме:

По указанным пользователем положению зондирующего импульса x_0 и положению отраженного импульса $x_{\text{повр}}$ рассчитать значения калибровочной функции $T(x_0)$ и $T(x_{\text{повр}})$ по формуле (1);

По формуле (3) определить электрическую длину кабеля на участке $[x_0, x_{\text{повр}}]$;

Получив электрическую длину кабеля, из соотношения (4) рассчитать метрическое расстояние до места повреждения.

Выводы. Применение системы "САДКО-ГТС" позволяет автоматизировать поиск повреждения кабельной телефонной сети, значительно сократить время на определение места повреждения или несанкционированного подключения, повысить точность измерения расстояния до места повреждения и соответственно снизить затраты на проведение ремонтных работ, повысить эффективность труда персонала АТС. Система "САДКО-ГТС" апробирована и эксплуатируется измерительным отделом ГТС г. Николаева.

Список литературы

1. Zhukov Y. Solitonic Models of Polymetric Monitoring Systems. – В кн.: Проблеми суднобудування: стан, ідеї, рішення: матеріали міжнародного науково-практичного симпозіуму. – Миколаїв: 1997. С. 7.
2. Шалыт Г. М. Определение мест повреждения в электрических сетях. – М.: Энергоиздат, 1982. – 312с.
3. Исследование объектов с помощью пикосекундных импульсов / Г.В. Глебович, А.В. Андриянов, Ю.В. Введенский и др.; Под ред. Г.В. Глебовича. – М.: Радио и связь, 1984. – 256с.
4. Гордеев Б.Н., Кузьменко А.В., Прищепов Е.О., Ситьков А.Д., Цыганков А.П. Система автоматизированного поиска неисправностей в электрических линиях связи. /Сучасні інформаційні технології енергозбереження, технології життєзабезпечення людини: зб. наукових праць, вип. 5. – К.: ФАДА, ЛТД, 1999. – с. 206-209.

Поступила 08.01.2008