

МЕТОД ТЕСТИРОВАНИЯ УЗЛОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

Витер А.В., Мальчева Р.В.

Донецкий национальный технический университет

Предложен метод тестирования узлов промышленной компьютерной сети, основанный на использовании особенностей прохождения электромагнитных волн сквозь длинные кабельные линии. Приведены результаты экспериментальных исследований.

Введение

Современные промышленные сети подвержены неполадкам, для выявления которых приходится применять визуальный контроль. Иногда это не совсем удобно и требует значительных затрат времени [1, 2]. Для повышения эффективности тестирования предлагается усовершенствованный метод, основанный на использовании особенностей прохождения электромагнитных волн сквозь длинные кабельные линии.

1 Описание метода

Суть метода заключается в послышке коротких импульсов с высоким спектром частот. С увеличением спектра частот длина волны будет уменьшаться. И эффект отражения уже будет проявляться на небольших сегментах 10-15 м. Отраженные импульсы принимаются передатчиком, по количеству принятых импульсов передатчик может оценить количество неоднородных соединений на линии (в нашем случае количество узлов), а по времени прохождения импульса расстояние. Если при следующем сканировании шины получится другая диаграмма отражений, то передатчик может судить о том, что произошел обрыв или не санкционированное вмешательство в работу сети.

Уравнение распространения волны в кабельной линии связи можно записать как [3]:

$$V(x) = A \cdot e^{-\gamma \cdot x} + B \cdot e^{\gamma \cdot x}, \quad (1)$$

где γ - коэффициент затухания или распространения,
 A – значение амплитуды прямой волны,
 B – значение амплитуды отраженной волны, м;
 x – длина линии, м.

$$\gamma = \sqrt{(R + j \cdot \omega \cdot L) \cdot (G + j \cdot \omega \cdot C)} \quad (2)$$

$$\gamma = \alpha + j \cdot \beta,$$

где R – погонное сопротивление,
 L – погонная индуктивность,
 G – активная проводимость,
 C – погонная емкость,
 α – коэффициент затухания амплитуды сигнала,
 β – коэффициент сдвига фаз сигнала.

Зависимость величины амплитуды отраженного сигнала от волнового сопротивления и сопротивления нагрузки определяется по формуле:

$$\frac{B}{A} = \frac{Z_H - Z_B}{Z_H + Z_B} \cdot e^{-2 \cdot \gamma l}, \quad (3)$$

где Z_H – сопротивление нагрузки,
 Z_B – волновое сопротивление кабеля.

Если коэффициент затухания γ достаточно мал, а сопротивление нагрузки, Z_H , велико, то

$$\frac{B}{A} = \lim_{\substack{\gamma \rightarrow 0 \\ Z_H \rightarrow \infty}} \frac{Z_H - Z_B}{Z_H + Z_B} \cdot e^{-2 \cdot \gamma l} = \frac{\infty - Z_B}{\infty + Z_B} \cdot e^0 = 1 \quad (4)$$

Из (4) видно, что волна максимально отражается при использовании нагрузки с высокоимпедансным входом. По стандартам, передающим сигналы в дифференциальном виде (RS-485, RS-422, CAN), входные каскады передающих микросхем имеют высокое входное сопротивление (12 кОм – 48 кОм) [4]. Следовательно, при использовании микросхем приведенных стандартов, линии будут находиться в режиме близкому к режиму полного отражения, соотношение амплитуд вычисленное по формуле (3) при единичной нагрузке по стандарту RS-485:

$$\frac{B}{A} = \frac{Z_H - Z_B}{Z_H + Z_B} \cdot e^{-2 \cdot \gamma l} = \frac{12000 - 120}{12000 + 120} \cdot e^0 = 0,9801.$$

На свойстве полного отражения основывается метод диагностики сети и скоростной передачи данных с гарантированной доставкой.

2 Экспериментальное исследование метода

Осциллограмма переданного и отраженного сигнала приведена на рис.1. В качестве эксперимента был взят кабель, состоящий из 4-х витых пар длиной 220 м. На конце кабеля находился приемопередатчик, соответствующий спецификации стандарта RS-485. На вход кабеля был подан импульс длительностью 0,2 мкс и амплитудой 3,7 В, на входе приемопередатчика был получен импульс амплитудой 3,1 В, а в качестве отраженного был принят импульс амплитудой 1,5 В, что соответствует коэффициенту отражения 0,9677.

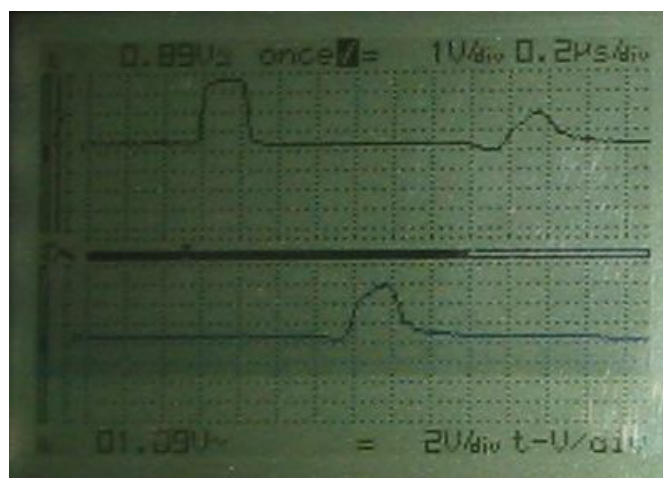


Рисунок 1 - Осциллограмма отраженного сигнала с одним приемником на конце линии передачи данных

Для сравнения на рис.2. приведена осциллограмма для случая полного отражения, в этом случае сопротивление нагрузки равно бесконечно большой величине.

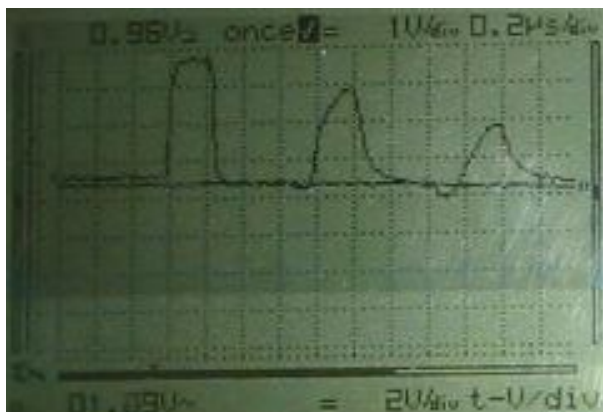


Рисунок 2 - Осциллограмма передаваемого, принятого и отраженного сигнала без узлов на конце кабеля, случай идеального отражения

Еще один эксперимент был проведен с 3-мя узлами, удаленными от передающей станции на 250, 265 и 275 соответственно. На рис.3 показаны принятый сигнал первой станцией, отраженный сигнал от второй станции и отраженный сигнал от третьей станции, измерения производились в узле подключения первой станции.

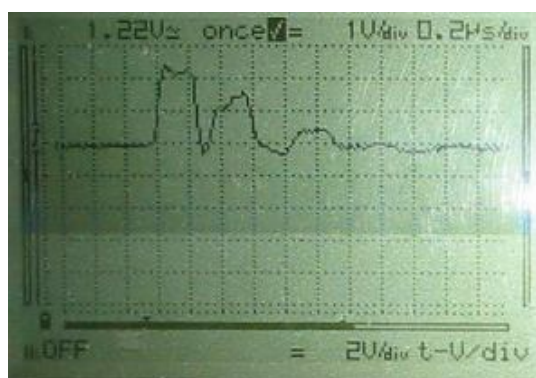


Рисунок 3 - Форма отраженного сигнала от двух последовательных станций

Заключение

Исследования в данной области позволяют ускорить процесс исправления неполадок и уменьшить риск получения человеком травмы. Направлением дальнейшей работы является применение предложенного метода при реализации промышленных сетей в реальных производственных проектах.

Литература

- [1] Третьяков С.А. Локальные сети микроконтроллеров. // Электроника, 1999. - №10. – С. 45-49.
- [2] Финк Л.М. Сигналы, помехи, ошибки. Заметки о некоторых неожиданностях, парадоксах и заблуждениях в теории связи. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1984. – 256 с., ил.
- [3] Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. Изд. 2-е. переработанное, дополненное. Изд-во "Советское радио", 1970 - 728 с.
- [4] Нессер Д. Дж. Оптимизация и поиск неисправностей в сетях: Пер. с англ. — К.: "Диалектика", 1996. – 376 с.