

Сам кабель может укладываться вдоль пути тремя различными способами.

Можно проложить кабель прямо на шейке рельса. При этом способе укладки мы получаем наибольшую точность измерений, но т.к. кабель постоянно испытывает динамические нагрузки при движении поезда по участку, понижается надежность системы.

Существует способ укладки кабеля под рельсо-шпальной решеткой при строительстве железной дороги. Это оптимальный вариант для строящихся участков, но для переоборудования действующих он весьма убыточен.

Самый оптимальный способ - это укладка оптоволоконного кабеля в теле земляного полотна вдоль железнодорожной линии. В этом случае мы получаем достаточную для наших задач чувствительность, при этом не теряем в удобстве монтажа и обслуживания.

Такой способ может применяться как на вновь проектируемых участках, так и при переоборудовании существующих.

Исследовательские работы продолжаются.

Библиографический список

1. Fiber Optic Reference Guide, Third Edition by David R. Goff, Paperback - Mar 29, 2002.
2. Fiber optics break rules of conventional sensing, Nathan Yang, National Instruments
3. Fiber Optics Technician's Manual by Jim Hayes, Paperback - Mar 11, 2010.
4. Micron Optics: Case Study -Hong Kong Rail, Nathan Yang, 2007.

Попов А.Н. (аспирант)
 Научный руководитель – к.т.н., доцент Бушуев С.В.
 Уральский государственный университет путей сообщения

О ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В СИСТЕМАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ИЗМЕРЯЕМЫХ СИГНАЛОВ

По мере развития, усложнения техники и роста требований по безотказности все больше внимания уделяется контролю состояния устройств: диагностике и мониторингу [1]. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) не исключение. Принятие решения о состоянии СЖАТ, как правило, осуществляется на основании измерения действующих (среднеквадратических) значений (СКЗ) напряжений и токов в конкретных точках и сравнения их с нормой [2,3]. Одному из физических процессов, оказывающих значительное влияние на точность измерения СКЗ посвящен этот материал.

Истинное СКЗ сигнала определяется по выражению (1).

$$S_c = \sqrt{\frac{1}{T_c} \int_0^{T_c} s^2(t) dt} \tag{1}$$

где S_c – СКЗ сигнала,
 $s(t)$ – сигнал,
 T_c – время существования сигнала;

Измерения являются процессом получения оценки СКЗ сигнала на интервале времени существенно меньшем, чем время существования сигнала. В системах измерения аналоговые преобразователи СКЗ находят оценку по выражению (2), а цифровые (дискретные) – по выражению (3).

$$S = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} s^2(t) dt} \tag{2}$$

где S – оценка СКЗ сигнала в аналоговой системе при времени измерения T ,
 t_0 – время начала измерений,
 T – время (длительность) измерений;

$$S_d = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} S_i^2} \quad (3)$$

где S_d – оценка СКЗ сигнала в дискретной форме,
 S_i – значение i отсчета сигнала,
 N – количество отсчетов в выборке сигнала;

Очевидно, что в зависимости от выбора времени (длительности) измерения и параметров сигнала значение оценок может значительно отличаться. Например для синусоидального сигнала (рис. 1) при времени измерения T значения оценок $S1 < S2$ и не равно СКЗ сигнала [4].

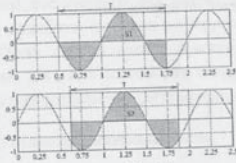


Рис.1

Отклонение оценки СКЗ от истинного значения (S/S_c) в данном случае зависит от времени начала измерений и длительности измерений (рис.2). Для перехода к функции одного переменного далее будем изучать максимальное отклонение оценки (максимальную погрешность) E_m при измерении сигнала на интервале времени T со случайным временем начала измерений t_0 (4).

$$E_m = \max \left(\frac{S}{S_c} \right) \Big|_{t_0=0}^T \quad (4)$$

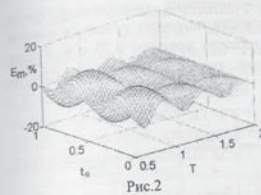


Рис.2

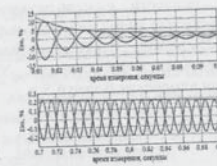


Рис.3

Полученная зависимость (рис.3) имеет периодический, затухающий характер, причем нулевая погрешность оценки достигается при времени измерения кратном полупериоду сигнала. Таким образом, если при выборе времени измерений не учитывать период измеряемых сигналов (именно так мы действуем на практике), то для оценки погрешности измерений нужно руководствоваться кривой соединяющей максимумы отклонений. Эта зависимость довольно медленно стремится к 0. Так для 50 Гц сигнала, погрешность при интервале измерения 35 мс составит не менее 5%, при 165 мс – 1%, реализация точности 0,2% потребует времени измерения не менее 0,8 с.

Тем не менее, в данном случае при длительности измерений более 0,5 с точность оценки СКЗ находится в разумных пределах с точки зрения дальнейшего применения результатов для диагностики и мониторинга. Однако для других сигналов (рис.4), например тональных рельсовых цепей (ТРЦ) ситуация сложнее.

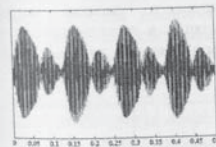


Рис.4.

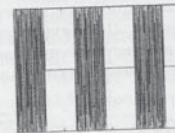


Рис.5

Рассмотрим синусоидальный сигнал 420 Гц манипулированный частотой 8 или 12 Гц (рис.5). По зависимости погрешности оценки СКЗ (рис. 6) видно, что влияния несущей частоты практически нет, а вот модулирующее колебание при не правильном выборе времени измерений

может привести к невозможности использования результатов таких измерений для целей диагностики! В частности получить точность оценки выше 2% можно только при времени измерения кратном 0,25 с или если оно превышает 1,5 секунды. Увеличение точности до 0,5% требует времени измерения более 6,5 с.

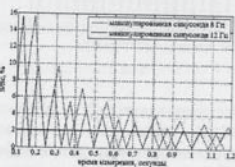


Рис.6.

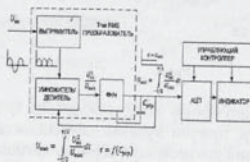


Рис.7.

Чтобы понять правильно ли мы измеряем сигналы ТРЦ при существующей технологии обслуживания устройств СЖАТ нужно знать, какое время измерения у тех приборов, которыми мы пользуемся. Причем очевидно, что время обновления информации на экране цифрового прибора (рис.7) отличается от действительного времени измерения. Наиболее распространенные в настоящее время приборы используют TrueRMS преобразователи для измерения действующего значения, при этом время измерения определяется усредняющей емкостью подключенной к фильтру *С_{ср}* [5].

Для определения постоянной времени измерения реальных приборов проведем эксперимент (рис. 8): на вход подаются синусоидальные сигналы 420 Гц с изменяющейся частотой манипуляции, при этом среднеквадратическое значение генерируемого сигнала остается постоянным. При разных частотах манипуляции в течение длительного времени регистрируются максимальное и минимальное значение оценки СКЗ, полученное испытываемым прибором.

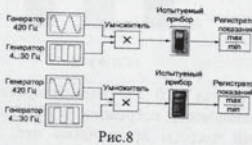


Рис.8

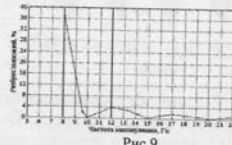


Рис.9

При испытаниях ставшего популярным в нашей стране мультиметра Fluke 867B получены следующие результаты (рис.9): при частоте манипуляции 10, 15 и 20 Гц погрешность измерений стремится к минимуму откуда можно сделать вывод, во-первых, что время измерения 0,2 с, во-вторых, что данный прибор категорически не подходит для измерений сигналов ТРЦ (при частотах манипуляции входного сигнала 8 и 12 Гц погрешность измерений будет не менее 20% и 2% соответственно). Для тональных рельсовых цепей нужны специальные приборы.

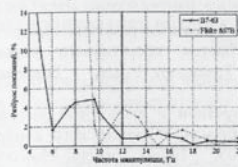


Рис.10

Рассмотрим популярный среди электромехаников прибор В7-63. Результаты экспериментов в неселективном режиме (рис. 10) показывают, что он существенно лучше, чем Fluke 867B, подходит для измерений в ТРЦ. Дополнительная погрешность измерения, связанная с неудачным выбором длительности измерения СКЗ не превысит 2,5%.

Однако надо понимать, что мы рассматривали только одну составляющую погрешности измерений – дополнительную погрешность, связанную с неверным выбором длительности измерения сигнала. Для определения конечной точности измерений необходимо также учитывать влияние элементов измерительных каналов (преобразователей, АЦП), влияние точности калибровки, помех в измеряемом сигнале, входного сопротивления прибора и др. факторов. Поэтому для 8 Гц прибор В7-63 может обеспечить точность не лучше $\pm 5\%$, в том числе $\pm 2,5\%$ основная погрешность по паспорту прибора [6], плюс $\pm 2,5\%$ дополнительная погрешность измерения манипулированных сигналов.

В тоже время можно без труда повысить точность измерений манипулированных сигналов в рассматриваемых приборах и системах. Например, испытанной реализации прибора В7-63 (рис.10) погрешность стремится к минимуму на частотах 6 Гц, 12 Гц, 18 Гц. Это значит, что время измерения СКЗ соответствует 0,17 с. Это кратно периоду 12 Гц, но не кратно периоду 8 Гц. Увеличивая емкость конденсатора *С_{ср}* (рис.7) можно увеличить время усреднения СКЗ так, чтобы оно стало кратным

периоду всех интересующих нас сигналов, в результате чего точность измерения возрастет до заявленной в паспорте В7-63, т.е. в 2 раза.

Учет физических свойств сигнала и измерителя при проектировании прибора или измерительной системы позволяет исключить влияние рассмотренных процессов на точность измерения с минимальными затратами.

Библиографический список

1. Бушуев С. В., Никитин А. Б. Тенденции развития электрической централизации и компьютерных систем оперативного управления движением поездов на станциях // Транспорт Урала. – Екатеринбург: УрГУПС, 2006. – С.14–18.
2. Гундырев К.В. Анализ дискретной и аналоговой информации представленной в тиражируемых системах диспетчерского контроля и телеизмерений // Транспорт 2005: Труды научно-практической конференции. – Ростов н/Д: РГУПС, 2005. – С. 3–5.
3. Гавзов Д.В., Бушуев С.В., Гундырев К.В. Комплекс технических средств распределенных измерений, контроля и управления // Проблемы разработки, внедрения и эксплуатации микросистемных систем железнодорожной автоматики и телемеханики: Сборник научных трудов. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2005. С. 103–108.
4. Бушуев С.В., Попов А.Н. Исследование точности измерений среднеквадратических значений электрических сигналов на ограниченных интервалах времени // Транспорт Урала. – Екатеринбург: УрГУПС, 2011. – №2(29) – С.38–41.
5. Попов В.С., Желбаков И.Н. Измерение среднеквадратического значения напряжения. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 120 с. ил.
6. Мультиметр В7-63. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. СТ № 5521

СЕКЦИЯ «ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ»

Андрюлайтис В.А. (ЭТ-601)
 Научный руководитель – ассистент Калинин М.В.
 Кафедра «Электрическая тяга»

СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ, КАЛОРИФЕРНОГО ОТОПЛЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Для жизнедеятельности человека большое значение имеет качество воздуха. Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма. Качество воздуха определяется его химическим составом, физическими свойствами, а так же наличием в нем посторонних частиц. Современные условия жизни человека требуют эффективных искусственных средств оздоровления воздушной среды. Этой цели служат системы вентиляции, отопления и кондиционирования воздуха

Библиографический список

1. Цукало П.В., Ерошкин Н.Г. Электропоезда ЭР2 и ЭР2Р. М., Транспорт, 1986.
2. Гуткин Л.В., Дымант Ю.Н., Иванов И.А. Электропоезд ЭР200. М., Транспорт, 1981.

Буланов А.В. (В-608)
 Научный руководитель – к.т.н. Чистосердова И.Э.
 Кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»

ВНЕДРЕНИЕ «БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА»

1. Что такое «Бережливое производство»?

«Бережливое производство» (lean production, lean manufacturing - англ. lean - постный, без жира, стройный; в России более распространён перевод "бережливое") — логистическая концепция менеджмента, сфокусированная на оптимизации бизнес-процессов с максимальной