

из трех выходов схемы сжатия. Вывод сигналов на точках А, В, С и D здесь приведен для наглядности и сравнения. Контроль же вычислений проводится именно по выходам схемы сжатия. Всего пар входных наборов – 128, количество пар, на которых неисправность фиксируется на выходах схемы сжатия, – 78. Итого, неисправности фиксируются на $\delta = \frac{78}{32 \cdot 4} \cdot 100 \% = 60,9375 \%$ входных наборах.

Необходимо отметить, что в рассматриваемом примере осуществлено сжатие четырех сигналов в три. Однако может быть установлена схема сжатия сигналов в один сигнал с контролем его с помощью самодвойственного тестера. Это следующий этап моделирования самодвойственных устройств.

Для более сложных комбинационных устройств моделирование дает схожий результат: неисправности тестируются более чем на 50 % пар входных комбинаций. Это говорит о весьма эффективном использовании свойства контроля вычислений по принадлежности формируемых функций классу самодвойственных. Дальнейшие исследования направлены на изучение особенностей реализации схем встроенного контроля с применением различных вариантов сжатия сигналов с установкой на выходах таких схем конвертора k выходов в один самодвойственный выход, значения на котором контролируются с помощью одного самодвойственного тестера.

Список литературы

- 1 Рабочее диагностирование безопасных информационно-управляющих систем / А. В. Дрозд [и др.] ; под ред. А. В. Дрозда и В. С. Харченко. – Харьков : Нац. аэрокосмический ун-т им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», 2012. – 614 с.
- 2 Сапожников, Вл. В. Синтез систем управления движением поездов на железнодорожных станциях с исключением опасных отказов Вл. В. Сапожников. – М. : Наука, 2021. – 229 с.
- 3 Сапожников, В. В. Самодвойственные дискретные устройства / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, М. Гессель. – СПб. : Энергоатомиздат (Санкт-Петербургское отделение), 2001. – 331 с.
- 4 Сапожников, В. В. Синтез самодвойственных дискретных систем / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Р. Ш. Валиев. – СПб. : Элмор, 2006. – 220 с.
- 5 New Methods of Concurrent Checking: Edition 1 / M. Göessel [el al]. – Dordrecht : Springer Science+Business Media B. V 2008. – P. 184.
- 6 Багдади, А. А. А. Методы анализа и диагностирования цифровых устройств (аналитический обзор) / А. А. А. Багдади, В. И. Хаханов, Е. И. Литвинова // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 2014. – № 166. – С. 59–74.

УДК 550.385:656.25

О ВЛИЯНИИ ГЕОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НА РАБОТУ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

С. М. КОКИН

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Я. А. САХАРОВ, Н. В. КУДРЯШОВА

Полярный геофизический институт КНЦ РАН, г. Апатиты, Российская Федерация

С. Н. САРАНСКИЙ

Октябрьская железная дорога, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Глобальные магнитные бури являются одним из проявлений эффектов космической погоды. Возникающие во время бурь у границ атмосферы Земли переменные (частотой от 10^{-4} до 1 Гц) ионосферные токи (величиной порядка 10^5 А) являются причиной генерации квазипостоянных индуцированных токов в расположенных на земле протяженных проводящих объектах, которые имеют заземление в двух и более точках. К таким объектам относятся трубопроводы, линии электропередачи, проводные линии связи, питающие цепи оптоволоконных кабелей телеметрические системы автоматики железных дорог. Сила индуцируемых токов зависит от электрического сопротивления, ориентации и размеров протяженных цепей, от проводимости окружающей среды. Так, в линиях электропередач она достигает 100 А, а в трубопроводах может оказаться даже в несколько раз больше.

Как правило, ионосферные токи возникают в полярных областях, однако при сильных магнитных бурях они могут развиваться и на средних широтах. Индуцируемые ими токи в трубопроводах нарушают работу систем катодной защиты и, тем самым, способствуют ускоренной коррозии труб, в линиях электропередач они приводят к перегрузке трансформаторов и к сбоям устройств контроля электроснабжения (вплоть до аварийных отключений). Системы автоматики и телемеханики железных дорог, так же, как системы электропитания, подвержены воздействиям индуцированных токов: нарушения в работе систем сигнализации могут приводить к вынужденным простоям подвижного состава, к возникновению аварийных ситуаций.

Сопоставление данных о сбоях в работе элементов сигнальных систем Северной и Горьковской железных дорог, Мурманского участка Октябрьской железной дороги, Восточно-Сибирской железной дороги (расположенной в средних магнитных широтах), а также энергосистем Кольского полуострова с результатами проводившихся в те же промежутки времени измерений параметров магнитного поля Земли (использованы данные магнитных станций сети IMAGE Ловозеро, Кольский полуостров) [1–4] говорит следующее:

1 В период наблюдений с 2002 по 2006 гг. в двух третях случаев при развитии достаточно сильных магнитных возмущений в ночное время были зафиксированы сбои в работе сигнальных систем железнодорожной автоматики.

2 Момент начала периода «аномального поведения» систем сигнализации, как правило, совпадал с резким изменением горизонтальной компоненты магнитного поля, вызванным магнитной бурей.

3 Более подверженными воздействию индукционного электрического поля оказались системы, ориентированные в направлении Восток – Запад.

4 Связываемые с геомагнитными процессами сбои в работе систем автоматики наблюдались, в первую очередь, на участках, имеющих определённые особенности конфигурации контура заземления.

Типичный пример, демонстрирующий корреляцию между возникновением геомагнитных возмущений и зарегистрированными сбоями в работе сигнальной автоматики (Октябрьская железная дорога, ст. Беломорск), представлен на рисунке 1.

В целом, полученные результаты, так же, как и публикации зарубежных исследователей по данной тематике, говорят о необходимости организации непрерывного контроля работы сигнальных систем автоматика на севере страны (для начала хотя бы на одной из дорог или её участков). Прямые наблюдения и статистический анализ сбоев позволят установить степень подверженности этих систем геомагнитным возмущениям и, при необходимости, предпринять меры по повышению надёжности соответствующей аппаратуры.

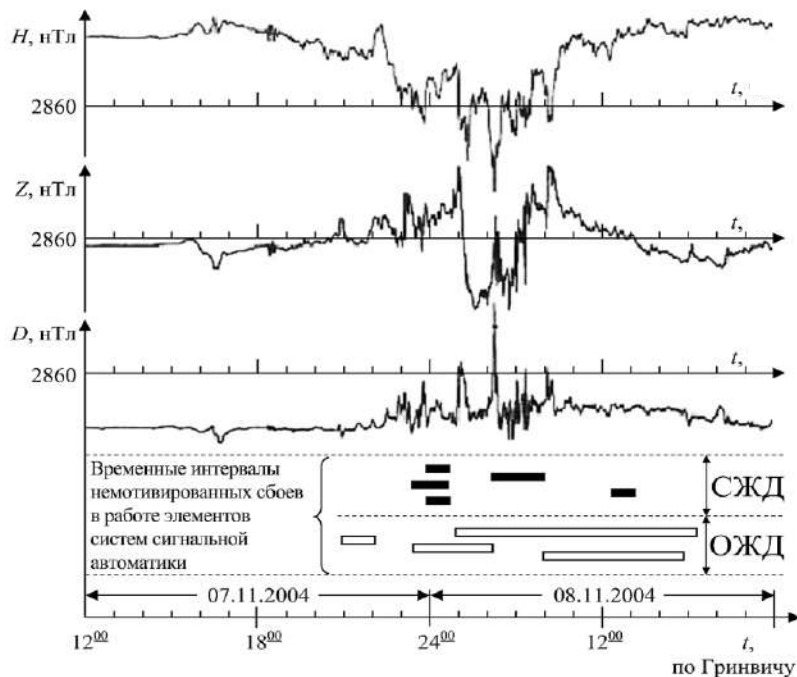


Рисунок 1 – Сопоставление вариаций вертикальной (Z) и горизонтальных (H и D) компонент магнитного поля с временными интервалами немотивированных сбоев систем сигнальной автоматики на участках Октябрьской [3] и Северной (по данным [4]) железных дорог

Задача является актуальной ещё и в связи с постепенным дрейфом магнитных полюсов Земли. Прогноз говорит о том, что уже через три-четыре десятка лет магнитный полюс, который в настоящее время со средней скоростью 40 км/год проходит район северного географического полюса, достигнет побережья Сибири, и все геомагнитные эффекты, ныне характерные для высоких широт, станут проявляться практически на всей территории страны.

Список литературы

- 1 Сахаров, Я. А. Сбои в системах автоматики Октябрьской железной дороги во время геомагнитных возмущений / Я. А. Сахаров, Н. В. Кудряшова, В. А. Билин // Физика плазмы в Солнечной системе: 15-я ежегодная конф. 10–14 февраля 2020. – М.: ИКИ, 2020. – С. 317.
- 2 Белаховский, В. Б. Рост геомагнитно-индуцированных токов в линиях электропередач во время магнитной бури 25–26 августа 2018 года / В. Б. Белаховский, В. А. Пилипенко, Я. А. Сахаров // Physics of Auroral Phenomena – 2021. – Т. 43. – № 1. – С. 15–19.
- 3 Сахаров, Я. А. Геомагнитные возмущения как причина сбоев в работе систем железнодорожной автоматики / Я. А. Сахаров, Н. В. Кудряшова, А. Н. Данилин // Логистическая интеграция российских регионов: Институциональные инновации: сб. материалов науч.-практ. конф. – Казань: Бриг, 2012. – С. 122–127.
- 4 Effects of strong geomagnetic storms on Northern railways in Russia / E. A. Eroshenko [et al.] // Adv. Space Res. – 2010. – Vol. 46, is. 9. – P. 1102–1110.

УДК 656.259.12.004

АНАЛИЗ ИСКАЖЕНИЙ АМПЛИТУДНО-МАНИПУЛИРОВАННОГО СИГНАЛА ТОНАЛЬНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

Д. В. КОМНАТНЫЙ

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, г. Гомель

Современные тональные рельсовые цепи (ТРЦ) могут рассматриваться как разновидность радиотехнических систем. Поэтому при проектировании и эксплуатации ТРЦ требуется обращать внимание на искажения сигнала при передаче по рельсовой цепи. Это объясняется тем, что прием амплитудно-модулированных и амплитудно-манипулированных сигналов основан на сравнении огибающей сигнала с пороговым значением. Чем более искажается огибающая, тем затруднительнее работа детектора. Так как ТРЦ являются одним из главных средств обеспечения безопасности движения поездов, то необходимо создавать наилучшие условия передачи сигнала в них с тем, чтобы его прием был как можно более верным.

Несмотря на активную дискуссию о перспективах рельсовых цепей на страницах журнала «Автоматика, связь, информатика», задачи их расчета и эксплуатации остаются актуальными, в частности на Белорусской железной дороге.

В ТРЦ передаются амплитудно-манипулированные сигналы типа «передача точек». Спектр этого сигнала дискретный, бесконечный. На практике возможна передача несущей частоты и нескольких боковых. Как правило, передаются до семи боковых частот, поэтому сигнал воспроизводится не точно уже при подаче в рельсовую цепь.

На электрифицированных железных дорогах рельсовая цепь используется как обратный провод тягового тока. По данным ВНИИЖТа частоты ТРЦ3 попадают в диапазон частотного спектра тягового тока. Кроме того, спектры сигналов соседних ТРЦ существенно перекрываются. Поэтому в аппаратуре ТРЦ3 передаются и принимаются только несущая частота и две боковых. Следовательно, сигналы оказываются значительно искаженными, как показано в работах ДНУЖТа.

Несущие частоты ТРЦ4 значительно выше, чем 39-я гармоника тягового тока. Полосы частот сигналов соседних ТРЦ4 пересекаются незначительно. Поэтому допустимо внести изменения в конструкцию аппаратуры ТРЦ4, а именно передавать в рельсовую линию до семи боковых частот. Таким способом искажения сигнала могут быть снижены.

При расчете регулировочных таблиц тональных рельсовых цепей следует принимать во внимание не только искажения отдельных гармонических составляющих и сигнала в целом. Необходимо также учитывать, что в общем случае, при некротных частотах несущей и модулирующего сигнала,