

или в зонах возле тяговых подстанций не приводит к пропорциональному росту интенсивности сбоев в работе РЦ или АЛС. Уменьшение температуры окружающей среды вызывает рост интенсивности этих сбоев. Колебания этой температуры приводят к сезонным изменениям ЭМО.

На двухпутных или многопутных перегонах, а также на станциях величина асимметрии тяговых токов в рельсовых линиях зависит ещё и от величины токов во влияющих электрических линиях – в рельсовых нитях соседних рельсовых линий и их контактных проводах. Этим объясняются перекрытия светофоров на запрещающие показания перед поездом при движении тяжеловесного поезда по соседнему пути или при разгоне грузового поезда на нём [5].

В летнее время переменный тяговый ток интенсивно стекает из рельсов в землю, отчего величина переменного тягового тока по длине рельсовой нити изменяется в зависимости от соотношения продольного и поперечного сопротивлений рельсовой нити в конкретной её точке. В результате меняется влияние взаимной индуктивности на сопротивление рельсовых нитей по их длине.

Деградационные процессы в токопроводящих и изолирующих элементах рельсовых нитей вызывают увеличение интенсивности сбоев РЦ и АЛС по мере роста сроков эксплуатации пути после капитального ремонта. Повышение интенсивности сбоев РЦ и АЛС в летний период может быть связано с ухудшением электроизолирующих свойств искровых промежутков в цепях заземления различных конструкций, подключаемых к рельсам, а также ухудшением состояния электроизолирующих элементов железобетонных шпал.

Таким образом, при электротяге переменного тока ЭМО может быстро и существенно меняться при изменениях величины и частотного состава тяговых токов в своей и в соседних рельсовых линиях, а также при резком изменении температуры окружающей среды. Медленные изменения ЭМО вызываются изменениями влажности окружающей среды и сезонными изменениями её температуры. Постепенное ухудшение ЭМО после капитального ремонта пути вызывается деградационными процессами в токопроводящих и изолирующих элементах рельсовых линий.

Список литературы

- 1 Шаманов, В. И. Электромагнитная совместимость систем железнодорожной автоматики и телемеханики / В. И. Шаманов. – М. : УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте, 2013. – 244 с.
- 2 Bestem'yanov, P. F. On statistical models of the amplitude and the duration of pulsed electromagnetic interference in automatic-control and telemechanics channels of subway lines / P. F. Bestem'yanov, I. G. Gorlin // Russian Electrical Engineering. – 2016. – Vol. 87. – No. 9. – P. 493–497.
- 3 Шаманов, В. И. Процесс формирования асимметрии тягового тока в рельсовой линии / В. И. Шаманов // Электротехника. – 2014. – № 8. – С. 34–37.
- 4 Shamanov, V. I. Magnetic properties of rails and the noise level in the hardware of railway automation and remote control / V. I. Shamanov // Russian Electrical Engineering. – 2015. – Vol. 86. – No. 8. – P. 509–512.
- 5 Shamanov, V. I. Alternating Traction Current Dynamics in Track Lines on Double-Track Hauls / V. I. Shamanov // Russian Electrical Engineering. – 2016. – Vol. 87. – No. 10. – P. 566–571.

УДК 656.21

РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ ЗИП

Д. Н. ШЕВЧЕНКО, Е. В. БУЁНОК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время при эксплуатации СЖАТ намечается переход к управлению надежностью и безопасностью на всех этапах жизненного цикла. На Российских железных дорогах с 2010 года активно внедряется методология управления ресурсами и рисками на основе анализа надежности (УРРАН), которая наряду с традиционным подходом RAMS (безотказность, готовность, ремонтоспригодность, безопасность) учитывает долговечность СЖАТ и экономические факторы. Вместе с тем этап жизненного цикла, связанный с эксплуатацией существующих СЖАТ и расчетом ЗИП, по соотношению «надежность/стоимость» до сих пор не оптимизирован.

Эксплуатационный запас предназначен для обеспечения бесперебойной работы станционных СЖАТ в случае отказа их элементов. Объем эксплуатационного запаса регламентируется двумя отраслевыми стандартами и в основном предусматривает декларативное задание с учетом интуиции и

опыта руководителя. Для микропроцессорных СЖАТ предусматривается необоснованный запас в 10 % от количества аппаратуры в эксплуатации.

Однако методы теории массового обслуживания и теории надежности позволяют определить оптимальное количество аппаратуры каждого типа с учетом: количества эксплуатируемой аппаратуры; интенсивности ее отказов; оперативности восполнения запаса; заданной вероятности отсутствия ЗИП. В частности, для решения поставленной задачи предлагается использовать модель одноканальной марковской системы массового обслуживания с ограниченной очередью $M/M/1/(X-1)$, где «интенсивность входящего потока» $\lambda = \lambda_1 N$ – общая интенсивность отказов совокупности N однотипной эксплуатируемой аппаратуры с интенсивностью отказов λ_1 , «интенсивность обслуживания» μ – интенсивность восполнения запаса, X – искомое минимальное количество запасной аппаратуры, обеспечивающее вероятность «отказа в обслуживании» не выше требуемого значения P_0 .

Поскольку интенсивность отказов аппаратуры λ_1 существующими информационными системами не предоставляется, то ее значение косвенно может определяться на основе периодичности проверки аппаратуры. Вероятность P_0 отсутствия ЗИП каждого типа предлагается устанавливать на таком уровне, чтобы влияние фактора «нехватка ЗИП» на надежность СЖАТ или аппаратуры конкретного типа в составе станционной СЖАТ было пренебрежимо мало (на уровне 5 %) по сравнению с влиянием фактора «отказ аппаратуры».

Инициативная апробация предлагаемой вероятностной методики проводилась для 9 наиболее распространенных типов релейной аппаратуры (НМШ2-4000, НМШ1-1440, АШ2-1440 и др.) на примере Минской дистанции сигнализации и связи (ШЧ-1) Белорусской железной дороги по данным информационной системы АСУ Ш и показала следующие результаты.

Существующее количество ЗИП рассматриваемой аппаратуры на станциях зачастую не оптимально. В редких случаях фактическое количество ЗИП занижено, что существенно снижает коэффициент готовности СЖАТ. В большинстве случаев фактическое количество ЗИП завышено по сравнению с оптимальным значением. Данную аппаратуру можно перераспределять между станциями, а также высвободить из запаса, заменяя ею устройства, которые выработали свой ресурс (вместо вновь закупаемой аппаратуры). В целом по каждому типу аппаратуры в масштабах ШЧ существует возможность сокращения эксплуатационного запаса.

Экономический эффект от сокращения аппаратуры в эксплуатационном запасе железнодорожных станций состоит из единовременной и ежегодной составляющих. Единовременный экономический эффект достигается за счет отказа от закупки новой аппаратуры, а ежегодный – за счет сокращения амортизационных отчислений и сокращения затрат на периодическое обслуживание аппаратуры в РТУ СЦБ.

Внедрение вероятностной методики оптимизации ЗИП только для 9 рассматриваемых типов аппаратуры в масштабах ШЧ-1 даст экономический эффект, превышающий 25 тыс. рублей единовременно и 1,5 тыс. рублей ежегодно. Но главное, что внедрение данной методики позволяет повысить коэффициент готовности СЖАТ за счет нормализации объемов ЗИП на станциях, где он был недостаточным. Предлагаемый вероятностный подход позволяет в целом сократить стоимость жизненного цикла СЖАТ на этапе эксплуатации и рекомендуется к внедрению в отраслевые стандарты и информационную систему управления хозяйством сигнализации и связи АСУ Ш.

УДК 621.396: 621.371: 625.42

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАДИОСИСТЕМ МИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

В. Г. ШЕВЧУК, В. В. ЛЕВТРИНСКИЙ, И. О. ЖИГАЛИН
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Первая линия метрополитена в мире была построена в Лондоне. Идея создания метро принадлежит лондонцу Чарльзу Пирсону [Charles Pearson (04.10.1793–14.09.1862)], который представил свой проект Королевской комиссии железных дорог. Это произошло в 1846 г. Строительство метро началось в Лондоне в 1860 г., тогда на Euston Square был прорыт первый туннель. Открыта первая линия метрополитена была 10 января 1863 г. Длина её составляла 3,6 км [2]. Через пять лет откры-