

УДК 629.4.083

Д. Я. ПОКОТИЛОВ – студент, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, den495414123@mail.ru
А. В. ПОЛКОВНИКОВ – студент, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, sasha_football94@mail.ru
В. А. КОСТРОВСКИЙ – студент, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, darklaiter@gmail.com

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ С УЧЕТОМ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ

Введение

Обеспечение высокой эффективности системы железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) – важнейшая научно-техническая задача, стоящая перед работниками железнодорожного транспорта. Отличительной особенностью этих систем является чрезвычайно ответственная роль в выполнении перевозочного процесса и обеспечении безопасности движения поездов, отказы которых приводят не только к экономическим потерям, вызванным уменьшением пропускной способности железнодорожных дорог, но и резко увеличивают опасность аварии или крушения. Статистика отказов представлена в [1], анализ временной зависимости приборов электрической централизации (ЕЦ) позволяет прийти к выводу, что наибольшее количество отказов приходится на рельсовую цепь (РЦ) (в среднем около 18 % от общего числа отказов). За абсолютным количеством отказов после РЦ, следуют кабельные сети (приблизительно 13 % отказов), электроприводы (около 12 % отказов) а также светофоры (около 7 % отказов).

Цель научно-исследовательской работы

Обоснование выбора показателей надежности позволяющих оценить текущее состояние элементов СЖАТ и дальнейшее использование выбранных показателей.

Постановка задачи

Решение многих задач, основанных на количественной оценке эффективности СЖАТ [2], связано с необходимостью определения показателя, представляющего собой вероятность выполнения тем или иным средством стоящей перед ним задачи (P_{pi}). Содержание этой задачи должно отражать назначение и условия использования исследуемого средства, а также учитывать его место в системе.

Задачей исследования является установить основные положения, при совместном соблюдении которых система может успешно выполнить свои функции:

- 1) система должна всегда быть готова к использованию по назначению и исправна;
- 2) исправная система должна иметь такие характеристики, совокупность которых обеспечивает успешное выполнение задачи.

Необходимым условием успешного выполнения задачи системой является постоянное сохранение ее в исправном состоянии как перед введением в эксплуатацию, так и в процессе эксплуатации. Успешность выполнения этого условия зависит как от живучести надежности средств, так и от условий их использования.

Выбор оценок эффективности СЖАТ

Средство (под средством понимается некоторая совокупность элементов системы, функционально несущих ответственность за работоспособность системы в целом) обладает абсолютной надежностью, если в течении всего периода эксплуатации оно готово к использованию и безотказно выполняет свои функции. Вероятность успешного выполнения средством, обладающим абсолютной надежностью стоящей задачи, можно назвать показателем потенциальной эффективности P_{EI} . Реальные средства не обладают абсолютной надежностью. В них могут возникнуть неисправности в процессе эксплуатации, появление которых оказывает влияние на успешность выполнения задачи. Степень этого влияния зависит от уровня надежности средства.

Если обозначить через P_H показатель, характеристики влияния реального уровня надежности средства на успешность выполнения задачи, тогда

$$P_{pi} = P_H \cdot P_{EI}.$$

Таким образом, показатель P_{pi} представляет собой вероятность успешного выполнения средством задачи с учетом его реальной надежности.

Значение показателя P_{EI} может быть определено путем теоретических расчетов, физического моделирования, а также с помощью экспериментальных данных, характеризующих результат применения исследуемых средств в соответствующих условиях.

Надежность работы установок СЖАТ [5] зависит как от надежности самих технических средств, которая определяется их готовностью к использованию, безотказностью при выполнении своих функций, возможностью быстрого восстановления, так и от надежности лиц, использующих и обслуживающих эти средства.

Вследствие схемно-конструктивных и производственных недостатков, а также не-

достатков в системе обслуживания в устройствах СЖАТ могут возникать отказы различного характера, которые по-разному влияют на успешность функционирования систем. В одних случаях отказ схемы, блока или элемента приводит к опасной потере работоспособности системы, в других – система в силу своей избыточности в структуре, в также в связи с системой организации движения поездов, может выполнять свои функции, но при этом эффективность функционирования будет ниже. Например, при неисправности рельсовой цепи кокой-то стрелочной секции, вызванной отказом стыкового соединителя, поезд может быть принят на станцию по другому, вариантно-му маршруту или по пригласительному сигналу, хотя его скорость в этом случае будет ниже.

Устройства СЖАТ относятся к системам с обслуживанием. Проведение профилактических осмотров, с одной стороны, повышает степень готовности устройств к их использованию по назначению, а с другой, приводит к ухудшению некоторых показателей, определяющих эффективность системы. Это связано с тем, что проведение профилактики требует наличия квалифицированного обслуживающего персонала и использование необходимой контрольно-измерительной аппаратуры, что приводит, в свою очередь к увеличению стоимости эксплуатации устройств, а технический ресурс средств при этом используется не по назначению. Кроме того, известно, что при проведении профилактических мероприятий иногда увеличивается интенсивность отказов из-за вмешательства обслуживающего персонала в работу действующих устройств.

Восстановление исправного состояния системы требует затрат времени, которое складывается из времени:

- 1) затрачиваемого на прибытие персонала к месту повреждения;
- 2) на ремонт и времени, затрачиваемого на обнаружение отказа.

Система может продолжить выполнение своих функций только через промежуток времени, равный времени восстановления. Естественно, что это может не повлиять на результат выполнения задачи, то есть на показатель P_{pi} .

Неисправности, возникшие при эксплуатации системы, могут по-разному влиять на результаты ее функционирования. Степень этого влияния зависит от момента возникновения отказа и его характера. Если, например, неисправность в ЭЦ возникла до приготовления маршрута и на подходах к станции поезда отсутствовали, своевременное восстановление работоспособности устройств не повлияет на эффективность функционирования систем. То же самое характерно для отказов элементов, не влияющих на данный маршрут (например, неисправная рельсовая цепь, которая не входит в данный устанавливаемый маршрут). Возникновения же отказа в момент приготовления маршрута, а также при пропуске поездов может привести к полному или частичному невыполнению системой своей задачи.

Следовательно, степень влияния неисправности [3] на эффективность системы зависит не только от числа неисправностей, их характера и времени восстановления, но и от поездной ситуации в момент возникновения неисправности.

Таким образом, недостаточная надежность устройств может влиять на их эффективность по следующим основным направлениям:

- 1) отказы, возникающие в процессе эксплуатации, могут привести к полному невыполнению задачи или снижению результатов использования средств;
- 2) недостаточная надежность вынуждает проводить профилактические осмотры, ремонтные работы и другие мероприятия, во время которых расходуется технический ресурс средств;

- 3) недостаточная надежность вынуждает осуществлять комплекс мероприятий, направленных на поддержание необходимой готовности средств и обеспечение быстрого обнаружения и устранения отказов, что требует наличие квалифицированного персонала, соответствующей контрольной аппаратуре и запасных элементов.

Недостаточная надежность приводит к снижению эффективности системы [6]. Степень этого снижения зависит от организации использования, уровня надежности средств поездной ситуации и характеризуется отношением

$$P_H = \frac{P_{pi}}{P_{Ei}},$$

где P_{pi} – показатель успешности выполнения системой (элементом), имеющей определенный уровень надежности своих функций; P_{Ei} – показатель успешности выполнения системой (элементом), обладающей абсолютной надежностью своих функций. Влияние неисправности на результаты использования средств может быть различным. В общем случае оно определяется: интенсивностью возникновения отказов, их характером, ремонтпригодностью аппаратуры и поездной ситуации в момент возникновения отказа.

СЖАТ относятся к группе средств многократного действия, имеющих следующие особенности:

- 1) средства должны быть постоянно готовы к использованию;
- 2) с целью обеспечения высокой надежности и безопасности движения поездов устройства периодически проходят профилактические осмотры;
- 3) отказы, возникающие в период эксплуатации, устраняются обслуживающим персоналом;
- 4) выполняемые системные задачи имеют такой характер, который

позволяет решать их и после устранения отказа.

Наиболее общим последствием появления отказов при эксплуатации по назначению является снижение успешности решения ею задач путем увеличения времени, затраченного на использование системы. Известно [4], что система-ЭЦ выполнит задание по установке и размыканию маршрута при следующих ситуациях:

- 1) система исправна к моменту приготовления маршрута и не откажет за время его установки и размыкания (оперативное время $t_{оп}$);
- 2) неисправная в начальный момент времени система будет восстановлена за допустимое время $t_{в}$ и не откажет за определенное время.

Возникновение отказов приводит к увеличению фактического времени приведения средств в готовность для использования по назначению. В результате этого использование средств в операции может быть начато только после требуемого времени $t_{н}$ и таким образом оперативное время $t_{оп}$ будет увеличено на $t_{в}$. Указанное обстоятельство не может не оказать влияния на успешность выполнения стоящих перед системой задач.

Для определения показателя P_{pi} системы (элемента) с учетом их реальной надежности необходимо определить:

- 1) величину интервала (оперативное время);
- 2) вероятность возникновения одного, двух и т.д. независимых отказов за время $t_{оп}$, а также необходимое время на их устранение $t_{в}$;
- 3) фактическое время использования системы при одном, двух и т.д. независимых отказов ($t_{оп} + t_{в}$);
- 4) успешность выполнения задачи, то есть значение P_{PL} при условии возникновения одного, двух и т.д. независимых отказов;

- 5) по формуле полной вероятности значения N_0

$$P_{pi} = \sum_{N_0=0}^{N_n} (P_{pi_{N_0}} + q_{N_0}),$$

где N_n – предельное число отказов, которые могут возникнуть за время $t_{оп}$; N_0 – вероятность возникновения N_0 отказов за время $t_{оп}$; N_0 – количество независимых отказов ($N_0 = 0, 1, 2, \dots, N_n$); $P_{pi_{N_0}}$ – значения показателя P_{pi} при условии возникновения за время $t_{оп}$ N_0 независимых отказов.

Выводы

Недостаточная надежность и необходимость проведения специальных мероприятий по обеспечению безотказного функционирования средств железнодорожной автоматики приводят к снижению показателя вероятности успешного выполнения средством автоматики своей задачи с учетом его реальной надежности. В качестве оценок текущего состояния средства (в статье выбраны) могут быть приняты следующие показатели:

- P_H – показатель характеристики влияния реального уровня надежности средства на выполнение функционального назначения;
- P_{pi} – показатель успешного выполнения средством задачи с учетом его реальной надежности;
- P_{El} – показатель успешности выполнения системой, обладающей абсолютной надежностью своих функций.

Данная оценка позволит провести прогноз о проведении восстановительных мероприятий средств системы железнодорожной автоматики.

Библиографический список

1. Анализ состояния безопасности движения поездов на железных дорогах

- Украины за 12 месяцев 2005-2011 года. Министерство инфраструктуры Украины. Государственная администрация железнодорожного транспорта. – 2005-2011.
2. Крамаренко, Е. Г. Системы сбора информации на железнодорожном транспорте. Курс лекций / Е. Р. Крамаренко – Хабаровск: Издательство ДВГУПС, – 2005. – 145 с.
 3. Дмитренко, И. Е. Измерения и диагностирования в системах железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст] / И. Е. Дмитренко, В. В. Сапожников, Д. В. Дьяков. – Москва: Транспорт, – 1994. – 263 с.
 4. Данько, М. И. Микропроцессорная диспетчерская централизация «Каскад» [Текст] / Н. И. Данько, В. И. Моисеенко, В. З. Рахматов, В. И. Троценко, М. М. Чепцов: Учебное пособие. – Харьков: – 2005. – 176 с.
 5. Маловичко, В. В. Повышение эксплуатационной надежности путевых устройств электрической централизации [Текст] / В. В. Маловичко, В. И. Гаврилюк // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна. – 2007. – Вин. 15. – С. 11-15.
 6. Ягудин, Р. Ш. Надежность устройств железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст] / Р. Ш. Ягудин – Москва: Транспорт, – 1989. – 159 с.
- Ключові слова:** система змісту, ймовірність відмов, надійність СЗАТ, системи з обслуговуванням, електрична централізація.
- Ключевые слова:** система содержания, вероятность отказов, надежность СЖАТ, системы с обслуживанием, электрическая централизация.
- Keywords:** system of content, the probability of failure, reliability RARCS, electric centralization.
- Рецензенты:**
д.ф.-м.н., проф. В. И. Гаврилюк,
д.т.н., проф. А. Б. Бойник.
- Поступила в редколлегию 28.03.2016.
Принята к печати 11.04.2016.