

разрабатываемой системе будет выводиться в ясной, удобной для когнитивного восприятия форме, что сведёт к минимуму появление фактора человеческих ошибок и позволит сотрудникам комфортно выполнять свои функции с минимальными временными затратами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистика пожаров и их последствий. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году / Статистический сборник (ФГБУ ВНИИПО).
2. Буйневич М.В., Вострых А.В., Шуракова Д.Г. Двухуровневая кластеризация субоптимальных зон прикрытия г. Костромы подразделениями МЧС России при возникновении происшествий // Научно-аналитический журнал «Вестник СПб УГПС МЧС России», 2018. - №2. – С. 121-127.

УДК 614.84

Н.Г. Топольский, Е.Н. Минеев, Нгуен Ле Зуй, С.В. Должиков
ФГБУ ВО Академия ГПС МЧС России

ТЕОРЕТИКО-АВТОМАТНАЯ МОДЕЛЬ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Предлагается теоретико-автоматная модель для устройств защитного отключения электросетей промышленных объектов.

Ключевые слова: электрооборудование, устройства защитного отключения, математическая модель.

N.G. Topolsky, E.N. Mineev, Nguyen Le Duy, S.V. Dolzhikov

ТЕОРЕТИКО-АВТОМАТНАЯ МОДЕЛЬ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

The teoretiko-automatic model for devices of protective shutdown of power supply networks of industrial facilities is offered.

Keywords: electric equipment, devices of protective shutdown, mathematical model.

В настоящее время в России работает большое количество промышленных объектов, что привело к возрастанию технологической опасности в стране [7, 8, 11]. Значительную часть этой опасности создает электрооборудование объектов, в котором, как свидетельствует статистика [7, 10, 11], нередко возникают пожароопасные режимы.

Основными средствами защиты электрических сетей от предаварийных режимов являются предохранители и автоматические выключатели, устройства защитного отключения, которые предназначены не только для защиты от предаварийных ситуаций, но и для снижения опасности поражения людей электрическим током. Электрические схемы промышленных предприятий отличаются небольшими сопротивлениями цепей и, следовательно, высокими токами утечки и короткого замыкания. Поэтому в случае использования устройств защитного отключения, необходимо обеспечить требуемые параметры добавочных предохранителей (автоматических выключателей) в соответствии с требованиями изготовителей устройств защитного отключения.

Существует ряд требований по использованию устройств защитного отключения и автоматических выключателей в автоматизированных системах управления, в том числе в автоматизированных системах пожаровзрывобезопасности [12].

В настоящее время все большее применение находят формальные методы построения алгоритмов диагностирования, которые, в отличие от интуитивных, предполагают наличие формального описания объекта и его поведения в исправном и неисправном состояниях. Такое формальное описание называется математической моделью объекта диагностирования [9].

Математическая модель объекта диагностирования представляет собой композицию моделей исправного объекта и каждой из рассматриваемых его неисправных модификаций.

Обычно математическая модель исправного объекта является заданной и по ней строятся модели неисправных модификаций. В общем виде ее можно представить формулой:

$$Z = \varphi(x, y, t),$$

где Z - множество выходных функций (переменных), x - множество входных переменных, y - множество начальных значений внутренних переменных, t - время.

Исследование рабочего алгоритма функционирования УЗО показало, что эти аппараты можно классифицировать как устройства, перерабатывающие двоичные входные сигналы в двоичные выходные сигналы. Они имеют конечное число входных и выходных каналов и конечное множество внутренних состояний. УЗО функционируют в дискретные моменты времени и определяются дискретными состояниями. Заключение об их техническом состоянии делается по результатам измерения значений выходных и внутренних сигналов в установившемся состоянии. При этом изменения этих сигналов в переходном процессе не учитываются. Следовательно, использование сложных динамических моделей, описывающих поведение УЗО, не является обоснованным.

Поэтому применение для УЗО моделей логического типа является вполне естественным. Известны различные модели логического типа [5], из которых самое широкое применение получили конечные автоматы, абстрактно определяемые как пятерка:

$$G = (Q, X, Z, \delta, \lambda),$$

где Q - конечное множество внутренних состояний, X - конечное множество входных сигналов, Z - конечное множество выходных сигналов, $\delta: Q \times X \rightarrow Q$ - функция переходов, $\lambda: Q \times X \rightarrow Z$ - функция выходов [3]. Множества Q , X , Z называются соответственно внутренним, входным и выходным алфавитами.

В абстрактной теории автоматов внутренние состояния автомата, его входные и выходные сигналы рассматриваются как символы, а в структурной теории - как наборы элементарных двоичных кодов.

Конечные автоматы используются в качестве математических моделей дискретных устройств, значения всех переменных которых задаются на конечных множествах, а время отсчитывается дискретно в виде целых чисел $t = 0, 1, 2, \dots, n$. Особенно широко они применяются в качестве моделей двоичных дискретных устройств [9].

Отсюда следует, что конечные автоматы могут быть использованы в качестве математических моделей УЗО. Значимость этих моделей, кроме простоты, состоит еще и в том, что теория их построения и методы анализа находятся на высоком уровне [1-3, 6] и для их реализации можно использовать средства вычислительной техники.

Конечные автоматы подразделяются на синхронные и асинхронные. В синхронных автоматах моменты дискретного времени $t = 0, 1, 2, \dots, n$, в которые возможны изменения состояния автомата, следуют через равные промежутки времени, определяемые генератором тактовых импульсов. В асинхронных автоматах моменты перехода автомата из одного состояния в другое заранее не определены и могут совершаться через неравные промежутки времени. Шкала дискретного времени для них определяется моментами фактического перехода автомата из одного состояния в другое [4, 5] под воздействием входных и внутренних сигналов.

При изменении набора входных сигналов или набора внутренних сигналов УЗО может перейти только в одно определенное состояние (функция переходов λ для него однозначна). Причем путем подачи соответствующего входного слова (последовательности

входных наборов) он может быть переведен в любое другое состояние. Из первого утверждения следует, что для описания автоматического выключателя нужно использовать детерминированные автоматы (функция переходов δ - однозначна), а из второго - автоматы связные.

Для УЗО не определено начальное состояние, из которого они всегда начинают работать. Поэтому моделями для них будут неинициальные автоматы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брауэр, В. Введение в теорию конечных автоматов. -М.: Наука, 1967. – 392 с.
2. Гилл, А. Введение в теорию конечных автоматов. -М.: Наука, 1966.-272 с.
3. Глушков, В.М. Синтез цифровых автоматов. -М.: Физмат- гиз, 1962, -476 с.
4. Кузнецов, О.П., Адельсон - Вельский Г.М. Дискретная математика для инженера. - М.: Энергия, 1980. - 344 с.
5. Лазарев, В.Г., Пийль, Е.И. Синтез управляющих автоматов. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 328 с.
6. Миллер, Р. Теория переключательных схем. - М.: Наука, 1971. Т2,304 с.
7. Минеев, Е.Н., Минеев, А.Н. Анализ причин возникновения пожаров электрооборудования промышленных объектов // Материалы 22-й науч.-техн. конф. «Системы безопасности – 2013». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. – С. 222–224.
8. Минеев, Е.Н., Минеев, А.Н., Нгуен Туан Ань О возникновении вызванных токами утечки пожаров на промышленных объектах // Мат-лы 21-й науч.-техн. конф. «Системы безопасности – 2012». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – С. 187–189.
9. Морцинов, Е.Д. Математическое моделирование теплового расцепителя автоматического выключателя ПVI - Международная конференция "Системы безопасности": Тезисы докладов. - М.. МИПБ МВД РФ, 1997. - С. 63 - 65.
10. Смелков, Г.И. Пожарная безопасность электропроводок. – М.: Кабель, 2009. – 328 с.
11. Тетерин, И.М., Топольский, Н.Г., Нгуен, Т.А., Белозеров, В.В., Чухно, В.И. Автоматизация предотвращения пожаров при обнаружении токов утечки в электрооборудовании / Под общ. ред. Н. Г. Топольского. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. – 121 с.
12. Топольский, Н.Г. Основы автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объектов. – М.: МИПБ МВД России, 1997, 164 с.

УДК 614.872

В.М. Усков, С.Ю. Анисимов, О.Н. Болдырева

Военный учебно-научный центр Военно-воздушной сил «Военно-воздушная академия им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ОПЕРАТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ В УСЛОВИЯХ ПРОВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ХИМИЧЕСКИ-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Аварии с выбросом опасных химических веществ могут происходить при их производстве, переработке, хранении, транспортировке. Мероприятия по их ликвидации необходимо проводить в максимально сжатые сроки на основании данных химической разведки.

Ключевые слова: опасные химические вещества, аварийно-спасательные работы.

V.M. Uskov, S.Yu. Anisimov, O.N. Boldyeva