

## Опыт создания систем диспетчерского управления на железнодорожном транспорте и метрополитене

В.И. Варченко, С.В. Денисов, А.И. Пресняков (ООО «Икотемп»)

Представлено общее описание методов решения задач слежения за перемещением подвижной единицы и моделирования электрических схем в SCADA-системах, разрабатываемых предприятием Икотемп.

Ключевые слова: центр диспетчерского управления, метрополитен, железнодорожный транспорт, анимация, SCADA-система.

ООО «Икотемп» занимается разработкой, внедрением и сопровождением ПО для АСУТП на железнодорожном транспорте и метрополитене. Специалистами предприятия создано и внедрено отечественное ПО для следующих ТП (таблица):

- 1) диагностики устройств железнодорожной автоматики (рабочее место технолога или диспетчера дистанции сигнализации и связи — АРМ-ШЧД);
- 2) управления движением поездов (рабочее место поездного диспетчера метрополитена) — центр диспетчерского управления (ЦДУ) системы «Движение»;
- 3) управления объектами энергетики, вентиляции и освещения на метрополитене — «АСДУ-ЭНЕРГО»;
- 4) центра мониторинга и диагностики устройств электрификации и энергоснабжения на железнодорожном транспорте (ЦМД-Э).

Поскольку над этими проектами работал один и тот же коллектив разработчиков, то при реализации этих проектов были применены единые подходы.

Разработки предприятия в основном узко специализированы и ориентированы на работу с системами автоматики и телемеханики (СЦБ) или объектами электрификации и энергоснабжения на железной дороге. Исключением является система «АСДУ-ЭНЕР-

ГО» [1], изначально созданная для управления объектами инфраструктуры метрополитена: тяговыми подстанциями, системой вентиляции, освещением и т.д. Эту систему можно считать универсальной SCADA отечественной разработки, которая легко применима для решения любых стандартных задач контроля и телеуправления, например, нефтепроводами, газопроводами, водозаборами, дизель-генераторными пунктами и т.д.

Интересным обстоятельством является то, что в интерфейсных сценариях пользователей представленных систем присутствует информация, в которой нуждаются все автоматизируемые технологии. Это информация о местоположении и параметрах транспортной единицы, в рассматриваемом случае — поезда. Диспетчерам различных служб необходимо знать в каком месте контролируемого участка находятся поезда/составы. Более того, необходимы и дополнительные параметры поезда — местоположение «головы», направление движения, номер (маршрут для метрополитена). Для этого в состав всех систем, разработанных для транспорта, была включена задача «Слежение за транспортными единицами» [2].

Таблица. Основные параметры АСУТП

	1	2	3	4
Наименование	АРМ-ШЧД	ЦДУ «Движение»	АСДУ-ЭНЕРГО	ЦМД-Э
<b>Основные параметры</b>				
Год разработки	2004	2005	2009	2014
Назначение	Диагностика систем автоматики и телемеханики	Управление движением поездов на линии метрополитена	Управление объектами АСУТП	Диагностика систем электрификации и энергоснабжения
Типы объектов управления и контроля	Стрелки, сигналы, маршруты, блок-участки, переезды и т.п.	Стрелки, сигналы, маршруты, поездная аппаратура	Тяговые подстанции, освещение, вентиляция, любые объекты АСУТП	Тяговые подстанции, посты секционирования, контактная сеть, система обогрева стрелок
Системы низовой автоматики	Система диспетчерского контроля АПК-ДК	Микропроцессорная централизация системы «Движение»	Типовые контроллеры и шкафы управления	Системы электрификации и энергоснабжения на ж.д.
<b>Особенности пользовательского интерфейса</b>				
Мнемосхема объектов управления	+	+	+	+
Графики движения поездов	-	+	-	-
Параметры поезда	+	+	+	+
Таблицы диагностических ситуаций	+	-	+	+
Графики измерений	+	-	+	+
<b>Внедрения</b>				
	Северная, Дальневосточная, Горьковская ж.д.	Метрополитен г. Казань	Метрополитен г. Казань	Октябрьская ж.д. (тестовый режим)

В диспетчерских системах, обеспечивающих управление движением поездов, информация об их местоположении является основой для принятия того или иного решения, а также для автоматизации процесса ведения графика движения. В то же время, для систем управления объектами энергетики, например, на линии метрополитена, наличие такой информации дает возможность отображать на мнемосхеме состояния объектов не только специфичные для этой системы состояния устройств (схему питания, наличие напряжения на контактом рельсе, состояние высоковольтных разъединителей и пр.), но и точное местоположение состава на линии, его номер маршрута и направление движения. Важность и технологическую необходимость этих данных для энергодиспетчера линии метрополитена трудно переоценить, например, в момент принятия им решения об отключении напряжения на контактом рельсе.

Далее перед разработчиками встала еще одна важная, не свойственная известным SCADA-системам задача, которая, как оказалось впоследствии, была решена с применением почти тех же математических методов, что и предыдущая. Речь идет об «Анимации мнемосхем линий электропередач». Любая часть электрической мнемосхемы отображается не просто как статичная линия, а как электрическая цепь, которая «подсвечивается» в зависимости от состояния контактов разъединителей и защит, то есть показывает — проходит по ней ток или нет, есть или нет на ней напряжение соответствующей величины. Такой подход является более информативным для оператора и позволит с большей вероятностью избежать принятия ошибочных решений.

Рассмотрим подробнее решение указанных задач.

#### Задача «Слежение за транспортными единицами» с применением методов теории графов

Для решения задачи по мнемосхеме станции (рис. 1) строится граф (рис. 2) [3]. Узел графа — это изолированный участок пути (рельсовая цепь). Дуга графа — это логический объект, соединяющий соседние рельсовые цепи, по которым происходит перемещение транспортной единицы. Каждый узел имеет одинаковое число входящих/исходящих дуг.

Входными воздействиями, влияющими на пропускную способность дуг, являются:

- разрешающие показания входных/выходных светофоров;
- положение стрелочных переводов.

В общем случае пропускная способность дуги определяет вероятность перемещения по ней транспортной единицы.

На рис. 2 сплошными линиями показаны дуги с пропускной способностью, разрешающей перемещение транспортной единицы, а пунктирной — по которым перемещение маловероятно.

Узел графа может принимать следующие состояния  $S$ :

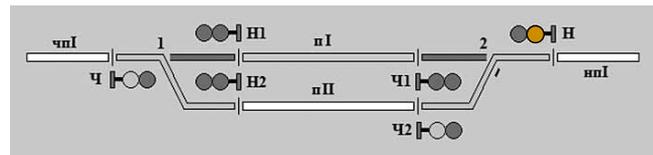


Рис. 1. Мнемосхема станции

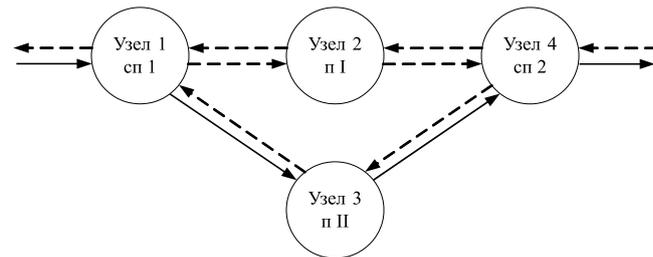


Рис. 2. Граф, описывающий мнемосхему станции

- А. Свободен;
- В. Свободен, возможно наличие транспортной единицы;
- С. Занят;
- Д. Занят, возможно наличие транспортной единицы (ложная занятость);
- Е. Занят, есть наличие транспортной единицы.

Входными воздействиями, влияющими на состояние узла, являются сигнал занятия ( $TC = 1$ ) или свободности ( $TC = 0$ ) рельсовой цепи.

Выявление транспортной единицы происходит при последовательном переходе трех смежных узлов из состояния «Свободен» в состояние «Занят» при пропускной способности дуг, соединяющих эти узлы, равной 1. Снижение пропускной способности дуги ограничивает возможность выявления транспортной единицы, однако учитывается при определении ее наличия.

Переходы узла от одного состояния к другому представлены на рис. 3, где  $S(1)$  — состояние любого соседнего узла (на расстоянии 1),  $S(2)$  — состояние любого узла на расстоянии 2.

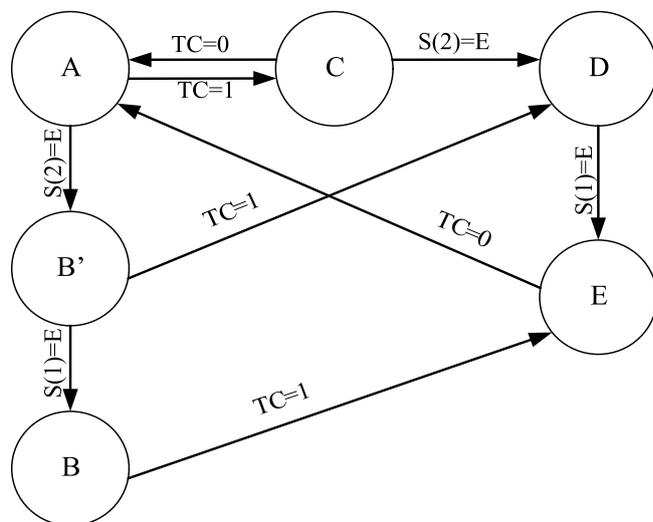


Рис. 3. Схема переходов состояний узла графа



Рис. 4. Отображение местоположения поезда относительно контактного рельса на табло коллективного пользования электроснабжения метрополитена

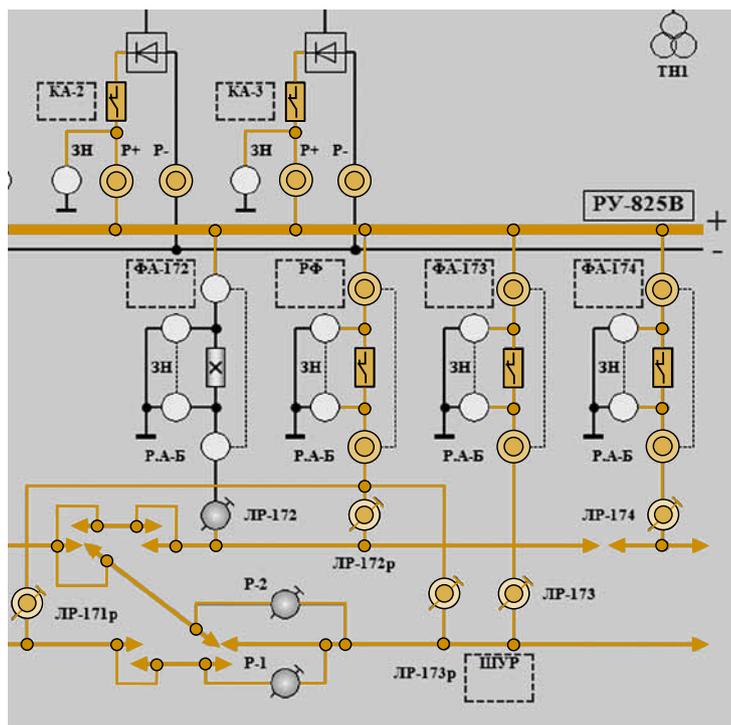


Рис. 5. Фрагмент схемы тяговой подстанции

Анализ состояний смежных узлов и на расстоянии, большем 1, позволяет выявлять ложные занятости и свободности рельсовых цепей.

Одним из результатов решения задачи «Слежения» является увязка местоположения транспортной единицы относительно систем электропитания. Эта задача решена в метрополитене г. Казани, что позволило отобразить местоположение поезда относительно контактного рельса для АСДУ-ЭНЕРГО (рис. 4).

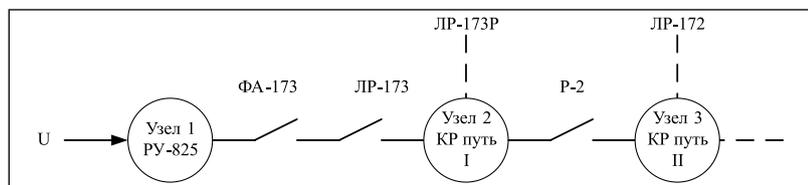


Рис. 6

### Задача «Анимация мнемосхем линий электропередач» с применением методов теории графов

Решение задачи «Анимация мнемосхем» позволяет моделировать состояния компонентов электрических схем и отображать эти состояния на экране монитора в соответствии с входными данными и принятыми алгоритмами поведения элементов схемы.

Методы решения задачи разработаны и применяются для схем электропитания объектов инфраструктуры железной дороги: тяговой подстанции, распределительной подстанции, контактной сети, освещения станции и др.

Элементами схем являются соединительные устройства:

- безусловные соединительные устройства: соединительная линия;
- условные соединительные устройства: выключатель, разъединитель, трансформатор, полупроводниковый прибор, тиристор.

Метод решения задачи основан на создании групп связанных графических объектов, состоящих из безусловных соединительных элементов. При этом графические свойства, соответствующие физическим, например, цвет линии, показывающий наличие напряжения, устанавливаются на всю группу. А связь между группами и передача свойств осуществляется через условные соединительные устройства. Передача свойств происходит при выполнении некоторого условия, например, замыкания контактов выключателя.

В качестве примера схемы на рис. 5 приведен фрагмент совмещенной тяговой подстанции метрополитена, на которой с применением методов решения задачи анимации, отображается наличие напряжения на контактном рельсе. Необходимость решения такой задачи вызвана тем, что непосредственного приборного контроля наличия напряжения на контактном рельсе нет. Поэтому для отображения наличия напряжения необходимо проанализировать трассу подачи напряжения от распределительного устройства РУ-825 В через фидерные автоматы (ФА) и линейные разъединители (ЛР).

Для решения задачи строится граф (рис. 6). Узел графа — это группа безусловных соединительных элементов, в данном случае — секция контактного рельса и примыкающие соединения, ограниченные линейными разъединителями. Ребро графа — это условное соединительное устройство (линейный разъединитель или фидерный автомат). Состояние устройств, представляющих ребра графа, определяют трассу поступления воздействия (U) на узлы графа.

Применяемые методы анимации могут использоваться и для «оживления» схем вентиляции, водоснабжения и других объектов

Представленные в статье подходы позволяют создавать АСУТП как на транспорте, так и в других отраслях более информативными и наглядными для восприятия оператором. Важно, что при этом в сложных автоматизированных комплексах реального времени понижается вероятность ошибочных действий оператора при управлении тем или иным ТП. Более того, наличие в SCADA-системе представленных выше инструментов, позволяет автоматически «блокировать» ошибоч-

ные с точки зрения управляемого процесса действия человека.

#### Список литературы

1. *Борисенко Л.И., Симаков Е.В.* Динамическое ведение графика движения поездов // Автоматика, связь и информатика. 2003. №6.
2. *Пресняков А.И., Варченко В.И., Денисов С.В.* Автоматизированная система диспетчерского управления электроснабжением и электромеханическими устройствами метрополитена г. Казани // Автоматизация в промышленности. 2014. №3.
3. *Белов В. В., Воробьев Е. М., Шаталов В. Е.* Теория графов. Москва. Высшая школа, 1976.

*Варченко Вадим Игоревич — главный конструктор,*

*Денисов Сергей Валентинович — главный специалист,*

*Пресняков Анатолий Иванович — директор ООО «Икотемп»*

*Контактный телефон (812) 545-42-51.*

*E-mail: info@icotemp.spb.ru, Http://www.icotemp.spb.ru*

## ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ ЛОКОМОТИВНОЙ АВТОМАТИКИ

**А.С. Коровин, В.В. Батраев, О.Ю. Куприенко (ОАО «НИИАС»)**

*Приведен обзор развития средств локомотивной автоматизации на отечественных железных дорогах. Перечислены основные функции и сформулированы преимущества современного безопасного локомотивного объединенного комплекса БЛОК, объединяющего функциональность локомотивных приборов и систем обеспечения безопасности движения предыдущих поколений.*

*Ключевые слова: безопасность движения поездов, локомотивная сигнализация, человеко-машинное взаимодействие, железнодорожная инфраструктура.*

Безопасность движения — важный показатель устойчивой и успешной работы локомотивного хозяйства железных дорог. Поэтому руководство отрасли уделяет постоянное внимание совершенствованию приборов безопасности. При этом перед разработчиками устройств данного назначения ставится задача передать часть функций контроля безопасности движения от машиниста автоматике, снизив тем самым влияние человеческого фактора.

Устройства автоматики, телемеханики и связи появились на железной дороге одновременно с началом движения поездов. Безопасность движения и четкая организация движения поездов и маневровой работы требуют передачи машинисту информации в виде сигналов о разрешении или запрещении движения локомотива, поезда или другой подвижной единицы, а также передачи сигналов с локомотива о предполагаемых действиях машиниста. В каждой стране, где развивалось железнодорожное сообщение, создавалась своя система сигнала-

лов, особых знаков, которыми могли бы руководствоваться работники железнодорожного транспорта.

Для передачи сигналов на поезд предназначались семафоры (рис. 1), а с конца XIX века — светофоры (рис. 2). Была выработана целая система сигналов для локомотивных бригад и работников станции. Это требовало большого числа людей для обеспечения перевозочного процесса.

Примерно в 50-е годы XIX столетия начали использоваться устройства механической централизации, которые позволяли управлять стрелками со станционными семафорами из одного центрального поста. На однопутных участках помимо электрожелезнодорожной системы началось применение полуавтоматической блокировки. Начиная с середины 20-х годов XX века, вводятся в эксплуатацию первые установки электрической сигнализации стрелок и сигналов.

В послевоенные годы, помимо восстановления железных дорог и хозяйства СЦБ (устройства сигнализации, централиза-



Рис. 1. Данный семафор действовал на подъездном пути к станции