

Телемеханическая система управления тяговыми подстанциями

Владимир Гольдфейн

В статье описывается реализация телемеханической системы управления подстанциями с использованием неинтеллектуальных радиомодемов. Рассматриваются способы организация сети и методы повышения надежности.

Введение

Как бы зазвучала известная песенка Филиппа Киркорова про зайку на тему электроподвижного общественного транспорта? Возможно, так: «Ты троллейбус — я твой контактный провод». Но чтобы троллейбус начал свое движение, в контактных проводах должен появиться ток. Как же идет электроснабжение всех троллейбусов, вышедших на линию? Для равномерного, с наименьшими потерями распределения электроэнергии контактная сеть разделена на изолированные друг от друга участки, которые подключаются посредством фидеров к тяговым подстанциям. Подстанции, как правило, располагаются в разных частях города. Система, предлагаемая вашему вниманию, позволяет осуществлять управление всеми тяговыми подстанциями с одного диспетчерского пункта.



Троллейбус на линии

Заказчиком телемеханической системы управления тяговыми подстанциями (ТСУТП) является муниципальное предприятие «Кировское троллейбусное управление». Главная проблема, которую хотел решить заказчик при помощи данной разработки, — это отказ от штата диспетчеров, круглосуточно дежуривших на каждой из 12 подстанций. Для справки: штат диспетчеров 12 подстанций составлял 60 человек. Перед разработчиком была поставлена задача создания централизованного диспетчерского пункта (ЦДП), с которого осуществляется управление всеми тяговыми подстанциями. Ввиду отсутствия физических каналов связи с подстанциями управление большинством подстанций должно осуществляться по радиоканалу. В техническом задании на проект предъявлялись жесткие требования по надежности, скорости реакции системы на управляющие воздействия, удобству пользовательского интерфейса.



Тяговая подстанция

Структурная схема ТСУТП

В ТСУТП можно выделить 2 основных компонента: центральный диспетчерский пункт (ЦДП) и локальный комплекс (ЛК), устанавливаемый непосредственно на тяговой подстанции. Структурная схема ТСУТП представлена на

(C) 1998 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

рис. 1. К компьютеру ЦДП подключены модем для связи по физической линии и радиомодем с радиостанцией. В качестве модема для физической линии был выбран модем фирмы Patton Electronics, который позволяет работать по двухпроводной физической линии с поддержкой режима multipoint. Это позволило осуществить параллельное подключение модемов ЛК, связанных с ЦДП по физической линии. Удобство такого подключения очевидно: нет необходимости установки в компьютер ЦДП многоканального мультиплексора, кроме того, моноканал для физических линий на программном уровне аналогичен радиоканалу, а это упрощает идеологию построения сети. В качестве технических средств обеспечения радиосвязи применяется радиомодем типа Baycom совместно с радиостанцией «Маяк» или Standart.

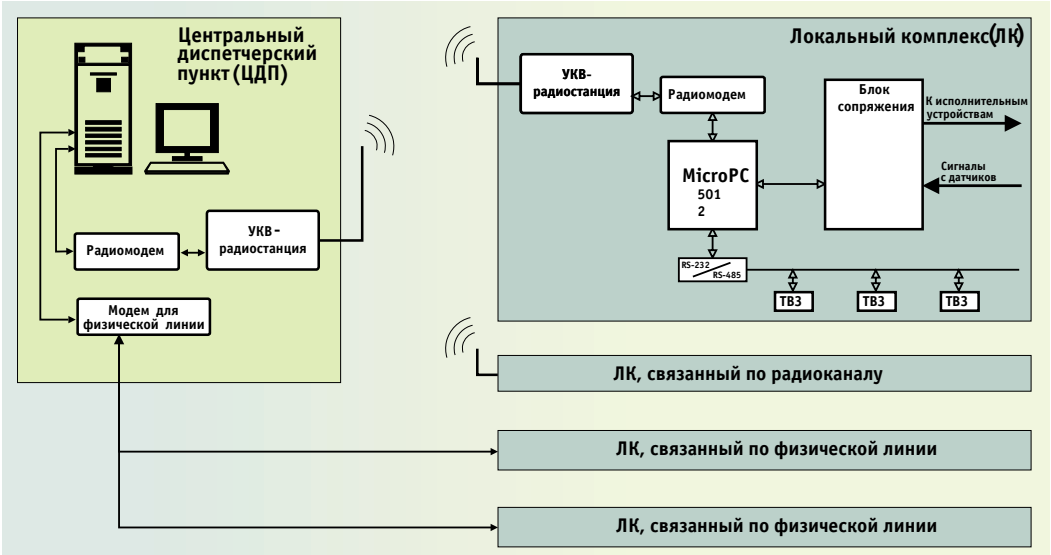

Рис. 1. Структурная схема телемеханической системы управления тяговыми подстанциями

В зависимости от используемого канала связи ЛК оснащается соответствующим связным оборудованием. Программное обеспечение ЛК, работающих по различным каналам связи, отличается только устанавливаемым драйвером. В качестве управляющего компьютера на ЛК применяются индустриальные компьютеры серии MicroPC. Выбор локального компьютера был сделан в связи с предъявленными заказчиком требованиями повышенной надежности системы, а также снижением минимальной температуры на подстанции (ввиду отсутствия персонала) до +5 градусов по Цельсию. Немаловажное значение в выборе локального компьютера сыграло и то, что MicroPC полностью совместима с IBM PC, что упрощало разработку и внедрение проекта. К локальному компьютеру через стандартный параллельный порт подключается блок сопряжения (БС) с оборудованием подстанции. БС разработан специалистами фирмы и представляет собой 64 входных и 64 выходных оптоизолированных канала с возможностью расширения до 256 входов и выходов, управление которыми осуществляется через принтерный порт. К шкафу, в котором установлены БС и плата MicroPC (рис. 2), подключаются датчики телесигнализации и органы управления коммутационным оборудованием подстанции.

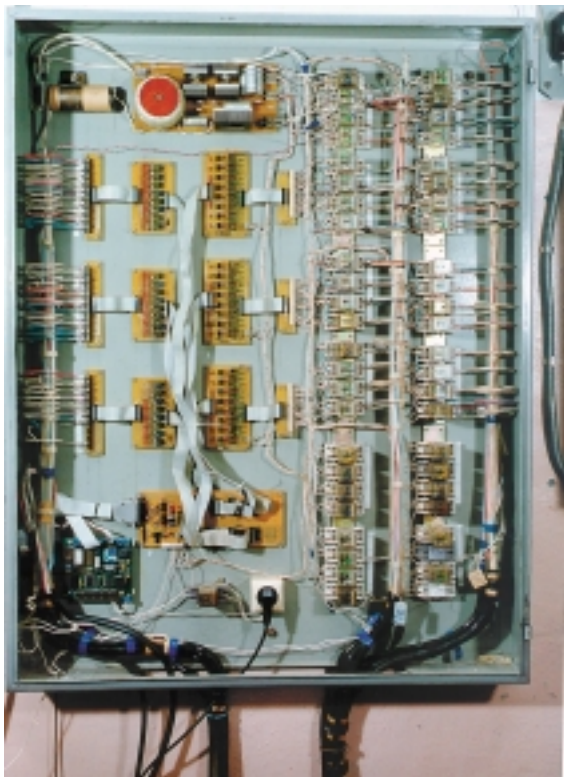

Рис. 2. Внешний вид шкафа управления подстанцией. В левом нижнем углу — индустриальный компьютер серии MicroPC 5012 фирмы Octagon Systems

Токовременная защита

На каждом из выходных фидеров установлены контроллеры токовременной защиты (ТВЗ). ТВЗ служит для предохранения контактных проводов от «удаленного» короткого замыкания, когда ток в контактной сети достаточно большой, но за счет сопротивления линии не превышает значения, при котором срабатывает защита от короткого замыкания. Если контактные провода будут находиться под таким током некоторое время, то происходит отжиг проводов и они приходят в негодность. ТВЗ постоянно измеряет ток питающего фидера, производит расчеты по специальному алгоритму и отключает фидер в случае опасности отжига проводов.

Локальный компьютер по интерфейсу RS-485 осуществляет опрос контроллеров ТВЗ для приема и сохранения значений тока за последние 60 секунд по каждому из выходных фидеров. В данном случае локальный компьютер выполняет функции регистратора, т. е. при возникновении аварийной ситуации буфер значений тока передается на ЦДП, где диспетчер может посмотреть график изменения тока на фидере перед возникновением аварии.

Дополнительно к сказанному ЛК выполняет функции релейной автоматики на подстанции (например автоматические повторные включения по специальному алгоритму), а также осуществляет управление электрическим отоплением.

Организация связи по радиоканалу

На этапе разработки перед специалистами фирмы встала проблема выбора способа организации радиосвязи компьютера ЦДП с локальными объектами. При изучении этой проблемы выяснилось, что в аналогичных проектах используются специализированные контроллеры со встроенными средствами сопряжения с радиостанцией, а организация связи строится на принципе циклического опроса всех контроллеров, включенных в контур управления. Такая

(C) 1998 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

организация связи имеет ряд очень существенных недостатков. Во-первых, это увеличение времени реакции системы на внешнее воздействие. Представим, что в контур управления включено 10 контроллеров, управляемых с ЦДП по принципу циклического опроса. Будем считать, что минимальное время сеанса радиосвязи с одним контроллером составляет примерно 2 секунды. Достаточно большое время одного сеанса (даже при минимальном количестве передаваемой информации) складывается из времени на переходные процессы (прием/передача), на пилот-сигналы для лучшего захвата канала и пакеты подтверждения. В результате выясняется, что сигнал управления (или сигнал об аварии) может прийти через 20 секунд после наступления события. Но это еще не все, если во время сеанса радиосвязи произошел сбой, что бывает достаточно часто из-за индустриальных помех, то реакция на событие откладывается еще на 20 секунд. Скрупулезный читатель может сам подсчитать время реакции системы, если число контроллеров, включенных в контур управления, увеличить до 20. Все эти выкладки не очень существенны для систем контроля за энергопотреблением, когда не так важно, получена информация в текущем сеансе связи или, допустим, в следующем. Если же при помощи системы осуществляется управление коммутационным оборудованием подстанции, время доставки информации должно быть минимальным.

Исходя из сказанного, было принято решение отказаться от технологии циклического опроса и применить сетевую организацию связи. Идеология построения сети основана на том, что все компьютеры, объединенные в эту сеть, имеют равные права, то есть инициаторами связи могут выступать как компьютер ЦДП, так и ЛК. Главный принцип такой сети можно выразить фразой: «Один говорит — все слышат».

В настоящее время большое распространение получили контроллеры пакетной радиосвязи, использующие протокол AX-25. Функциональные характеристики такого контроллера подробно описаны в «СТА» № 2/97 в статье «АСУ ТП «Космотроника». Надо заметить, что на рынке таких контроллеров существует, мягко говоря, неразбериха. Дело в том, что протокол AX-25 — это протокол любительской радиосвязи, ставший стандартом де-факто для контроллеров пакетной связи. Данный протокол отвечает рекомендациям CCITT X-25, за исключением того, что он содержит более широкое поле адреса и дополнительный кадр ненумерованной информации. Функциональные характеристики контроллеров, произведенных разными фирмами, сильно отличаются друг от друга и плохо совместимы, что отражается на качестве связи между станциями, поэтому рекомендуется ставить в разрабатываемую систему контроллеры одной фирмы-изготовителя.

В 1994 году, когда начались работы по реализации проекта ТСУТП, найти фирму-поставщика контроллеров пакетной радиосвязи было практически невозможно. Было принято решение применить простейший неинтеллектуальный модем, разработанный немецкими специалистами и получивший название Baycom-модем. Он представляет собой простейший модулятор-демодулятор с возможностью управления через стандартный COM-порт. Был выбран и реализован один из вариантов схемы такого модема (две микросхемы с небольшим числом пассивных элементов). Простота такого модема обуславливает его высокую надежность. При современном уровне вычислительной техники все функции контроллера пакетной связи можно перенести на уровень драйвера. Специалистами фирмы был написан пакетный драйвер для Baycom-модема с поддержкой протокола AX-25 со всеми функциями, присущими пакетным контроллерам. Таким образом, сетевой протокол системы можно представить в виде трех уровней:

- физический — Baycom-модем или модем по физической линии;
- канальный — драйвер AX-25 или модификация драйвера для модема по физической линии;
- сетевой — уровень, реализующий функции гарантированной доставки пакетов и проверки наличия связи.

Использование такого типа сети позволяет организовать связь с локальным компьютером через ретранслятор, в качестве которого может служить другой ЛК, с которым связь наиболее устойчива. Это актуально в случае применения радиоканала для управления объектами, находящимися в зоне плохой радиовидимости.

Практика показала, что использование неинтеллектуальных модемов с соответствующими драйверами и сетевым программным обеспечением верхнего уровня позволяет добиться надежной связи с гарантированной доставкой пакетов. Среднее время реакции системы при такой организации связи по радиоканалу с учетом пакетов подтверждения равно 3 секундам. Это время может увеличиться до 10 секунд при индустриальных помехах и в случае возникновения конфликта при одновременной передаче пакетов двумя станциями. Такие конфликты возможны, но очень редки, т. к. перед передачей данных проверяется занятость эфира.

Пользовательский интерфейс

Пользовательский интерфейс представляет собой комплекс, состоящий из центральной схемы и схем подстанций. На центральной схеме представлена топографическая схема расположения подстанций в городе и индикация о появлении аварийной ситуации по каждому объекту управления. Кроме этого, система автоматически проверяет наличие связи с объектами и в случае ее нарушения сигнализирует об этом. Из центральной схемы диспетчер имеет возможность вызывать на экран дисплея схему любой из подстанций. Тяговые подстанции изображаются в виде упрощенной мнемосхемы, на которой показаны реальное состояние органов управления и вся телесигнализация. Состояние органов управления (замкнуто/разомкнуто) выделяется цветом. Экран с мнемосхемой одной из подстанций изображен на рис. 3.

Диспетчер имеет возможность оперативно управлять работой любой из подстанций, осуществлять включение или выключение коммутационного оборудования. Все управляющие воздействия диспетчер осуществляет при помощи манипулятора типа «мышь». Действия диспетчера контролируются системой: если диспетчер подал сигнал управления на тот орган управления, который в данный момент нельзя переключать, то программа игнорирует ошибочные действия диспетчера.

Следует отметить прозрачность разработанного интерфейса, что позволило буквально за 1 день обучить работе с системой диспетчеров, которые не имели ранее опыта работы на персональном компьютере. Рабочее место диспетчера представлено на рис. 4.

Протоколы работы системы

Все действия диспетчера и все изменения состояния датчиков на каждой подстанции записываются в протоколы работы ЦДП. Системой ведутся следующие протоколы:

- протокол действий оператора;
- протокол срабатывания аварийной сигнализации;
- протокол связи, при помощи которого можно получить характеристики связи ЦДП с каждым ЛК;
- массивы значений тока по фидерам, получаемые с ЛК в случае аварии или по запросу диспетчера.

(C) 1998 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

Кроме того, при помощи специальной программы обработки можно получать статистические отчеты по авариям, расчет числа срабатываний выключателей и т. п. Всю отчетность можно получать в разрезе любой из подстанций и за любой промежуток времени. Такой анализ позволяет вырабатывать методики выхода из нестандартных ситуаций.

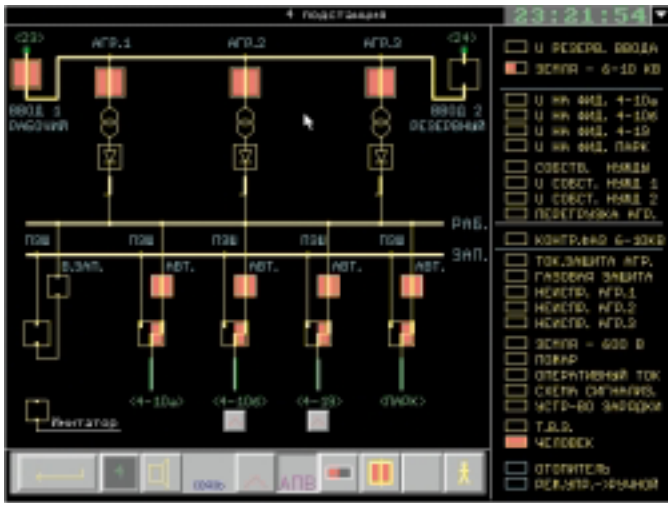

Рис. 3. Мнемосхема одной из тяговых подстанций на экране дисплея диспетчера

Настройка системы

Многие параметры системы в процессе эксплуатации можно настраивать. Настройка производится при помощи конфигурационных файлов. Можно изменять следующие параметры системы без изменения основного исполняемого модуля:

- изменение графического интерфейса при помощи специального редактора;
- сетевые функции системы;
- настройка количества каналов ввода/вывода на ЛК;
- настройка и введение новых функций локальной автоматики на ЛК.

Из возможностей по настройке системы видно, что на основе данной разработки можно создать типовой проект управления подстанциями.



Рис. 4. Внешний вид рабочего места диспетчера на центральном диспетчерском пункте

Эксплуатационные характеристики системы

Важное значение имеет бесперебойная долговременная эксплуатация системы. Система должна функционировать круглосуточно, и даже кратковременный отказ в работе может повлечь за собой печальные последствия. Перечислим комплекс мер, обеспечивающих надежность системы:

- два источника бесперебойного питания необходимы для работы ЦДП при отключенной сети в течение 4 часов;
- резервный компьютер с модемами и радиостанция позволяют производить быструю замену вышедших из строя технических средств ЦДП;
- возможность отключения физических линий связи позволяет обнаруживать неисправности в этих каналах;
- резервное оборудование дает возможность быстро восстанавливать технические средства ЛК.

Как показала практика, в случае выхода из строя любых технических средств ЦДП на восстановление работы системы требуется 2-3 минуты.