



**Алексей Александрович
Косяков**
Alexey A. Kosyakov

Оценка возможности применения методологии интеллектуальных электрических сетей в системах электроснабжения железнодорожного транспорта

Possibility assessment of the application of smart grids methodology for railway transport electric power supply systems

Аннотация

В статье описаны особенности применения методологии интеллектуальных электрических сетей (Smart Grid) в магистральных и распределительных сетях. В связи с подобием организации распределительных электрических сетей и систем электроснабжения железных дорог сделан вывод о принципиальной возможности применения методологии интеллектуальных электрических сетей в системах электроснабжения железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: интеллектуальные электрические сети, система электроснабжения, магистральные электрические сети, распределительные электрические сети, электрифицированная железная дорога.

Abstract

The article describes the features of the use of Smart Grid methodology in power transmission and distribution systems. In connection with similarity of organization of electrical distribution networks and power supply systems of railways the conclusion is made on theoretical possibility of the use of Smart Grid methodology for railway electric power supply.

Keywords: Smart Grid, power supply system, power mains, power distribution systems, electrified railway.

Авторы Authors

Алексей Александрович Косяков, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрические машины» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), начальник производственно-технического отдела дирекции «Энергосетьпроект» ОАО «Инженерный центр энергетики Урала», Екатеринбург; e-mail: kosakov@yandex.ru

Alexey A. Kosyakov, PhD in Engineering, Associate Professor of «Electric Machinery» chair, Ural State University of Railway Transport (USURT), Head of Production and Technical chair of «Energosetprojekt» Directorate, JSC «Urals Power Engineering Center», Ekaterinburg; e-mail: kosakov@yandex.ru

В настоящее время одним из основных направлений развития электроэнергетики является применение методологии интеллектуальных сетей (иначе называемых активно-адаптивными сетями или Smart Grid). Интеллектуальная сеть подразумевает развитие следующих направлений нового строительства и реконструкции объектов электроэнергетики [1]:

- 1) экономически эффективных технологий малой и средней генерации, включая альтернативные источники;
- 2) нового поколения устройств автоматизации;
- 3) информационно-технологических систем для центров управления энергосистемами;
- 4) активного электротехнического сетевого оборудования, способного гибко менять характеристики передачи или преобразования электроэнергии с целью оптимизации режимов сети сразу по нескольким критериям (пропускная способность, уровень технологических потерь, устойчивость, перераспределение потоков мощности, качество электроэнергии).

Управляемые электропередачи, благодаря высокому быстродействию силовой электроники, способны оперативно воздействовать на происходящие в электроэнергетических системах процессы. В результате электропередачи превращаются из пассивных средств транспорта электроэнергии в активные устройства управления режимами работы.

Основой интеллектуальных сетей является методология распределенного управления режимом электроснабжения. В настоящее время в большинстве стран мира применяется единая вертикально интегрированная диспетчерская система: АСУ ТП подстанции (ПС) — региональный диспетчер (РДУ) — диспетчер энергосистемы (ОДУ) — центральный диспетчер (ЦДУ). Уже с 70-х годов прошлого века имеется тенденция к переходу к распределенному управлению энергосистемой, когда из пассивных систем распределения электроэнергии подстанции становятся участниками процесса управления режимом электроснабжения. Накоплен большой опыт проектирования и эксплуатации таких систем управления [2]. Однако данная тенденция до сих пор незаметна в тяговом электроснабжении железнодорожного транспорта, где режим электроснабжения в основном формируется по графику движения по-

ездов. Особо стоит отметить, что в концепцию интеллектуальных сетей включены электромобили [3], но не железнодорожный транспорт. Это представляется странным с учетом того, что электрифицированная железная дорога является мощным потребителем электроэнергии и по сути мало чем отличается от линейных электросетевых объектов распределенного электроснабжения типа распределительных сетей.

Целью настоящей статьи является оценка возможности применения методологии интеллектуальных сетей к составляющим системы тягового электроснабжения — тяговым подстанциям, контактным сетям и электроподвижному составу.

Для управления режимом электроснабжения на тяговой подстанции, как правило, уже имеется базовое оборудование — устройства регулирования под нагрузкой (РПН) трансформаторов. А на тяговых подстанциях с управляемыми преобразователями возможности управления режимом электроснабжения практически не ограничены [4].

Кроме того, на тяговой подстанции принципиально возможна установка специального оборудования для управления режимом электроснабжения — управляемых шунтирующих реакторов и статических тиристорных компенсаторов. Выключатели, как средство формирования схемной ситуации в районе электроснабжения, тоже можно отнести к оборудованию интеллектуальных сетей.

Суть управления в методологии интеллектуальных сетей заключается в следующем: за счет повышения напряжения на незагруженной подстанции формируется переток мощности на перегруженную подстанцию, на которой наблюдается падение напряжения. При этом возможно формирование новой схемы электроснабжения путем подключения дополнительных линий электропередачи в энергонедостаточном районе.

Реализация предложенной идеи управления режимом электроснабжения в магистральных электрических сетях включает в себя закрепление группы подстанций (ПС) за единым расчетным центром (РЦ), расположенным в радиусе не более 200 км от самой удаленной подстанции группы, с организацией каналов связи по линиям электропередачи (ВОЛС и ВЧ-каналы) либо по сетям «Ростелекома» (рис. 1). Источником информации являются трансформаторы тока и напряжения (ТТ и ТН), а средствами управления — устройства РПН и шунтирующие реакторы (ШР). При этом все

оборудование интеллектуальных сетей расположено на территории подстанций.

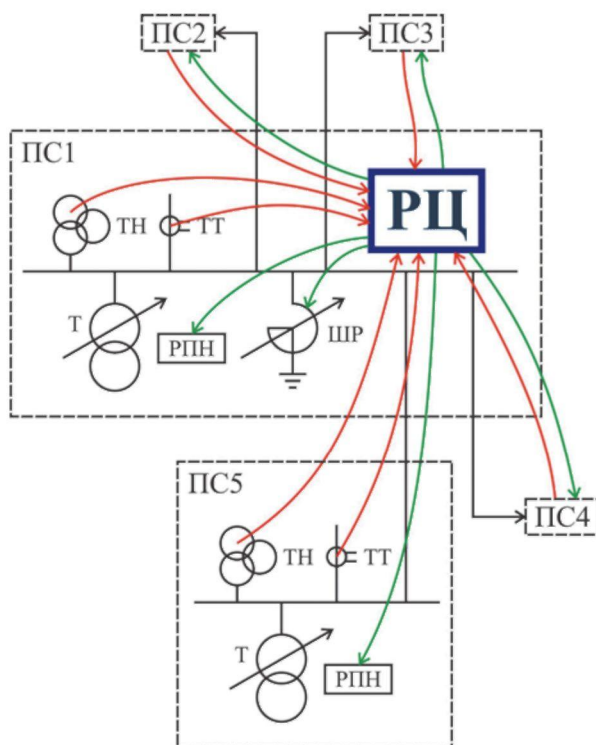


Рис. 1. Реализация методологии интеллектуальных сетей в магистральных электрических сетях

На рис. 1 и далее черным цветом показаны электрические цепи и оборудование интеллектуальной сети, красным цветом — информационные потоки, передаваемые от источников информации (ТН, ТТ, иных датчиков) в расчетный центр, зеленым цветом — информационные потоки сигналов управления, сформированных в расчетном центре.

Функции расчетного центра — обработка информации о режиме электроснабжения (напряжение на всех распределительных устройствах, токи и коэффициенты мощности всех присоединений, информация о состоянии оборудования) и выработка управляющих воздействий для всей группы подстанций. Данные функции выполняются в режиме реального времени, для чего все подстанции группы должны быть обеспечены надежной связью. Для удобства эксплуатации расчетный центр, как правило, размещают на крупной подстанции с дежурным персоналом. Тогда при наличии телеуправления, телесигнализации, охранного и технологического телевидения присутствие персонала на всех подстанциях становится избыточным, за счет чего достигается значительное сокращение расходов предприятия.

Для распределительных электрических сетей возможно управление режимом электроснабжения отдельных потребителей (распределительных пунктов, РП), как крупных, так и мелких, вплоть до отдельных домо-

хозяйств («умный дом») (рис. 2). В распределительной сети в управлении режимом электроснабжения участвуют не только подстанции управляемой группы, но и потребители, для чего организуются каналы связи между расчетным центром и потребителями электроэнергии. В зависимости от объема потребления каналы связи могут быть выделенными (как правило, по ВОЛС) собственными либо арендованными в сетях «Ростелекома» или иных предприятиях связи.

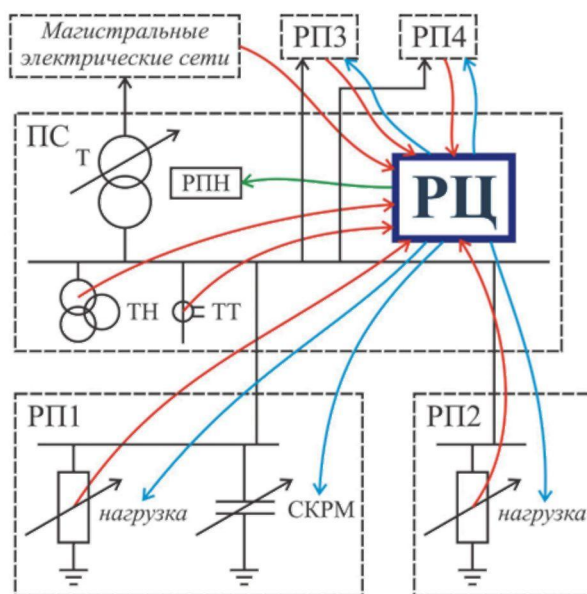


Рис. 2. Реализация методологии интеллектуальных сетей в распределительных электрических сетях

В качестве источника информации в распределительных сетях кроме ТН и ТТ разумно использовать «интеллектуальные» счетчики электроэнергии (Smart Metering), передающие информацию о потребляемой электроэнергии в расчетный центр в режиме реального времени.

Поскольку электроснабжение потребителей является приоритетом для предприятий электрических сетей, функции расчетного центра распределительной сети заключаются не столько в формировании сигналов управления, сколько в выработке предложений для потребителей, связанных с изменением параметров режима электроснабжения (предпочтительное потребление электроэнергии в определенные часы в сутках, пожелание выполнения реконструкции оборудования и применения компенсации реактивной мощности (СКРМ) и выполнения прочих мероприятий, обеспечивающих энергосбережение и рациональное использование ресурсов системы). Основой управления при таком подходе является гибкая тарифная политика, а выводы о средствах и мероприятиях, обеспечивающих энергоэффективность, потребитель электроэнергии принимает самостоятельно. Сигналы управления, имеющие статус

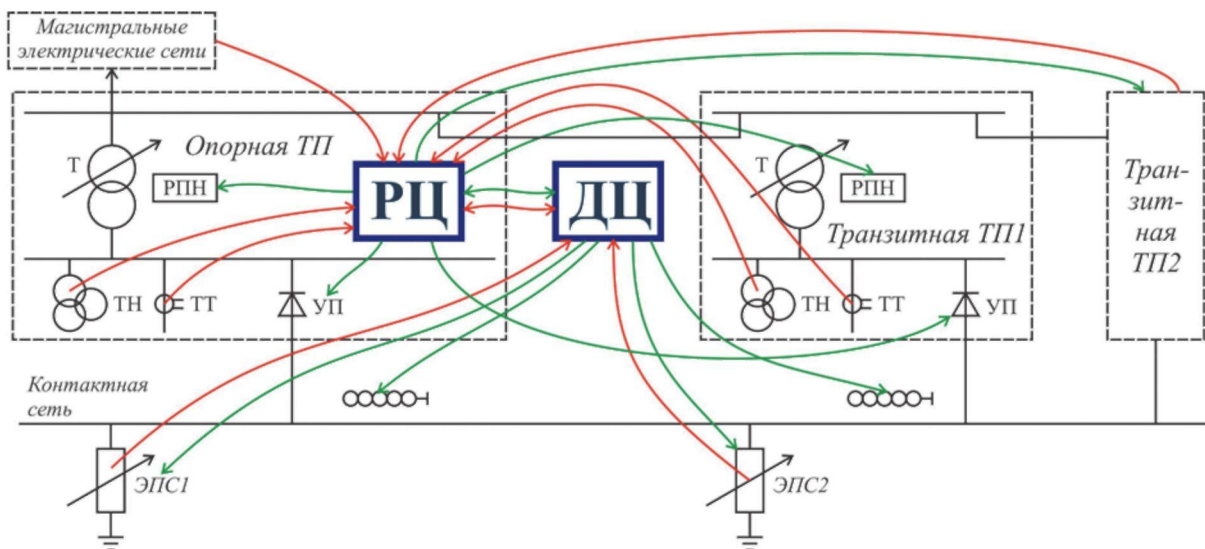


Рис. 3. Реализация методологии интеллектуальных сетей в системе электроснабжения железной дороги

рекомендательных, на рис. 2 и далее обозначены голубым цветом.

Систему тягового электроснабжения для применения методологии интеллектуальных сетей целесообразно рассматривать как один из видов распределительных сетей, а глубину управления режимом электроснабжения проследить вплоть до конечных потребителей — электроподвижного состава (ЭПС). Расчетный центр при этом необходимо расположить на опорной тяговой подстанции (ТП), а каналы связи с ЭПС организовать по контактной сети либо с использованием радиосвязи (рис. 3).

Управление режимом тягового электроснабжения должно обеспечивать надежный пропуск поездов по участку, поэтому при организации интеллектуальной сети тягового электроснабжения нужно предусмотреть интеграцию (канал связи) расчетного центра с поездным диспетчерским центром (ДЦ). Одним из видов управляющих воздействий должно быть управление сигналами светофоров, обеспечивающее пропуск поездов, имеющих приоритет, при исчерпании возможности регулирования напряжения на подстанциях участка силовым оборудованием интеллектуальных сетей (устройствами РПН трансформаторов, управляемыми преобразователями).

Следует отметить, что по сравнению с распределительными электрическими сетями система электроснабжения железной дороги административно объединена с системой управления процессами перевозок, что позволяет исключить рекомендательный статус сигналов управления. Такое административное подчинение является значительным преимуществом, в том числе и для системы электроснабжения железной до-

роги, позволяет осуществить глубокое управление режимом электроснабжения с применением административных методов воздействия на потребителей электроэнергии и, как результат, оптимизировать перевозочный процесс.

Алгоритмы расчета режимов электроснабжения, выполняемые расчетным центром, давно известны [5] и успешно применяются для перспективных расчетов, основанных на графике движения поездов. Предлагаемое внедрение методологии интеллектуальных электрических сетей в систему электроснабжения железнодорожного транспорта в части расчета режима электроснабжения отличается временем и местом выполнения расчетов: все расчеты осуществляются в режиме реального времени, с учетом реальной загрузки оборудования и имеющейся базы тяговых расчетов.

Алгоритмизация управляющих воздействий на оборудование интеллектуальных сетей должна быть выполнена в каждом конкретном случае в процессе разработки проектной документации на реконструкцию (строительство) участка электрифицированной железной дороги.

Таким образом, в статье описана общая концепция применения методологии интеллектуальных сетей в системе электроснабжения железнодорожного транспорта. В настоящее время, с практически неограниченной вычислительной мощностью (для указанных функций) электронных вычислительных машин и развитием систем связи, реализация предложенной методологии не должна вызывать особых затруднений, а ее эффективность доказана примерами удачного применения в магистральных и распределительных электрических сетях. **ИТ**

Список литературы

1. Кобец Б. Б., Волкова И. О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. — М. : ИАЦ Энергия, 2010. — 207 с.
2. Kosjakow A. Metodyka projektowania inteligentnych sieci elektroenergetycznych // Logistyka Nauka / Poznań: Instytut Logistyki i Magazynowania. — 2011. — № 6. — S. 6–12. — ISSN 1231–5470.
3. Информационно-аналитический портал [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.SmartGrid.ru>.
4. Аржанников Б. А. Система управляемого электроснабжения электрифицированных железных дорог постоянного тока. — Екатеринбург : УрГУПС, 2010. — 174 с.
5. Марквардт К. Г. Справочник по электроснабжению железных дорог. Т. 1. — М. : Транспорт, 1980. — 256 с.