

АСУ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ПРИНЦИПАХ SMART GRID для объектов МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

А.Б. Васенин, О.В. Крюков (ОАО «Гипрогазцентр»)

А.В. Серебряков, А.С. Плехов (НГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Рассмотрены актуальные проблемы проектирования и модернизации современных АСУ электроснабжением объектов магистральных газопроводов. Приведены проектные решения по инновационным системам автономного электроснабжения на основе интеллектуальных сетей и комбинированных энергоисточников, включая особенности их реализации для вдольтрассовых потребителей газопроводов.

Ключевые слова: автономные источники электроснабжения, интеллектуальные сети, АСУ генераторными комплексами, ветроэнергетические установки, магистральные газопроводы.

Введение

Структуры современных автономных систем электроснабжения (СЭС) линейными потребителями магистральных газопроводов (МГ) определяются индивидуальными особенностями объектов, среди которых главными являются [1]:

- значительная протяженность МГ и рассредоточенность линейных потребителей по трассе газопровода;
- удаленность объектов от существующих внешних энергоисточников и централизованных электросетей;
- малые электрические нагрузки линейных потребителей (2...40 кВт).

Надежность и энергоэффективность СЭС линейных потребителей являются главными факторами, обеспечивающими стабильное и безаварийное состояние газотранспортных систем. Комбинированные СЭС с питанием от внешних и автономных энергоисточников являются наиболее предпочтительными для линейных потребителей, так как обладают достаточной надежностью и гибкостью, обеспечивая работу всех установок независимо от наличия топливного газа и сохраняя минимальную протяженность вдольтрассовых ЛЭП.

В современных условиях концепция распределенной энергетики для объектов ОАО «Газпром» приобретает все большую популярность, а автономные источники становятся не только дополнением, но и реальной альтернативой традиционному централизованному электроснабжению.

АСУ автономными генераторными комплексами (АГК) должны обеспечивать:

- устойчивую работу СЭС линейных потребителей МГ;
- оптимальное регулирование параметров вырабатываемой электроэнергии;
- длительную параллельную работу электроагрегатов АГК между собой;
- рациональное распределение генерируемых мощностей автономных источников;
- адаптивное управление системами собственных нужд АГК;
- оперативный мониторинг состояния агрегатов и параметров электроэнергии.

Примеры практического использования перечисленных энергоисточников уже имеются на различных линейных участках МГ газотранспортных предпри-

ятий России. Однако в каждом конкретном случае целесообразность применения тех или иных источников электроснабжения должна быть обоснована путем технико-экономических расчетов с учетом всех затрат, надежности, технолого-экологических факторов и скорости окупаемости.

АГК на основе ВЭУ и преобразователя ОРМАТ

Работа автономных ветроэнергетических установок (ВЭУ) характеризуется рядом специфических особенностей, среди которых наиболее существенными являются [2]:

- широкий диапазон изменения скорости вращения вала и величины нагрузки из-за стохастического характера ветровой энергии и метеорологических условий, вплоть до критических значений;
- преобладание динамических режимов работы генератора из-за непостоянного и порывистого воздействия ветрового потока, приводящего к вибрации (ВЧ-составляющая) и колебаниями скорости (НЧ-составляющая);
- сложность оптимизации электрооборудования из-за неадекватности прогнозов реальных условий эксплуатации;
- вопросы совместимости работы генератора с ветроколесом и редуктором, а также с преобразователями и накопителями электроэнергии;
- наличие широкого спектра возможных потребителей электроэнергии с различными требованиями качества напряжения и частоты, значительное колебание нагрузки.

Вместе с тем реализация идей «интеллектуальных» СЭС на принципах Smart Grid для комбинированных сетей питания вдольтрассовых потребителей МГ позволяет [3]:

- сократить выбросы CO₂ при производстве электроэнергии автономными источниками;
- повысить стабильность параметров вырабатываемой электроэнергии и надежность СЭС в целом;
- уменьшить затраты и себестоимость электроэнергии и повысить энергоэффективность СЭС;
- улучшить наблюдаемость и устойчивость локальных энергосетей;
- повысить уровень эксплуатационной безопасности потребителей 1-й и 2-й категорий.



АГК с использованием двух независимых источников электроэнергии

В разработанном авторами проекте АГК на мощность 40 кВт для одного из газотранспортных предприятий РФ на основе ВЭУ и преобразователя ОРМАТ предусмотрено дифференцированное питание трех групп потребителей разной мощности:

- нагрузка 1-й категории — «жизненно важные» потребители объектов МГ;
- нагрузка 2-й категории — штатное электроснабжение потребителей МГ;
- нагрузка 3-й категории — полное электроснабжение линейных потребителей МГ.

Возможность работы в каждом категорийном режиме потребления контролируется АСУ АГК, которая по измеренным значениям входной мощности ветрового потока (момента и скорости вращения вала) и выходной мощности нагрузки (напряжения, тока и коэффициента мощности) контролирует стабильность параметров в каждом возможном режиме.

Применение преобразовательной техники в ВЭУ позволяет обеспечить универсальность ВЭУ, упрощение ее механической части, высокий КПД и качество вырабатываемой электроэнергии. Кроме того, разработанные законы оптимального управления работой ВЭУ в статических и динамических режимах позволяют алгоритмическим путем решить задачи их энергоэффективной эксплуатации:

- увеличения вырабатываемой электроэнергии на 15...25 %;
- реализовать динамические режимы регулируемой интенсивности в зависимости от текущей нагрузки;
- демпфирование колебаний мощности без использования сложных механических устройств;
- уменьшение механических нагрузок в конструкциях ВЭУ;
- комплексную автоматизацию нескольких ВЭУ в рамках ветровой фермы или при совместной работе с источниками ограниченной мощности.

Стабилизация параметров с выхода автономного генератора возможна в трех вариантах схем преобразователей частоты (ПЧ), выполненных на IGBT-транзисторах:

- наиболее распространенных ПЧ с АИН и ШИМ — для ВЭУ малой мощности;
- экономичных ПЧ с непосредственной связью — для ВЭУ большой мощности;
- матричных ПЧ, сочетающих преимущества предыдущих — для ВЭУ средней мощности.

Именно последний вариант ПЧ является инновационным и перспективным для массовой реализации в «интеллектуальных» сетях на базе технологий Smart Grid, поскольку сочетает качества экономичности законов управления, надежности и устойчивости генерирования высококачественной электроэнергии ВЭУ при изменении скорости ветра в диапазоне 2,5...25 м/с. Универсальность матричных ПЧ позволяет их использовать для различных типов (асинхронных и синхронных) электрогенераторов переменного тока.

Замкнутые САР выходных характеристик системы ВЭУ позволяют осуществить стабилизацию амплитуды и частоты вырабатываемого напряжения с требуемой точностью, а также регулирование реактивной мощности без установки вспомогательного электротехнического оборудования. Разработанные алгоритмы САР в данной схеме комбинированных «интеллектуальных» электросетей позволяют увеличить количество вырабатываемой электроэнергии на 9...16 % по сравнению с традиционными системами за счет более точного отслеживания соответствия скорости вращения вала генератора линейной скорости ветра по оптимизационным кривым. При этом произведена декомпозиция оптимальных алгоритмов в зависимости от текущих режимов работы сетей:

- режим ввода (плавного запуска) ВЭУ в штатный режим генерирования электроэнергии с учетом высокой инерционности ветроколеса и больших маховых масс — для обеспечения значительного уменьшения механических перегрузок в конструкциях и передачах;
- режим демпфирования колебаний мощности при различной частоте и амплитуде порывов ветра — для оптимизации съема максимальной мощности потока ветра и стабилизации выходных параметров напряжения и устойчивости энергосети;
- работы в автономном режиме и на сеть ограниченной и бесконечной мощности с учетом особенностей аппаратного обеспечения ВЭУ в каждом режиме (наличие блоков разгрузки генераторов, систем ограничения перетока электроэнергии, аккумуляторных батарей, источников реактивной мощности и др.);
- режима аварийного торможения с мониторингом технического состояния электрооборудования, сигнализацией о неисправностях и протоколированием результатов.

Интеграция ВЭУ и преобразователя ОРМАТ в «интеллектуальные» сети для линейных потребителей газопроводов

Для реализации предложенного комплекса алгоритмов в соответствии с принципами Smart Grid предложено использовать мультипроцессорную систему с интеллектуальными датчиками на основе нечеткой логики [1, 3]. Цифровые алгоритмы САР в «интеллектуальной» сети электроснабжения синтезированы на основе теории импульсных систем и критериев оптимального быстрого действия.

При использовании двух независимых источников электроэнергии в АГК (рисунок) появляется возможность перераспределения используемой мощности от этих источников для минимизации затрат на выработку электроэнергии питания вдольтрассовых потребителей.

Для этого в АСУ АГК, содержащей ВЭУ с автоматическим регулятором скорости вращения, включен паратурбогенератор на основе преобразователя ОРМАТ с управляемым регулятором скорости вращения, работающие на общую шину постоянного тока, а через ПЧ с инвертором напряжения подключен коммутатор нагрузки. Коммутатор, включенный между синхронным генератором и инвертором ПЧ, а также датчики мощности P , скорости вращения ω и положения Z автоматического регулятора передают информацию в микропроцессорную систему управления. При этом алгоритмы оптимизируют работу «интеллектуальных» сетей:

- в диапазоне $P < P_{\text{ном}}$ микропроцессорная система управления формирует сигнал отключения коммутатора, подключая ОРМАТ для дополнительной выработки электроэнергии на общую шину потребителя;
- при $Z < Z_{\text{max}}$ — она вырабатывает сигнал, соответствующий оптимальной (по минимуму расхода топлива) зависимости ω двигателя от мощности P ;
- при $Z = Z_{\text{max}}$ (максимум полезной мощности ОРМАТ) и $\omega < \omega_{\text{ном}}$ — формируется сигнал, соответствующий остановке или холостому ходу ВЭУ и преобразователь ОРМАТ включается в номинальный режим работы;
- в диапазоне $P > P_{\text{ном}}$ мощности ВЭУ достаточно для покрытия потребности нагрузки и микропроцессорная система управления формирует сигнал, отключающий двигатель ОРМАТ.

Соблюдение оптимальных параметров энергетического комплекса по закону съема максимума мощности ветрового потока в функции скорости ветра обеспечивается путем автоматического регулирования тока возбуждения синхронного генератора ВЭУ, а также распределение мощности между ветрогенера-

тором и преобразователем ОРМАТ. Этим достигается возмещение генерируемой мощности от энергозатратного источника на базе преобразователя ОРМАТ по принципам SMART GRID и высокий уровень энергосбережения в «интеллектуальных» сетях электроснабжения линейных потребителей МГ.

Выводы

1. Рациональное сочетание традиционных и альтернативных источников электроэнергии для МГ может быть реализовано только в комбинированных АГК с интегрированными АСУ «интеллектуальных» сетей на основе технологий SMART GRID активной адаптивной сети.

2. Рассмотренная комбинированная схема «интеллектуальных» сетей электроснабжения позволяет сократить выбросы CO_2 при производстве электроэнергии автономными источниками, повысить качество вырабатываемой электроэнергии и надежность СЭС МГ в целом, уменьшить себестоимость электроэнергии и повысить эксплуатационную безопасность потребителей 1-й и 2-й категорий.

3. Оптимизация съема мощностей в реальном времени на локальном и системном уровне АСУ АГК с ВЭУ в рамках модернизации энергохозяйства компрессорных станций позволяет достичь высоких показателей надежности, дистанционного мониторинга и энергоэффективности «интеллектуальных» электросетей для питания потребителей МГ.

Список литературы

1. Энергосбережение и автоматизация электрооборудования компрессорных станций/Под ред. О.В. Крюкова Н. Новгород: Вектор ТиС. Т. 2. 2011.
2. Крюков О.В., Титов В.В. Разработка АСУ автономными ветроэнергетическими установками//Автоматизация в промышленности. 2009. № 4.
3. Васенин А.Б., Крюков О.В., Титов В.Г. Концепция систем автономного электроснабжения объектов ОАО «Газпром»//Сб. тезисов XII Всемирного электротехнического конгресса (ВЭЛК-2011). 2011. М. ВЭИ.

Васенин Алексей Борисович — инженер-проектировщик, Крюков Олег Викторович — канд. техн. наук, доцент, гл. специалист ОАО «Газпрогазцентр», Серебряков Артем Владимирович — инженер, Плехов Александр Сергеевич — канд. техн. наук, доцент НГТУ им. Р.Е. Алексева.

Контактный телефон (831) 428-25-84.

Http://www.gazpromgazcenter.pf E-mail: o.kryukov@ggc.nnov.ru

Система телеметрии газорегуляторных пунктов Архангельской ТЭЦ и Северодвинской ТЭЦ-2

НПФ «КРУГ» введена в эксплуатацию система телеметрии газорегуляторных пунктов (ГРП) Архангельской ТЭЦ и Северодвинской ТЭЦ-2, производящая сбор и консолидацию информации для предоставления в диспетчерский пункт филиала ОАО «Газпром газораспределение» в Архангельской области. Система служит для предотвращения возможных аварий на ГРП и обеспечивает диспетчера достоверной и своевременной информацией по следующим параметрам: давление и температура газа на входе/выходе; расход газа через ГРП; перепад давления на фильтрах; положение основной запорно-регулирующей арматуры; загазованность и температура в технологическом и вспомогательном помещениях; наличие возгорания в технологическом помещении.

Основные функции системы телеметрии ГРП: сбор данных со станций оператора ГРП Архангельской ТЭЦ и Северодвинской ТЭЦ-2; сохранение данных в реляционную СУБД (в данном слу-

чае Microsoft SQL Server Express); визуализация данных; предоставление отчетной документации в формате Excel; сигнализация отклонений параметров от установленных границ и нарушений состояния оборудования; протоколирование нештатных ситуаций, возникающих на газорегуляторных пунктах.

Состав ПО: SCADA КРУГ-2000® — управление технологическим оборудованием ГРП; сервер консолидации технологических данных WideTrack — сбор данных со станций оператора ГРП и сохранение их в реляционную СУБД; SCADA/HMI DataRate — визуализация данных и предоставление отчетов.

Отличительной особенностью системы телеметрии ГРП является организация передачи данных от энергетических объектов Архангельской области в диспетчерский пункт по GSM/3G модемному каналу. Внедренная система предусматривает возможность дальнейшего расширения за счет сбора данных с других объектов диспетчеризации.

Http://www.krug2000.ru