

# Подходы к созданию автоматического группового регулятора напряжений для энергорайона с функцией координации локальной ПА



Воропай Н.И., Осак А.Б., Домышев А.В.,  
Панасецкий Д.А., Бузина Е.Я.  
ИСЭМ СО РАН, г. Иркутск  
[osakalexey@mail.ru](mailto:osakalexey@mail.ru)

# Введение

В ЕЭС России (особенно в Сибири и на Дальнем Востоке) актуальной становится задача поддержания допустимых уровней напряжения на подстанциях при изменении режимных условий в широком диапазоне, в том числе в послеаварийных режимах.

Для решения данной задачи массово устанавливаются плавно и дискретно управляемые источники реактивной мощности (ИРМ): статические тиристорные компенсаторы реактивной мощности (СТК), управляемые шунтирующие реакторы (УШР), батареи статических конденсаторов (БСК) и другие устройства, которые можно отнести к устройствам типа FACTS.

# Введение

Для минимизации затрат на электросетевое строительство (строительство и реконструкцию ВЛ, установку ИРМ) предлагается помимо локальных регуляторов напряжения (ЛРН) и локальных устройств противоаварийной автоматики (ЛПА) создавать автоматические групповые регуляторы напряжений для энергорайона с функцией координации локальных регуляторов и локальной ПА.

Общая идея заключается **в получении системного эффекта от совместного и согласованного использования управляемого оборудования нескольких энергообъектов** в отдельных тяжелых и критических режимах. Ожидается, что такие групповые регуляторы районного масштаба сократят необходимые объемы ввода в эксплуатацию установок ИРМ с низким числом часов использования (использование либо в пиковых режимах, либо в минимальных режимах), а также повысят пропускную способность электрических сетей.

# Постановка задачи

В настоящей работе авторами рассматриваются подходы к созданию автоматического группового регулятора напряжения (ГРН) для энергорайона с функцией координации локальных регуляторов ИРМ (для УШР, СТК и др.) и локальной ПА типа автоматики ограничения снижения напряжения (АОСН), автоматики ограничения повышения напряжения (АОПН) и автоматики управления реактором (АУР).

Основная идея заключается в том, что **групповой регулятор определяет согласованные уставки локальных регуляторов и локальной ПА, и самостоятельно не управляет электрооборудованием, выполняя только функции верхнего уровня автоматической системы управления.**

# Постановка задачи

Групповой регулятор напряжений для энергорайона представляет собой вычислительный комплекс, установленный на узловой подстанции или в диспетчерском пункте, работающий в автоматическом режиме, оснащенный цифровыми каналами связи с локальными регуляторами ИРМ и локальной ПА на энергообъектах.

Источниками информации о текущих режимах может выступать:

- система сбора и передачи информации (ССПИ), используемая для ПА;
- системы телемеханики для районных и региональных диспетчерских пунктов.

# Постановка задачи

- В нормальном режиме работы ГРН выполняет в реальном времени расчеты уставок и передает их по каналам связи в ЛРН и ЛПА на энергообъекты.
- При нарушении работы каналов связи, спустя заданную выдержку времени, ЛРН и ЛПА переходят на заранее заданные уставки.
- В ЛРН и ЛПА осуществляется контроль допустимости значений получаемых от ГРН уставок.
- В ЛПА имеются ступени с заранее заданными уставками (на границе допустимых диапазонов), которые не меняются ГРН, тем самым исключается повреждение оборудования или нарушение устойчивости при ложной работе ГРН.

# Постановка задачи

На функциональном уровне ГРН состоит из следующих подсистем:

- подсистема сбора телеинформации и ее первичной обработки;
- подсистема оценивания состояния (ОС);
- подсистема анализа режима, расчета уставок и выработки управляющих воздействий (УВ) на смену уставок ЛРН и ЛПА;
- подсистема выдачи УВ и анализа фактической работы ЛРН и ЛПА;
- общая информационная платформа ГРН.

# Подсистема сбора телеинформации и ее первичной обработки

- получение телеинформации:
  - телеизмерения (ТИ) параметров режима;
  - телесостояния (ТС) элементов сети;
  - ТИ и ТС по ИРМ, управление которыми выполняется ЛРН и ЛПА, для которых ГРН выдает уставки.
  - ТИ и ТС от ЛРН и ЛПА по доступности управления и наличию запасов по регулированию.
- первичная обработка телеинформации и хранение ретроспективной информации в архивах.



# Подсистема оценивания состояния

Выполняет задачу **оценивания состояния на нескольких расчетных схемах:**

- сокращенная расчетная схема энергорайона (уровень объектов ЕНЭС);
- расширенная (подробная) расчетная схема энергорайона (с объектами 35 кВ и выше);
- сокращенная расчетная схема ЭЭС (уровень объектов ЕНЭС);
- расширенная (подробная) расчетная схема ЭЭС (с объектами 110 кВ и выше);
- динамически формируемая расчетная схема сети по критерию наблюдаемости для задачи ОС.

# Подсистема оценивания состояния

Для каждой расчетной схемы выполняется:

- первичная достоверизация;
- оценивание состояния;
- автоматический контроль оцененного режима (проверка балансов, оценка отклонения от измерений, нахождение параметров режима в технологических пределах, сравнение с предыдущим успешным расчетом).

По итогам расчета оценивания состояния на нескольких схемах сети **выполняется сопоставление результатов, и выбираются схемы, пригодные для дальнейших расчетов.**

# Подсистема анализа режима

Для каждой расчетной схемы, полученной из блока ОС и одобренной для решения технологических задач выполняется:

- оценку режима по качественным критериям, основанным на формальных логических правилах, с последующей его классификацией (нормальный, ремонтный, аварийный, послеаварийный, вынужденный и т.п.);
- оценку режима по количественным критериям, с последующей его классификацией (нормальный, аварийный, вынужденный и т.п.).
- обобщенную классификацию режима на основании качественной и количественной оценки.

# Подсистема анализа режима

К количественным критериям оценки режима можно отнести:

- устойчивость к набору нагрузки с учетом ограничений (определяется методом утяжеления);
- оценку резервов по реактивной мощности при утяжелении режима;
- оценку резервов по реактивной мощности по критерию n-1 (отключение ИРМ или отключение секций шин с ИРМ);

# Подсистема анализа режима

Выполняется сверка полученной классификации для разных расчетных схем, после чего может выполняться оптимизация по нескольким направлениям:

- экономический критерий (снижение потерь электроэнергии во всей сети или в заданном фрагменте сети);
- качество электроэнергии и допустимость режима (ввод режима в допустимую область по напряжению с учетом ограничений по перегрузке оборудования);
- оценка надежности режима (перебор нормативных возмущений в сети с оценкой допустимости/недопустимости послеаварийного режима, в случае недопустимости послеаварийного режима осуществляется совместный ввод послеаварийного и исходного режима в допустимую область).

# Подсистема анализа режима

В зависимости от классификации режима, выполняется или не выполняется оптимизация. Оптимизация может выполняться по нескольким направлениям:

- в нормальном режиме снижаются потери, оценивается и повышается режимная надежность,
- в тяжелом режиме выполняется ввод в допустимую область,
- в вынужденном режиме обеспечиваем резервы быстрого управления для повышения надежности и устойчивости ЭЭС в целом и устойчивости узлов нагрузки.

# Подсистема анализа режима

- Далее выполняется совместная оценка нескольких вариантов оптимизации режима и сопоставление УВ. При оптимизации учитывается состояние управляемых элементов сети, ресурсы их управления.
- Осуществляется минимизация ресурсоемких УВ (отключение выключателей БСК и ШР, управление РПН).
- Выполняется оценка волатильности режимных параметров, для исключения многократных переключений выключателей, РПН.
- Осуществляется формирование оптимальных УВ, в соответствии с рассмотренными выше критериями. На основании комплексной оптимизации и оптимальных УВ рассчитываются уставки ЛРН и ЛПА для их последующей передачи на объекты.

# Подсистема анализа режима

Далее выполняется моделирование рассчитанных уставок ЛРН и ЛПА на разных расчетных схемах, моделируется возникновение нормативных возмущений.

Выполняется оценка достижения эффекта по разным критериям. Оценка совокупной эффективности от смены уставок ЛРН и ЛПА.

Возможно, в случае неудачи потребуются итеративный перебор для гармонизации взаимопротиворечивых УВ по разным критериям.



# Подсистема выдачи УВ и анализа фактической работы ЛРН и ЛПА

- осуществляет проверку отсутствия сбоев в расчетных алгоритмах (на основании данных самодиагностики);
- передает рассчитанные уставки ЛРН и ЛПА на энергообъекты;
- получает сигналы подтверждения смены уставок ЛРН и ЛПА;
- осуществляет оценку смены уставок ЛРН, оценивает адекватность реализованного управления;
- выполняет сравнение ожидаемого расчетного эффекта и реального эффекта от смены уставок ЛРН и ЛПА, осуществляет классификацию УВ, в случае неадекватности выдает сигнализацию и блокирует некоторые алгоритмы оптимизации (до их перенастройки со стороны эксплуатации).

# Общая информационная платформа ГРН

**Предлагается построить на технологическом ядре SCADA АНАРЭС и ППО «ПЛАТФОРМА-АПК».**

Основные функции информационной платформы:

- запуск и контроль программных модулей (выполняет сервер приложений SCADA АНАРЭС);
- обеспечение функционирования базы данных реального времени для всех задач ГРН (выполняет сервер каналов SCADA АНАРЭС);
- самоконтроль системы (возможно совмещенный со сторожевым таймером при его наличии), блокировка управления и сигнализации;

# Общая информационная платформа ГРН

Основные функции информационной платформы:

- стыковка с ССПИ и системами телемеханики;
- выдача команд на УВ, на смену уставок ЛРН и ЛПА, контроль прохождения команд;
- запуск и контроль расчетных задач (включая автоматическое принудительное снятие при их зависании), блокировка управления при сбоях.

# Выводы

В настоящее время в ИСЭМ СО РАН разрабатывается лабораторный прототип системы, в соответствии с предложенным подходом к созданию автоматического ГРН для энергорайона с функцией координации ЛРН и ЛПА.

При разработке особое внимание уделяется вопросам надежной работы программных блоков, функциям их самодиагностики.

Предполагается, что разрабатываемая система должна работать без участия обслуживающего персонала.