

# СИСТЕМА АПНУ ЗАПАДНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ОЭС СИБИРИ

**О.В. Захаркин, *Институт автоматизации энергетических систем***

**А.В. Кацук, *Институт автоматизации энергетических систем***

**А.К. Ландман, *Институт автоматизации энергетических систем***

**А.М. Петров, *Институт автоматизации энергетических систем***

**А.Э. Петров, *Институт автоматизации энергетических систем***

**Г.П. Попов, *Институт автоматизации энергетических систем***

**О.О. Сакаев, *Институт автоматизации энергетических систем***

Основным направлением деятельности ЗАО Институт автоматизации энергетических систем (ИАЭС) является разработка управляющих вычислительных комплексов (УВК) для решения задач противоаварийной автоматики (ПА) на базе промышленных микропроцессорных устройств общего назначения. Основное внимание при этом уделяется унификации комплекса технических и программных средств, что позволяет достаточно легко адаптировать УВК к решению конкретных задач на конкретном объекте управления.

В настоящее время в эксплуатации находятся три комплекса ПА, разработанных и внедренных ЗАО ИАЭС: УВК АДВ ПС «Итатская-1150», УВК АПНУ Усть-Хантайской ГЭС и УВК АПНУ Курейской ГЭС.

Наиболее масштабным проектом ЗАО ИАЭС является УВК АДВ ПС «Итатская-1150». С июня 2003 года УВК АДВ ПС «Итатская-1150» находится в промышленной эксплуатации.

## ***Характеристики УВК АДВ ПС «Итатская-1150»***

УВК АДВ ПС «Итатская-1150» предназначен для сохранения статической устойчивости при аварийных возмущениях в сети 500 кВ западной и центральной части ОЭС Сибири. УВК АДВ контролирует район управления от ПС Барнаульская на западе до Красноярской ГЭС на востоке.

Ввод в УВК доаварийной информации осуществляется при помощи системы сбора и передачи доаварийной информации с центром на ПС Итатская. В настоящее время в УВК вводятся параметры текущего режима сети 500 кВ в количестве:

- 50 аналоговых параметров;
- 54 дискретных параметра.

Ввод в УВК аварийных сигналов о срабатывании пусковых органов (ПО) и передача сигналов управляющих воздействий (УВ) к местам их применения осуществляется по каналам РЗ и ПА. В настоящее время в УВК вводится информация об аварийных отключениях ВЛ в сети 500 кВ в количестве 17 сигналов.

В случае фиксации аварийных возмущений УВК АДВ ПС «Итатская-1150» действует на:

- отключение генераторов (ОГ) Красноярской ГЭС (3 ступени);
- ОГ Саяно-Шушенской ГЭС (3 ступени);
- отключение нагрузки (ОН) в Новокузнецке, Барнауле, Красноярске и Новосибирске.

Общее количество управляющих сигналов составляет 15.

УВК АДВ ПС «Итатская-1150» производит выбор управляющих воздействий в режиме «ДО» для заданных возмущений на основании параметров текущего режима района управления. В настоящее время в составе программного обеспечения УВК функционируют три алгоритма выбора УВ:

1. Алгоритм выбора УВ по способу I-ДО, основанный на методе совместного расчета послеаварийного режима, показателя запаса статической устойчивости и дозировки управляющих воздействий в ходе единого итерационного вычислительного процесса. В методе используется математическая модель района управления в виде системы уравнений установившегося режима ЭЭС в форме баланса активных и реактивных мощностей узлов с требуемой точностью описания элементов системы. В качестве показателя устойчивости рассматривается коэффициент напряженности режима, за счет изменения которого обеспечивается перевод изображающей точки режима на границу области устойчивости. Выбор оптимальных управляющих воздействий осуществляется по направлению нормали к границе области предельных режимов ЭЭС.

2. Упрощенный алгоритм выбора УВ по способу I-ДО, основанный на математическом описании режима ЭЭС в виде линеаризованной системы уравнений баланса активных мощностей узлов. С помощью этой модели на основе системы критериальных неравенств анализируются условия существования доаварийного и послеаварийного режима.

### 3. Алгоритм выбора УВ по способу II-ДО.

Вычислительных ресурсов УВК достаточно для того, чтобы одновременно работали все три алгоритма. В случае, если для некоторого ПО управление выбрано несколькими алгоритмами, предпочтение отдается дозировке, выбранной алгоритмом с наивысшим приоритетом. Длительность цикла выбора УВ составляет 100 – 300 мс, в зависимости от качества доаварийной информации.

Частота обновления данных текущего режима составляет:

- локальная информация, вводимая непосредственно на ПС Итатская – 1 с;
- телемеханическая информация – от 4 до 8 с.

При этом цикл выбора дозировки запускается по факту обновления локальной информации.

По факту фиксации определенного аварийного сигнала (срабатывания пускового органа) УВК выставляет текущую дозировку управляющих воздействий. Время реакции комплекса определяется настройкой операционной системы QNX и в настоящее время составляет 2 мс. После срабатывания выбор управляющих воздействий приостанавливается на 30 с.

В процессе промышленной эксплуатации УВК ложных срабатываний зафиксировано не было. Во всех случаях срабатываний УВК комплекс действовал в соответствии с настройкой.

### ***Реконструкция системы сбора и передачи доаварийной информации***

Опыт эксплуатации УВК показал, что существующая система сбора и передачи доаварийной информации не обеспечивает необходимой избыточности информации с точки зрения выбора управления по способу I-ДО, поэтому потеря части информации в случае, например, выхода из строя канала телемеханики, может приводить к потере наблюдаемости района управления. Кроме того, на выбор управления по способу I-ДО оказывают влияние следующие факторы:

- объем представления сети 500 кВ;
- точность и качество схемы замещения;
- надежность существующих каналов телемеханики.
- качество телемеханической информации.

Учитывая влияние этих факторов, в особенности в части каналов телемеханики, необходимо отметить, что в ряде ремонтных схем, а также в случае потери части информации не удастся выбрать управляющее воздействие ни по полной, ни по упрощенной моделям вследствие потери наблюдаемости района управления.

В связи с вышеизложенным, в настоящее время проводятся работы по реконструкции системы сбора и передачи доаварийной информации на ПС Итатская. По завершении реконструкции в УВК АДВ будут вводиться данные текущего режима сети 500 и 220 кВ западной и центральной части ОЭС Сибири, в количестве:

- 296 аналоговых параметров;
- 244 дискретных параметра.

Соответствующим образом корректируется математическая модель района управления для алгоритмов выбора УВ по способу I-ДО.

В связи с вводом в эксплуатацию новых энергообъектов (например, ПС 500 кВ «Алюминиевая»), увеличивается состав пусковых органов, изменяется состав управляющих воздействий (в частности, вводится ступень ОН на САЗ).

### ***Разработка КСПА ОЭС Сибири и вопросы интеграции УВК АДВ ПС «Итатская-1150» в КСПА***

В настоящее время ЗАО ИАЭС ведутся проектные работы по созданию КСПА ОЭС Сибири. Разработана концепция развития системы ПАУ ОЭС Сибири, выполнен проект координирующего центра ПАУ ОЭС Сибири (КАДВ), определена структура и состав комплекса технических средств КАДВ.

В соответствии с проведенным анализом в ОЭС Сибири выделено 11 районов управления:

- район управления Западный 1 с центром дозировки на ПС 500 кВ Таврическая;
- район управления Западный 2 с центром дозировки на ПС 1150 кВ Алтай;
- район управления Центральный 1 с центром дозировки на ПС 1150 кВ Итатская;
- район управления Центральный 2 с центром дозировки на ПС 500 кВ Ново-Красноярская;
- район управления Центральный 3 с центром дозировки на Богучанской ГЭС;
- район управления Восточный 1 с центром дозировки на Братском переключательном пункте (БПП);
- район управления Восточный 2 с центром дозировки на Усть-Илимской ГЭС;
- район управления Восточный 3 с центром дозировки на Братской ГЭС;
- район управления Восточный 4 с центром дозировки на Гусиноозерской ГРЭС;
- район управления Восточный 5 с центром дозировки на ПС 500 кВ Читинская;

- район управления Восточный 6 с центром дозирования на Харанорской ГРЭС.

Рассматривая задачу координации региональных комплексов противоаварийного управления можно выделить две основные ее составляющие:

1. Обеспечить тем или иным способом комплексы противоаварийного управления каждого из районов необходимой схемно-режимной информацией смежных районов и необходимой информацией об ограничениях при управлении по условиям смежного района;

2. Обеспечить возможность управления комплексом противоаварийного управления не только в районе им контролируемым, но и в любом другом смежном районе, где это необходимо.

Первая составляющая обусловлена тем, что для энергосистемы, представляемой в виде «условно независимых» районов, выбор управления в каждом из них должен производиться не только по параметрам своего района, но и с учетом ряда схемно-режимных параметров других районов.

Вторая составляющая задачи координации обусловлена тем, что в системе с «условно независимыми» районами в ряде случаев использование ресурса управления собственного района недостаточно и требуется привлечение средств управления в других районах системы, или совместное использование управления в нескольких районах является более оптимальным.

Для осуществления этих двух составляющих требуется координация региональных управляющих комплексов (РАДВ) посредством координирующего комплекса (КАДВ) ОДУ Сибири, располагающего необходимой информацией.

Таким образом, в рамках иерархической структуры ПАУ координирующий централизованный комплекс (КАДВ), с целью координации работы региональных управляющих комплексов (РАДВ), одним из которых является УВК АДВ ПС «Итатская-1150», решает следующие задачи:

1. Выбор управляющих воздействий для тех пусковых органов, для которых невозможен выбор управления по данным текущего режима, имеющимся в распоряжении РАДВ, с последующей передачей дозирования на уровень РАДВ, и настройкой РАДВ для таких пусковых органов в качестве удаленного АЗД.

2. Уточнение параметров математической модели, используемой в РАДВ для выбора управления, и передача этих данных РАДВ.

3. Сравнение, для определенных пусковых органов, дозирования, выбранной РАДВ по данным текущего режима, с дозировкой, выбранной КАДВ, и принятие решения (настройка РАДВ в качестве удаленного АЗД, информирование дежурного персонала и т.д.) в случае расхождения дозирования.

4. Сбор информации, в частности, параметров текущего режима, вводимых непосредственно в РАДВ, дозирования, выбранной РАДВ, и других данных, необходимых на верхнем уровне.

Для связи КАДВ с РАДВ предполагается использование цифровых каналов связи пропускной способностью от 64 Кбит/с, с использованием протоколов семейства TCP/IP в качестве протоколов транспортного уровня. В настоящее время канал связи между ОДУ Сибири и УВК АДВ ПС Итатская введен в эксплуатацию.

В случае нарушения связи между КАДВ и РАДВ, последний продолжает выбор управления согласно данным текущего режима, имеющимся в его распоряжении. С учетом реконструкции системы сбора и передачи доаварийной информации, выбор УВ на ПС Итатская в этом случае может осуществляться по способу I-ДО.

В настоящее время ЗАО ИАЭС разработан и тестируется протокол обмена информацией между КАДВ и РАДВ. В качестве протокола выбран МЭК 870-5-104, как удовлетворяющий требованиям:

- производительности;
- предсказуемости времени доставки информации;
- помехоустойчивости;
- возможности передачи различных типов данных;
- возможности передачи описателей качества информации.

В ОДУ Сибири установлен макет КАДВ, на котором тестируется математическая модель ОЭС Сибири и работа алгоритмов выбора УВ по способу I-ДО, по данным текущего режима, имеющимся в ОИК ОДУ Сибири.

#### Литература

1. Аржанников С.Г., Захаркин О.В., Петров А.М. Управление активной мощностью электростанций с целью сохранения устойчивости послеаварийных режимов ЭЭС // Передача энергии переменным током на дальние и сверхдальние расстояния: Труды международной научно-практической конференции, том 2. – Новосибирск, СибНИИЭ, 2003.
2. Реконструкция вычислительного комплекса противоаварийной автоматики западной и центральной части ОЭС Сибири, установленного на ПС Итатская. Техническое задание. – СИЭСП, 1995. Инв.№ 230-16-т1.

3. Реконструкция вычислительного комплекса противоаварийной автоматики западной части ОЭС Сибири, установленного на п/с Итатская. Этап 1.2. Корректировка принципиальных и полных схем в связи с заменой оборудования управляющей и информационной подсистем УВК ПА. Инв.№ 230-16-т2-к1. Книга 1. Разработка принципиальных и полных схем устройства АДВ на п/с Итатская. – ЗАО «ИАЭС», Новосибирск, 2001.
4. Создание системы сбора и передачи информации комплекса ПА Западной и Центральной части ОЭС Сибири. Этап I. Разработка принципиальных и полных схем привязки устройств ПА к новой аппаратуре сбора и передачи информации. Книга 1. Разработка принципиальных и полных схем привязки устройств ПА на ПС Итатская. Инв.№ 230-И/03-16-т1-к1. – ЗАО «ИАЭС», Новосибирск, 2003.
5. Разработка схемы развития противоаварийного управления ОЭС Сибири. Этап 1. Анализ текущего состояния системы противоаварийного управления (ПАУ) ОЭС Сибири, оценка эффективности, общий подход к развитию и совершенствованию, режимы работы, устойчивоспособность и управляемость. Инв.№ 01-ОЭС/03-16-т1. – ЗАО «ИАЭС», Новосибирск, 2003.
6. Проект координирующего центра противоаварийного управления ОЭС Сибири (КАДВ). Этап 4. Разработка принципов и протокола обмена КАДВ с районными и локальными комплексами ПАУ. Разработка алгоритмов удаленного изменения настройки для УВК АДВ ПС Итатская 1150. Инв.№ 02 -ОЭС/04-16-т4 – ЗАО «ИАЭС», Новосибирск, 2005.