

# УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ СХЕМЫ НА БАЗЕ КПА-М

Ильиных Р.С., Ландман А.К., Петров А.М., Петров А.Э., Сакаев О.О.

ЗАО «ИАЭС»

## *Аннотация*

Решение большинства задач противоаварийного управления основывается на информации о текущей схеме сети. В настоящее время актуальной является разработка унифицированного устройства контроля состояния элементов схемы и схемы в целом (КСС), позволяющего решать весь спектр задач получения информации о текущей схеме. В статье рассматриваются подходы и результаты работ в направлении разработки унифицированного устройства КСС.

Решение большинства задач противоаварийного управления (ПАУ) основывается на информации о текущей схеме сети. Это характерно как для задач, решаемых локальными устройствами противоаварийной автоматики (ПА) (АОПН, АПТП и т.п.), так и для задач общесистемных устройств ПА (АПНУ). Информация о схеме может служить для:

- выявления аварийного возмущения (АВ);
- определения величин требуемых управляющих воздействий (УВ);
- определения мест приложения УВ;
- отстройки от необслуживаемых АВ.

Источником такой информации, на данный момент, служат устройства фиксации отключения элемента (ФОЭ) электрической схемы электроэнергетической системы (линии (ФОЛ), трансформаторов (ФОТ), генератора (ФОГ) и др). Эти устройства до последнего времени выполнялись на базе электромеханических реле. Большая часть из эксплуатируемых устройств уже выработали свой ресурс и требуют реконструкции. В этой связи, наряду с широким внедрением новых энергообъектов, становится актуальной разработка унифицированного устройства контроля состояния элементов схемы и схемы объекта управления в целом (КСС), позволяющего решать весь спектр задач получения информации о текущей схеме сети.

В качестве отправной точки при разработке устройства КСС был выбран подход решения задачи «от общего к частному», при котором задача фиксации отключения линии, автотрансформатора, является частным случаем задачи фиксации состояния элемента схемы, а та, в свою очередь, частным случаем задачи контроля состояния схемы. Данный подход позволяет эффективно решать задачи, связанные с необходимостью контролировать отключение/включение нескольких присоединений на подстанции в качестве одного целого, а не отдельных составляющих. С точки зрения эксплуатационных характеристик, при разработке устройства КСС ставилась задача:

- выполнить устройство функционально законченным;
- формализовать процесс проектирования, привязки и настройки устройства;
- сделать настройку устройства максимально простой.

В последнее время широкое распространение получили микропроцессорные устройства ПА, алгоритмическое обеспечение которых строится на базе «лестничной логики». Данный подход обладает очевидными положительными чертами:

- использование накопленного опыта проектирования;
- использование технологических языков программирования, что позволяет сократить время разработки программного обеспечения (ПО);
- доступность нотации исходных текстов ПО для понимания инженеров-технологов.

Однако «оборотной стороной медали» является повторение на новой элементной базе существующих релейных схем (со всеми их достоинствами и недостатками (при этом, надо учитывать, что принципы и схемы определялись физическими особенностями применяемой элементной базы), а расширение функциональности новых устройств идет в направлении увеличения количества контролируемых параметров, добавление новых сервисных функций, не связанных, непосредственно, с алгоритмом противоаварийного управления. Данное направление можно охарактеризовать больше как экстенсивное и не приводящее к качественным изменениям в технологии функционирования устройств ПА.

Устройство ФОЛ является частным случаем, хорошо иллюстрирующим сложившуюся ситуацию. Это связано прежде всего с тем, что схема выполнения устройства ФОЛ находится в непосредственной зависимости от топологии распределительного устройства (РУ), причем для схем РУ, отличных от схем, приведенных в альбоме типовых материалов для проектирования, приходится выполнять адаптацию устройства (в [2] отмечается невозможность разработки типовых блоков НКУ устройства ФОЛ линий 220-500кВ по причине зависимости схемной реализации одинаковых функциональных блоков в различных схемах), что значительно усложняет процесс его проектирования и привязки.

Разработка устройства была начата с использования стандартного подхода функциональной декомпозиции задачи, которая естественным образом разделяется на:

1. Пусковой орган (ПО).
2. Избирательный орган (ИО).
3. Орган выдержки времени (ОВ).

В качестве пускового органа может использоваться информация о любой коммутации в схеме РУ (или контролируемой части схемы). Устройство КСС

позволяет оперировать получаемыми сигналами при помощи двоичной логики, формируя различные логические сигналы.

Орган выдержки времени может быть реализован в виде временных задержек на выдачу сигнала. В зависимости от функционального назначения задержка может быть условной или безусловной. Условная задержка предполагает сброс сформированного сигнала при пропадании условий его формирования до истечения времени задержки, а безусловная - выдачу сформированного сигнала по окончании задержки вне зависимости от наличия условий его формирования.

Решение задачи реализации избирательного органа предлагается на основе анализа топологии схемы РУ или какой-то ее части. Результатом данного анализа является информация о соответствии текущей схемы одной из заранее заданных схем. При этом существует ряд специфичных требований, которым должен отвечать программный модуль, реализующий функции ИО, а именно:

- Высокое быстродействие и прогнозируемое (детерминированное) время анализа схемы.
- Возможность работы в обработчике прерывания.
- Высокая надежность.
- Масштабируемость, позволяющая анализировать схемы произвольной размерности.

Исходя из соображений обеспечения простоты и наглядности задания исходных данных предлагается следующее:

В части формирования исходной схемы:

1. Схему предлагается задавать в виде списка узлов, непосредственно связанных между собой через коммутационные аппараты.
2. Если связь осуществляется через несколько коммутационных аппаратов, и между ними нет узлов, состояние которых необходимо отслеживать, в описание схемы может быть подставлено состояние обобщенного коммутационного аппарата, формируемое по состояниям всей цепочки, собранным по условию «И».

В части описания выявляемых схем:

1. Каждую схему предлагается описывать двумя множествами узлов:
  - 1.1. Множеством базовых узлов (узлы, относительно которых рассматривается отделение элемента или элементов схемы).
  - 1.2. Множество отделившихся узлов (элементы схемы, которые отделились).
2. Предложенный подход позволяет описать, как частный случай, и стандартную схему, приведенную в альбоме типовых материалов для проектирования (например, два выключателя на присоединение).

Рассмотрим в качестве примера работу устройства КСС для полutorной схемы РУ (схема 3/2):

Вопрос наличия электрической связи между подстанциями ПС1 и ПС2 решается автоматически, на основе анализа топологии РУ ПС1. При необходимости в схему вводятся сигналы с подстанции ПС2 о состоянии линий с противоположного конца. Наличие информации о состоянии всех коммутационных аппаратов в схеме сети, позволяет анализировать все возможные сочетания в схеме РУ.

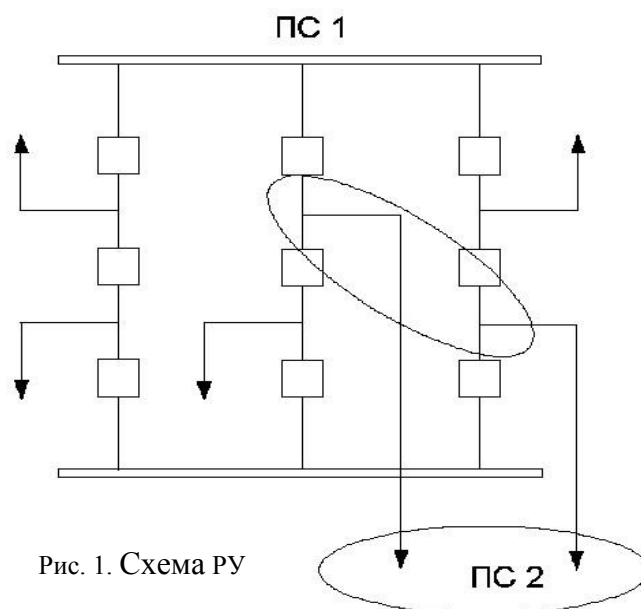
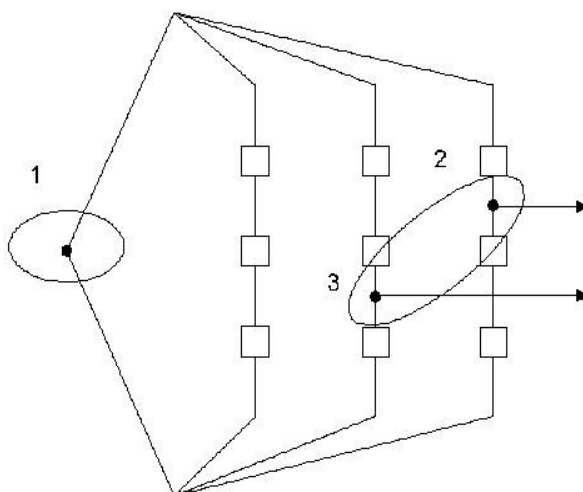


Рис. 1. Схема РУ

Рис. 2 - Топологическая схема РУ



Отключение двух линий рассматривается как нарушение связности между узлом 1 (выбираем его в качестве множества базовых узлов) и узлами 2, 3 (выбираем их в качестве множества отделившихся узлов). Набор узлов в схеме и связи между узлами задаются в табличной форме.

Предложенный подход к решению задачи контроля состояния схемы позволяет:

1. Разделить задачи выявления коммутации в схеме, определения текущей схемы и реализации необходимых задержек формирования и сброса сигналов.
2. Свести процесс проектирования устройства ФОЛ к:
  - 2.1. Заданию схемы РУ или ее части.
  - 2.2. Заданию выявляемых схем путем задания для каждой схемы множества базовых узлов и множества отделившихся узлов.
  - 2.3. Заданию необходимых задержек.

Необходимо отметить, что процесс проектирования хорошо формализуется, и не зависит от схемы РУ.

3. Позволяет автоматически учесть включение линии через обходной выключатель.

4. Фиксировать отключение/включение любого элемента или группы элементов схемы, причем то что фиксируется, определяется заданными исходными данными.

Устройство КСС с использованием вышеизложенного подхода реализовано на базе multifunctional комплекса противоаварийной автоматики (КПА-М), разработанного и выпускаемого Институтом автоматизации энергетических систем совместно с ЗАО «Модульные системы Торнадо».

### *Литература*

1. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. М.: Мир, 1978.
2. Типовые материалы для проектирования. Принципиальные схемы устройств фиксации отключения линий 220-500 кВ. - Киевский ОКП Украинского отделения института «Энергосетьпроект», 1988.

### *Об авторах*

Ильиных Роман Сергеевич – ЗАО «Институт автоматизации энергетических систем», старший инженер. Тел. (383) 3630265; e-mail: [irs@iaes.ru](mailto:irs@iaes.ru)

Ландман Аркадий Константинович – ЗАО «Институт автоматизации энергетических систем», заместитель генерального директора, к.т.н. Тел. (383) 3630265; e-mail: [landman@iaes.ru](mailto:landman@iaes.ru)

Петров Александр Михайлович – ЗАО «Институт автоматизации энергетических систем», генеральный директор, к.т.н. Тел. (383) 3630265; e-mail: [petrov@iaes.ru](mailto:petrov@iaes.ru)

Петров Алексей Эдуардович – ЗАО «Институт автоматизации энергетических систем», технический директор. Тел. (383) 3630265; e-mail: [alexey@iaes.ru](mailto:alexey@iaes.ru)

Сакаев Оскар Олегович – ЗАО «Институт автоматизации энергетических систем», главный специалист. Тел. (383) 3630265; e-mail: [oskar@iaes.ru](mailto:oskar@iaes.ru)