

Формирование алгоритмов оперативной блокировки по информационным моделям однолинейных схем электроустановок

- Трофимов А. В.², канд. техн. наук, Национальный исследовательский университет “Московский энергетический институт”, Москва
- Поляков А. М., канд. техн. наук, Национальный исследовательский университет “Московский энергетический институт”, Москва
- Абдухалилов Г. А., Национальный исследовательский университет “Московский энергетический институт”, Москва
- Горбунов Р. А., ООО “СетьСтройПроект”, г. Чебоксары

Рассмотрены методы автоматизированного формирования алгоритмов оперативной блокировки коммутационных аппаратов. Алгоритмы строятся на базе информации о главной схеме электроустановки, описанной в соответствии с МЭК 61850 (“Сети и системы связи на подстанциях”). Формирование алгоритмов осуществляется в рамках системы автоматизированного проектирования цепей вторичной коммутации.

Ключевые слова: автоматизированные системы управления технологическими процессами электроустановок, системы автоматизированного проектирования, вторичные цепи, интеллектуальные электронные устройства, оперативные блокировки.

Одной из существенных задач при проектировании вторичных цепей электроустановок является формирование алгоритмов и схем цепей оперативной блокировки коммутационных аппаратов. Разработка рабочей документации на вторичные цепи электроустановок представляет собой трудоёмкий процесс, связанный с выпуском большого количества взаимосвязанных документов (принципиальные электрические схемы, схемы кабельных связей, схемы соединений и подключения рядов зажимов и др.). Существенное повышение производительности труда и качества проекта может быть получено за счёт использования средств автоматизированного проектирования, обеспечивающих формирование монтажной документации по принципиальным схемам [1].

Реализация АСУТП (автоматизированные системы управления технологическими процессами) электроустановок на базе микропроцессорных средств во многом изменила подходы к проектированию вторичных цепей.

При традиционной технике цепи блокировки формировались на основе соединения необходимых блок-контактов коммутационных аппаратов с помощью контрольного кабеля. При этом возникало большое количество перекрёстных связей меж-

ду шкафами управления и, соответственно, множество кабельных связей.

При реализации блокировок на микропроцессорной технике информация о состоянии коммутационного аппарата от блок-контактов заводится в контроллер присоединения 1 раз, а затем обмен данными ведётся по цифровым сетям. В частности, при реализации АСУТП в соответствии с МЭК 61850 (“Сети и системы связи на подстанциях”) для обмена информацией используется шина станции в виде GOOSE-сообщений.

В обоих случаях необходимо формировать схему цепей или алгоритм оперативной блокировки на основе главной схемы электроустановки, отражающий как состав оборудования, так и соединение его элементов. Существуют определённые правила их формирования.

В соответствии со стандартом МЭК 61850, разработка систем автоматизации подстанций начинается с формирования модели однолинейной электрической схемы. На рис. 1 изображён фрагмент информационной модели [2], связанный с хранением данных о первичном оборудовании. Эта модель несёт информацию как о самом оборудовании (в частности, выключатели и разъединители), его принадлежности к определённым распределительным устройствам (уровень напряжения) и присоединениям, так и о топологии схемы (выводы оборудования и узлы связи).

¹ Продолжение подборки статей, посвящённых 85-летию МЭИ. Начало см. «Электрические станции», 2015, № 6.

² Трофимов Алексей Валентинович: trofimovav@mpei.ru

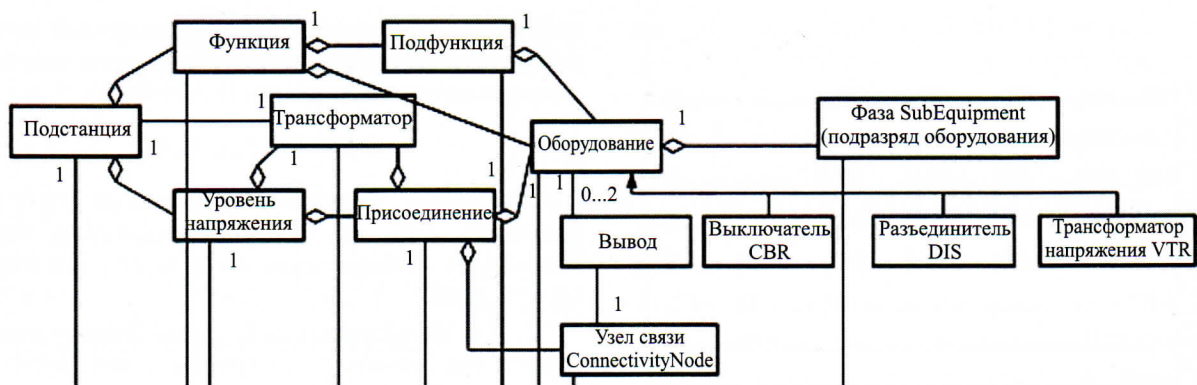


Рис. 1. Фрагмент информационной модели главной схемы МЭК 61850

В рамках стандарта МЭК 61850 эта модель используется для привязки к первичному оборудованию информации о логических узлах, с помощью которых реализуется цифровой обмен данными между алгоритмами управления и защит, выполняемыми различными интеллектуальными электронными устройствами. Эти же данные могут быть применены для автоматизации решения других задач, возникающих при проектировании АСУ ТП электроустановок. В частности, информация о подключении оборудования может быть использована при формировании алгоритмов оперативных блокировок. Разработчику предлагается прототип схемы блокировки для возможной дальнейшей коррекции.

Оперативные блокировки (ОБ) формируются для разъединителей и заземляющих ножей. Алгоритм формирования прототипа оперативных блокировок должен опираться на основные принципы, приведённые в [3 – 6]. В соответствии с ними исключаются:

- оперирование разъединителями под нагрузкой;
- включение заземляющего ножа на участке цепи, не отделённом разъединителями от участков под напряжением;

- возможность подачи напряжения на заземлённый участок цепи разъединителем (со всех сторон, откуда может быть подано напряжение на заземляемый участок, должны быть организованы видимые разрывы силовых цепей);

- возможность подачи напряжения выключателем на заземлённый участок цепи. Это достигается тем, что от других участков цепей выключатель отделяется с обеих сторон разъединителями, сблокированными с заземляющими ножами таким образом, что включение заземляющего ножа с одной стороны выключателя оказывается возможным только при отключённом разъединителе с другой стороны выключателя и, наоборот, включение разъединителя с одной стороны выключателя возможно при отключённом заземляющем ноже с другой стороны выключателя.

Для решения о блокировке управления коммутационным аппаратом необходима следующая информация:

- о положении коммутационных аппаратов управляемой ячейки, иногда о параметрах режима присоединения;

- о положении смежных аппаратов, иногда о параметрах режима присоединений;

- о внешних разрешениях (для добавления специальных условий блокировки, например верхнего уровня АСУ).

В последнее время всё чаще применяются схемы распределительных устройств кольцевого типа [7]. Рассмотрим алгоритм формирования шаблона схемы оперативных блокировок на примере про-

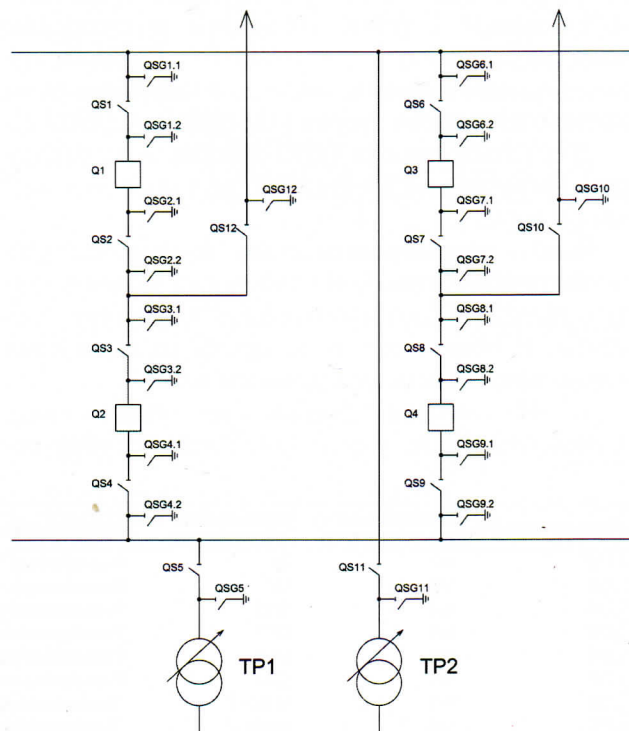


Рис. 2. Пример схемы четырёхугольника:

Q – выключатель; QS – разъединитель; QSG – заземляющий нож

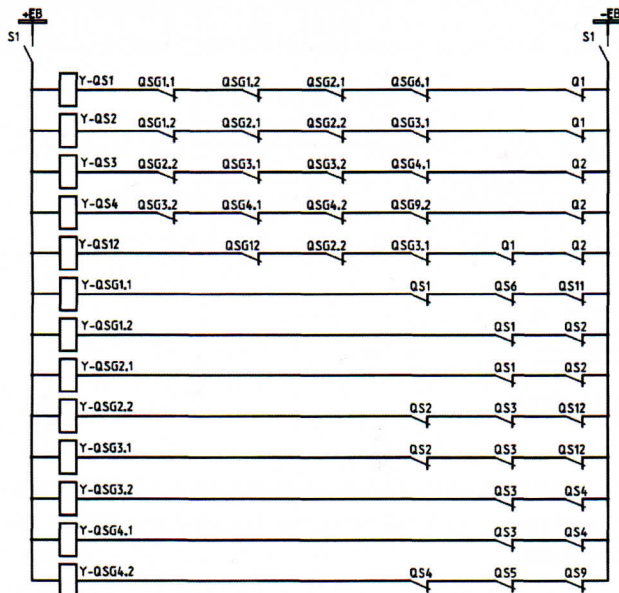


Рис. 3. Пример схемы блокировки

стейшей кольцевой схемы – четырёхугольника (рис. 2).

Состояние коммутационных аппаратов определяется блок-контактами выключателей – Qi , разъединителей – QSi , заземляющих ножей разъединителей – $QSGi$.

Рассмотрим схему блокировки разъединителя QSI . Для того, чтобы оперировать данным аппаратом, должны быть соблюдены следующие условия: отключена нагрузка в соответствующем узле схемы (отключён выключатель $Q1$, непосредственно связанный с QSI); отключены заземляющие ножи разъединителя QSI ($QSG1.1$, $QSG1.2$); отключены заземляющие ножи до ближайших разъединителей с обеих сторон QSI ($QSG6.1$, $QSG2.1$).

Для разъединителя $QSI2$ должна быть отключена нагрузка выключателями двух соседних ветвей $Q1$ и $Q2$.

Чтобы сформировать схему блокировки QSI автоматически, нужно по топологии главной схемы определить соответствующие “влияющие” элементы. В общих чертах алгоритм их выявления можно представить в следующем виде.

1. На основе данных об узлах связи (ConnectivityNode) и выводах (Terminal) оборудо-

вания (рис. 1) создать граф, описываемый множеством узловых пар, ветвями которого являются коммутационные аппараты (КА) схемы:

$$G0 = \{N1i, N2i, Pi, Ti\},$$

где $N1i$, $N2i$ – начальный и конечный узлы подключения i -го КА (для заземляющих ножей $N2i = 0$); Pi – обозначение i -го КА; Ti – тип i -го КА (Q , QS , QSG);

2. Для разъединителя k , схема блокировки которого составляется, построить новый граф $G1$, “закоротив” ветвь элемента k (присвоить всем узлам в графе $G0$ с номером $N2k$ значение $N1k$);

3. Для выявления непосредственно связанных с узлом $N1k$ выключателей по графу $G1$ определить множество “влияющих” выключателей, у которых начальный или конечный узел равен $N1k$;

4. Если непосредственно связанных выключателей не обнаружено, то для выявления связанных с узлом $N1k$ выключателей соседних ветвей по графу $G1$ построить граф $G2$, закоротив ветви всех разъединителей. По графу $G2$ сформировать множество “влияющих” выключателей (у которых начальный или конечный узел равен $N1k$);

5. Для выявления связанных с узлом $N1k$ заземляющих ножей по графу $G1$ построить граф $G3$, закоротив ветви всех выключателей. По графу $G3$ сформировать множество “влияющих” заземляющих ножей (у которых начальный узел равен $N1k$).

Этот алгоритм может быть выполнен последовательно для всех разъединителей схемы.

Рассмотрим схему блокировки заземляющего ножа $QSG1.1$. Для того, чтобы оперировать данным аппаратом, необходимо отключить разъединители со всех сторон, откуда может быть подано напряжение, дабы исключить возможности заземления участка под напряжением (QSI , $QSG6$ и $QSI1$).

Алгоритм построения схемы блокировки для заземляющего ножа k может быть реализован таким образом. Для выявления связанных с узлом $N1k$ разъединителей по графу $G0$ построить граф $G4$, закоротив ветви всех выключателей. По графу $G4$ формируется множество “влияющих” разъединителей (у которых начальный или конечный узел равен $N1k$).

Обозначение РУ	Обозначение присоединения	Обозначение оборудования	Вид оборудования	Блокировка
220	W1	Q1	Выключатель	
220	W1	Q2	Выключатель	
220	W1	QSI	Разъединитель	QSG1 1/0 AND QSG1 2/0 AND QSG2 1/0 AND QSG6 1/0 AND Q1/0
220	W1	QS2	Разъединитель	QSG1 2/0 AND QSG2 1/0 AND QSG2 2/0 AND QSG3 1/0 AND Q1/0
220	W1	QS3	Разъединитель	QSG2 2/0 AND QSG3 1/0 AND QSG3 2/0 AND QSG4 1/0 AND Q2/0
220	W1	QS4	Разъединитель	QSG3 2/0 AND QSG4 1/0 AND QSG4 2/0 AND QSG9 2/0 AND Q2/0
220	W1	QSG1.1	Заземляющий нож	QSI/0 AND QSG6/0 AND QSI1/0
220	W1	QSG1.2	Заземляющий нож	QSI/0 AND QSI2/0
220	W1	QSG2.1	Заземляющий нож	QSI/0 AND QSI2/0
220	W1	QSG2.2	Заземляющий нож	QSI2/0 AND QSI3/0 AND QSI12/0

Рис. 4. Фрагмент таблицы оборудования с описанием схем блокировки

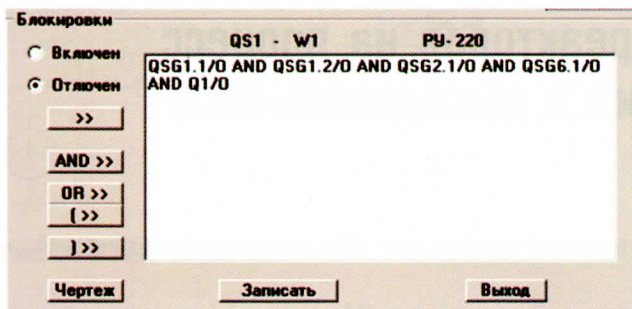


Рис. 5. Редактор формул схем блокировок

Этот алгоритм может быть выполнен последовательно для всех заземляющих ножей схемы.

Сгенерированные прототипы схем блокировок для КА могут быть представлены в виде логических формул. При этом в качестве переменных выступают обозначения аппаратов с признаком включённого или выключенного состояний (например, разъединитель $QS1$ включён $QS1/I$, отключён $QS1/O$), а в качестве операций – логические операции И и ИЛИ. Для рассмотренных примеров:

Блокировка $QS1 = QSG1.1/O \text{ AND } QSG1.2/O \text{ AND } QSG2.1/O \text{ AND } QSG6.1/O \text{ AND } Q1/O$.

Блокировка $QSG1.1 = QS1/O \text{ AND } QS6/O \text{ AND } QS11/O$.

На основе таких формул могут быть однозначно воспроизведены схема или алгоритм блокировки в различных формах. На рис. 3 представлены алгоритмы блокировок для рассмотренной однолинейной схемы в виде традиционной релейной схемы. На основе грамматического анализа формул такая схема может быть начерчена автоматически.

Информация о схемах блокировки должна храниться в базе данных проекта. Для первичного оборудования в дополнение к рассмотренным ранее атрибутам должно быть добавлено поле для формул блокировки. На рис. 4 представлен фрагмент таблицы оборудования, включающий поле описания блокировок.

Как уже отмечалось, автоматически формируется прототип алгоритма блокировок, и может потребоваться его корректировка. Если в алгоритм блокировки необходимо внести какие-то уточнения и добавления, то они могут быть реализованы с помощью простейшего калькулятора формул

(рис. 5). Формула может быть набрана по базе данных оборудования или однолинейной схеме.

При использовании переносных заземлений на главной схеме может быть указана их возможная точка подключения, и они также автоматически будут учтены рассмотренным алгоритмом.

Выводы

1. Для полноты представления информации в системе автоматизированного проектирования (САПР) вторичных цепей целесообразно иметь средства обработки однолинейных схем электроустановок, поддерживающих наполнение информационной модели в соответствии со стандартом МЭК 61850.

2. Предложены средства автоматизированного формирования алгоритмов оперативных блокировок на основе главной схемы, позволяющие существенно сократить трудозатраты и вероятность появления ошибок при разработке рабочей документации в рамках САПР цепей вторичной коммутации.

3. Представленный алгоритм формирования оперативной блокировки позволяет формировать логические цепочки для большинства типовых схем распределительных устройств.

Список литературы

1. Трофимов А. В. Автоматизация проектирования вторичных цепей электрических станций и подстанций. – Электрические станции, 2009, № 10.
2. ГОСТ Р МЭК 61850-6-2009. Сети и системы связи на подстанциях. Часть 6. Язык описания конфигурации для связи между интеллектуальными электронными устройствами на электрических подстанциях. М.: Стандартинформ, 2011.
3. РД 34.35.512. Инструкция по эксплуатации оперативных блокировок безопасности в распределительных устройствах высокого напряжения. М.: Союзтехэнерго, 1979.
4. СО 153-34.20.505-2003. Инструкция по переключениям в электрических установках. М.: Изд-во НИЦ ЭНАС, 2004.
5. СО 153-34.20.501-2003. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. М.: Энергосервис, 2003.
6. Порядок организации оперативной блокировки на подстанциях нового поколения. Распоряжение № 276р от 05.05.2010 ОАО «ФСК ЕЭС», 2010.
7. СТО 56947007-29.240.30.010-2008 Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35 – 750 кВ. Типовые решения. ОАО «ФСК ЕЭС», 2007.