



**Авторы:**  
 к.т.н. В.А. Наумов,  
 Р.В. Разумов,  
 А.А. Петров,  
 ООО НПП «ЭКРА»,  
 г. Чебоксары.

# ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ШУНТИРУЮЩИМИ РЕАКТОРАМИ В ШКАФАХ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ СЕРИИ ШЭЭ22Х ПРОИЗВОДСТВА ООО НПП «ЭКРА»

Аннотация: рассмотрен способ безопасного управления шунтирующими реакторами от действия устройств ПА для повышения устойчивости межсистемных связей.

**Ключевые слова:**  
 противоаварийная автоматика, устойчивость, шунтирующие реакторы, шкафы серии ШЭЭ22Х.



**Наумов Владимир Александрович.**

Дата рождения: 11.07.1979 г.  
 Окончил Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова в 2001 г. по спец. инженер, в 2002г. — по спец. магистр техники и технологии, защитил кандидатскую диссертацию во ВНИИЭ в 2005 г. Заведующий отделом РЗА станционного оборудования ООО НПП «ЭКРА».

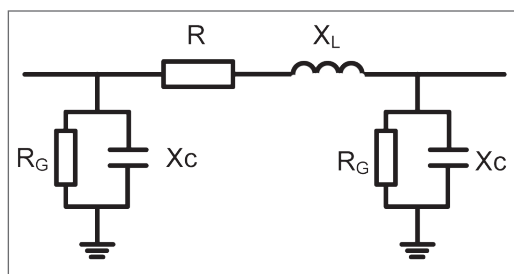
Обеспечение устойчивой работы энергосистем и энергообъединений при возникновении перенапряжений на линиях сверхвысокого напряжения 330 кВ и выше требует применения специальных устройств противоаварийной автоматики с реализацией в них функций не просто контроля фактов повышения напряжения, но и с реализацией функций управления по компенсации реактивной мощности для оптимизации уровней напряжений [1, 3, 5, 7, 8]. Так, к примеру, при одностороннем отключении (работа линии «на холостом ходу») генерируемая линией реактивная мощность может вызвать значительное перенапряжение как на разомкнутом конце линии, так и на шинах самой подстанции. Величина повышения напряжения напрямую зависит от эквивалентного индуктивного сопротивления системы ХСИСТ, а также параметров линии. Так, чем сопротивление ХСИСТ больше, тем меньше мощность этой системы и тем перенапряжение на линии будет выше при ее одностороннем отключении. Эквивалентные параметры индуктивного и емкостного сопротивлений линии XL и XC зависят от длины линии. Тем самым, чем более протя-

женная линия, тем больше XL и тем меньше XC. Это означает, что чем протяженнее линия, тем большее перенапряжение вызывает ее работа на холостом ходу с отключенного конца, а также на шинах подстанции. Именно этим и обусловлено возможное применение устройств АОПН и на линиях 220 кВ большой протяженности [4, 6].

Опасность перенапряжений, описанных выше, обусловлена негативным их влиянием на оборудование, преждевременным старением изоляции и, как следствие, более ранним выходом его из строя.

Для обеспечения минимального влияния перенапряжений и обеспечения работы энергосистемы с требуемым запасом устойчивости применяются устройства противоаварийного управления, а именно: автоматика ограничения повышения напряжения (далее АОПН), а также автоматика управления шунтирующим реактором (далее АУР) в местах, где эти реакторы установлены. Применение шунтирующих реакторов и управление ими от средств противоаварийной автоматики позволяет устранить негативное влияние емкостного сопротивления линии, что в целом повышает устойчивость энергообъединений и системных связей.

Управляющие воздействия при выявлении фактов повышения напряжения направлены, во-первых, на включение шунтирующих реакторов с целью компенсации перенапряжения, во-вторых, на отключение именно той линии, на которой возникли факторы, вызвавшие повышение напряжения (для чего в устройстве АОПН реализован не просто контроль рабо-



**Рис. 1. Схема замещения линии**



ты линии на холостом ходу, но и контроль стока реактивной мощности), и, в-третьих, на отключение смежных присоединений (линий, трансформаторной связи), когда действие первых двух управляющих воздействий было неэффективно. Отключение смежных присоединений выполняется от действия функции УРОВ АОПН, которая так же, как АОПН и АУР, реализуются в одном устройстве.

Управление шунтирующими реакторами обеспечивается от двухступенчатой АОПН. В случае если на объекте управления (подстанции, станции) шунтирующие реакторы отсутствуют, то чаще всего требуется лишь одна ступень АОПН (вторая может быть выведена). Согласно допустимым уровням перенапряжений, уставки срабатывания первой ступени АОПН выбираются в диапазоне  $(1.1 \div 1.25) \cdot U_{ном}$ , и действие осуществляется с выдержкой времени, уставки срабатывания второй ступени –  $(1.25 \div 1.40) \cdot U_{ном}$ .

От места своей установки шунти-

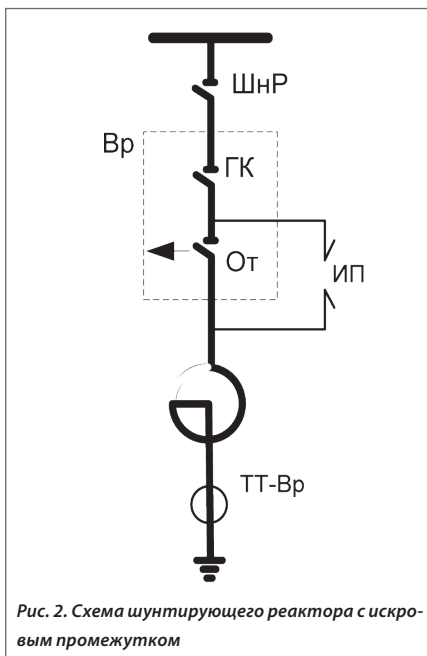


Рис. 2. Схема шунтирующего реактора с искровым промежутком

рующие реакторы делятся на линейные и шинные. Часто применяются специальные реакторы с безынерционным автоматическим включением через искровой промежуток (схема приведе-

на на рис. 2). Конструктивно искровой промежуток «ИП» устанавливается параллельно отделителю «От» выключателя Вр, который стоит в разомкнутом положении при отключенном выключателе. В случае возникновения перенапряжения искровой промежуток пробивается, от чего происходит безынерционное включение шунтирующего реактора через электрическую дугу на электродах искрового промежутка «ИП».

При появлении тока выше заданной уставки через трансформатор тока ТТ-Вр и фиксации отключенного положения выключателя Вр автоматика АУР производит выдачу управляющего воздействия на включение выключателя реактора. Включением выключателя замыкается контакт отделителя «От» и тем самым шунтируется искровой промежуток. Дуга на электродах искрового промежутка гаснет, и реактор остается включенным через выключатель Вр.

При срабатывании релейной защиты реактора и получении соответствующего сигнала функция АУР выдает управляющее воздействие на отключение выключателя реактора и через выдержку времени с контролем тока через ТТ-Вр осуществляет отключение разъединителя реактора ШНР, после чего все управляющие воздействия на управление реактором блокируются до момента ручной деблокировки алгоритма [7, 8, 9].

Отключение выключателя реактора производится при снижении напряжения до допустимого нормального уровня, когда компенсация реактивной составляющей уже не требуется. Отключение осуществляется от действия АОСН, реализованного в устройстве АУР. Команды на управление реактором, а именно его включение и отключение, осуществляются при получении соответствующих сигналов от устройств передатчиков УПАСК, получаемых с противоположного конца линии. В случае выхода из строя каналов связи с прилегающих подстанций алгоритм предусмотрено ручное дублирование команд управления шунтирующими реакторами.

Изложенный принцип компенсации емкостного сопротивления линии с целью повышения устойчивости сетей сверхвысокого напряжения классов 330-750 кВ [2, 4, 6] реализован в типовых шкафах линейной противоаварийной автоматики ШЭЭ223-0301 – для первичной схемы с линейным шунтирующим реактором (рис. 3), и ШЭЭ223-0401 – для первичной схемы с шинными шунтирующими реакторами (рис. 4). Выбор шунтирующего реактора с искровым промежутком либо без него в шкафах автоматики выполняется программно.

Шкаф линейной противоаварийной автоматики ШЭЭ223-0301 (для первичной схемы рис. 3) реализует в себе функции основного и резервного АЛАР (основной работает по принципу моделирования угла между напряжением своей стороны и противоположной стороны линии, в качестве резервного применяется токовый АЛАР), автоматики ограничения повышения напряжения (АОПН), устройства резервирования при отказе выключателя от действия АОПН (УРОВ АОПН), разгруз-

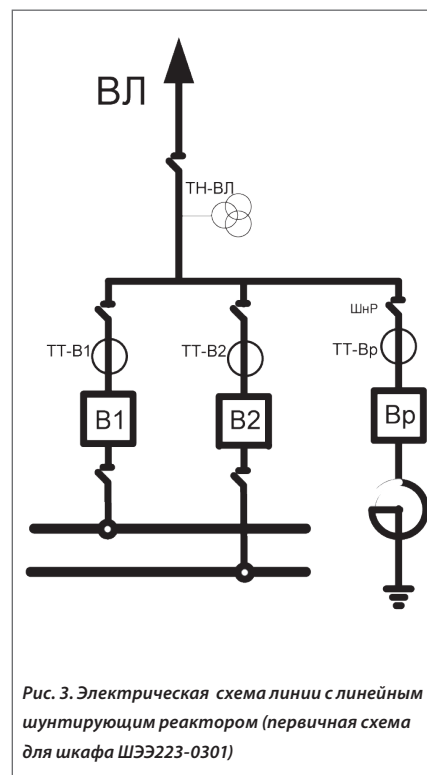


Рис. 3. Электрическая схема линии с линейным шунтирующим реактором (первичная схема для шкафа ШЭЭ223-0301)



**Разумов Роман Вадимович.**

Дата рождения: 14.01.1986 г.  
Окончил Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова в 2008 г. Специалист по противоаварийной автоматике ООО НПП «ЭКРА».



**Петров Алексей Александрович.**

Дата рождения: 30.06.1988 г. Магистрант II курса Электроэнергетического факультета Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова. Инженер ООО НПП «ЭКРА».

ки при перегрузке по мощности и току (АРПМ и АРПТ), фиксации отключения и включения линии (ФОЛ), автоматики управления линейным шунтирующим реактором (АУЛР).

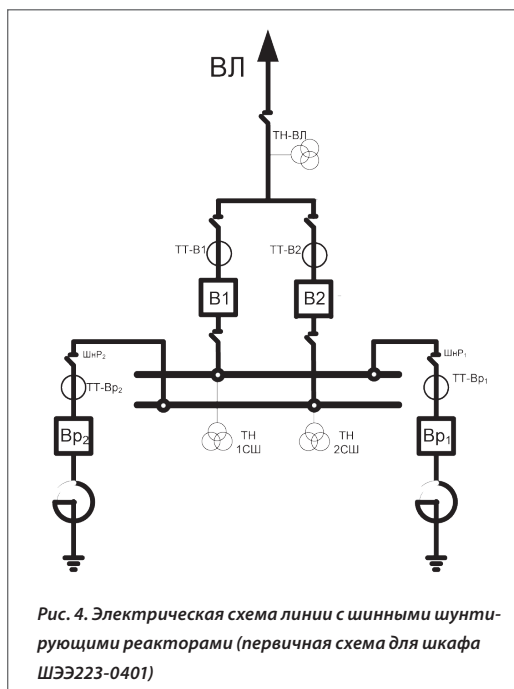
Шкаф линейной противоаварийной автоматики ШЭЭ223-0401 (для первичной схемы рис. 4) реализует в себе функции основного и резервного АЛАР (основной работает по принципу моделирования угла между напряжением своей стороны и противоположной стороны линии, в качестве резервного применяется токовый АЛАР), автоматики ограничения повышения напряжения (АОПН), устройства резервирования при отказе выключателя от действия АОПН (УРОВ АОПН), разгрузки при перегрузке по мощности и току (АРПМ и АРПТ),

ление реактором блокируются при получении команды о срабатывании релейной защиты реактора.

**Выводы:**

1) Изложенные принципы компенсации емкостного сопротивления линии позволяют повысить устойчивость межсистемных связей и линий сверхвысокого напряжения, а также предотвратить преждевременное старение изоляции оборудования.

2) Рассмотренные принципы управления шинными и линейными шунтирующими реакторами позволяют реализовать безопасное управление шунтирующими реакторами от действия функций противоаварийной автоматики.



*Рис. 4. Электрическая схема линии с шинными шунтирующими реакторами (первичная схема для шкафа ШЭЭ223-0401)*

фиксации отключения и включения линии (ФОЛ), автоматики управления шинными шунтирующими реакторами (АУШР).

Изложенные принципы управления шунтирующими реакторами реализованы на базе шкафов противоаварийной автоматики серии ШЭЭ22Х. Автоматика управления реактором обеспечивает включение и отключение выключателя реактора от действий противоаварийных функций своего конца линии, а также противоположного, получаемые от приемо-передатчиков. Действия на управ-

**Литература:**

1. Иофьев Б.И. Автоматическое аварийное управление мощностью энергосистем. М.: Энергия, 1974 г.
2. Инструкция по предотвращению развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части Единой энергетической системы России. М.: СО-ЦДУ ЕЭС, 2006 г.
3. Стернинсон Л.Д. Переходные процессы при регулировании частоты и мощности в энергосистемах. М.: Энергия, 1975 г.
4. Общие требования к системам противоаварийной и режимной автоматики, релейной защиты и автоматики, телеметрической информации, технологической связи в ЕЭС. Приложение к приказу ОАО РАО «ЕЭС России» от 11.02.2008 №57. М., 2008 г.
5. Беркович А.М. Основы автоматики энергосистем. – М. Энергоатомиздат, 1981 г.
6. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика энергосистем. Условия организации процесса. Условия создания объекта. Нормы и требования (СТО 59012820.29.240-008-2008). М.: СО ЕЭС, 2008 г.
7. Брянцев А., Брянцев М., Дягилева С., Карымов Р., Маклецова Е., Негрышев А. Высоковольтные реверсивные источники реактивной мощности на базе управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов, журнал Энергетика, №4, ноябрь 2010 г.
8. Долгополов А.Г. Особенности релейной защиты управляемых шунтирующих реакторов различных конструкций., Электрические станции, №4, 2009 г.
9. Руководство по эксплуатации на шкаф защиты шунтирующего реактора напряжением 330-750 кВ типа ШЭЭ2710 541. ЭКРА.6564453.046 РЭ