

# ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Последовательные конденсаторы применяются для более эффективного использования линий электропередач. Расширение объемов выработки электроэнергии, передачи и распределения, в дополнение к большим расстояниям и мощным электростанциям, привело к росту требований, предъявляемых к экономичности и надежности работы систем передач. Требование увеличения передачи активной мощности означает либо увеличение числа линий электропередач, либо компенсацию линий. Последовательная компенсация является экономичным методом улучшения производительности линий электропередач.

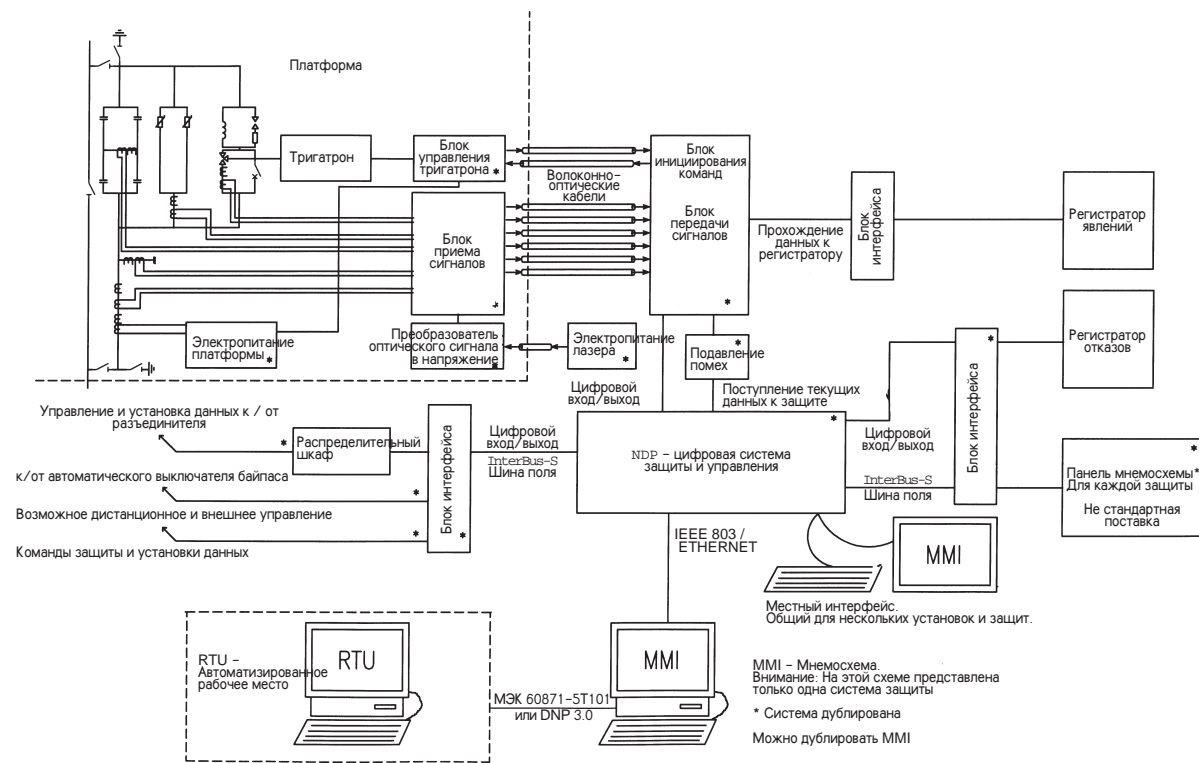


Рис. 7 Типовая блок-схема размещения устройств защиты и управления

## Конденсаторные блоки

Конденсаторные блоки представляют собой полностью пленочную конструкцию, с экологически безопасной пропитывающей жидкостью, способной к биологическому разложению. В целях экономии и для уменьшения размеров платформ применяются большие конденсаторные блоки.

Конденсаторные блоки оборудованы внутренними предохранителями благодаря их техническим и экономическим преимуществам.

## Демпфирующие цепи

В состав демпфирующей цепи входит воздушный сердечник и сухой реактор с параллельно включенным демпфирующим резистором. Последовательно с резистором подключен небольшой искровой разрядник, который включает резистор в цепь только во время разряда конденсаторной установки, таким образом снижая до минимума, потери при байпасе конденсаторной установки.

## Искровой разрядник

Искровой разрядник представляет собой быстродействующий стреляющий не самогасящий разрядник. В случае срабатывания реле защиты MOV- система защиты и управления запускает искровой разрядник при помощи светового сигнала, передаваемого по оптоволоконной колонне. Плазменная дуга триггера немедленно инициирует срабатывание искрового разрядника.

## ИССЛЕДОВАНИЯ

Фирма Nokia Capacitors может выполнять комплексные обследования с целью последующего проектирования последовательных конденсаторных установок, в том числе проводить изучение переходных процессов в системе, анализ неисправностей, сейсмические обследования, координацию защиты и другие необходимые исследования.

## ВЫПОЛНЕННЫЕ ПРОЕКТЫ

Nokia Capacitors выполняла поставки последовательных конденсаторов для энергосистем многих стран мира, например, для В.С. Hydro, Hydro Quebec для администрации Энергоснабжающей организации западного района провинции Квебек, Канада, г. Фурнас – Eletronorte, для Fingrid, для Норвежского государственного бюро электроэнергии, для министерства энергетики Вьетнама (Electricity of Vietnam).

## ДРУГАЯ ПРОДУКЦИЯ ФИРМЫ

Помимо последовательных конденсаторов Nokia Capacitors изготавливает также:

- Статические компенсаторы возмущений
- Реакторы с воздушным сердечником
- Шунтирующие конденсаторные установки
- Конденсаторные установки фильтров
- Конденсаторные блоки высокого напряжения
- Конденсаторные блоки низкого напряжения
- Системы управления и защиты для конденсаторных установок
- Регуляторы реактивной мощности
- Реле несимметричной нагрузки
- Фарадметры (на клипсе).



Последовательные конденсаторы:  
Увеличивают производительность линий электропередач

- Улучшают стабильность работы системы
- Снижают потери в системе
- Повышают качество напряжения сети
- Оптимизируют поток электроэнергии между параллельными линиями

Стоимость последовательной конденсаторной установки в среднем составляет 10% от стоимости расходов на новую линию электропередачи. При этом срок окупаемости инвестиций в серийную конденсаторную установку составляет всего лишь несколько лет.

## ОПЫТ ФИРМЫ NOKIAN CAPACITORS

Nokian Capacitors является одной из ведущих фирм-производителей высоковольтных и низковольтных конденсаторов, конденсаторных установок, реакторов с воздушным сердечником, а также систем защиты конденсаторных установок. Nokian Capacitors выпускает компенсационное оборудование с 1957 года. Завод фирмы находится в городе Тампере, Финляндия и представляет собой современные цеха, оснащенные современным автоматизированным оборудованием.

Nokian Capacitors экспортирует 85% своей продукции.

По производству последовательного компенсационного оборудования Nokian Capacitors является одним из ведущих производителей в мире. Фирма Nokian Capacitors была пионером в решении многих вопросов, связанных с использованием последовательной компенсации:

- Первая в мире статическая система управления и защиты, 1964 г.
- Первая в мире светуправляемая система передачи сигнала, 1964 г.
- Быстродействующий стреляющий разрядник, 1967 г.
- Первая в мире оптоволоконная система передачи сигнала, 1975 г.
- Первая в мире нелинейная резисторная схема защиты, 1075 г.

Основными современными схемами последовательных конденсаторов Nokian Capacitors являются:

- Схема MOV (схема с разрядником для защиты от перенапряжений)
- Лазерная система для передачи сигнала связи платформа-земля
- Цифровая централизованная система защиты и управления NDP+
- Все виды реле управления и защиты в постах управления
- Интегрированные системы дистанционного / местного управления и контроля
- Интегрированное программное обеспечение для связи SCADA
- Анализ конструкций для работы в сложных сейсмических условиях

## РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ СХЕМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Схемы последовательного подключения конденсаторов используются для компенсации индуктивности в линиях передачи электроэнергии. Последовательные конденсаторы позволяют увеличить пропускную способность и стабильность линий электропередач. Кроме того, последовательные конденсаторы применяются для разделения нагрузки между параллельными линиями.

В настоящее время используются следующие схемы последовательных конденсаторов:

- 1) Схема с одним разрядником
- 2) Схема MOV
- 3) Последовательные конденсаторы с тиристорным управлением (TCSC)

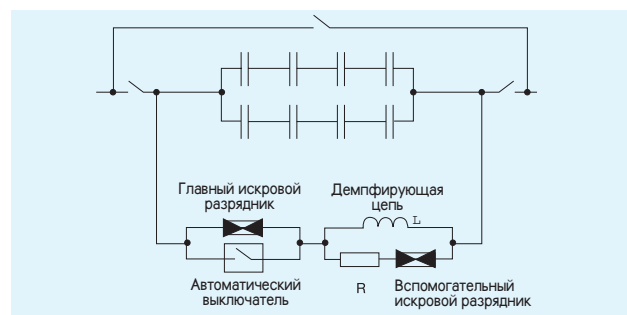


Рис.1 Однолинейная схема последовательной конденсаторной установки с защитой при помощи искрового разрядника

Схему с одним разрядником (Рис.1) можно назвать основной схемой с последовательной конденсаторной установкой. Она отличается простотой и применяется в основном только в тех случаях, когда предусмотрена только одна линия передачи. В тех случаях, когда имеются две или более параллельных линий, обычно применяется схема MOV (Рис.2).

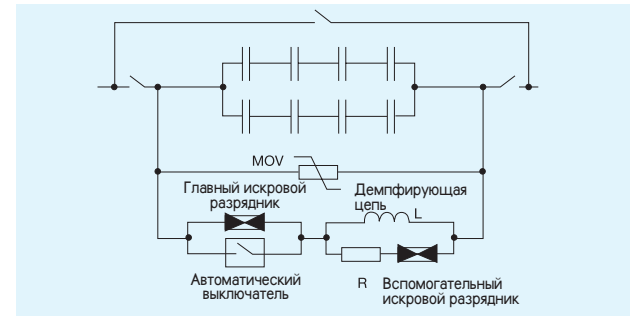


Рис.2 Однолинейная схема для последовательной конденсаторной установки с MOV-защитой.

В случае возникновения неисправности за пределами той секции линии, где расположена последовательная конденсаторная установка, MOV будет выполнять защиту конденсаторов, но конденсаторная установка не будет байпасирована. Это улучшит стабильность работы линии электропередачи.

Схема с тиристорным управлением может применяться для демпфирования колебаний на линии, если слабая сеть не гасит колебания, или гасит их недостаточно.

Nokian Capacitors выполняла поставки схем с одним разрядником и MOV-схем как в страны Европы, Северной и Южной Америки, так и Юго-Восточной Азии

По соглашению с фирмой Siemens Nokian Capacitors поставила последовательные конденсаторы с тиристорным управлением (Рис.3) в США для последовательной конденсаторной установки подстанции WAPA в г.Кайента

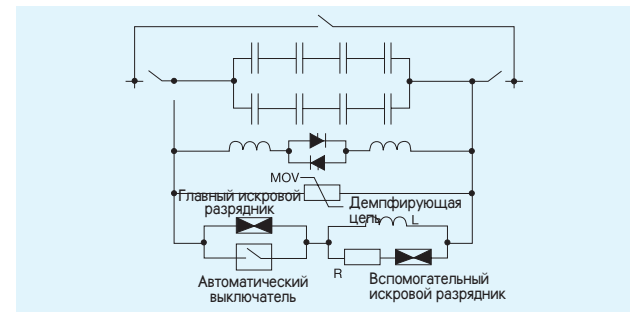


Рис.3 Однолинейная схема для последовательной конденсаторной установки с тиристорным управлением

## ОПИСАНИЕ РАЗЛИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВОК

### Схема расположения и механическая конструкция

#### Схема расположения

В зависимости от размеров конденсаторной установки каждая фаза имеет один или два участка. Оборудование конденсаторной установки монтируется на стальной платформе, опирающейся на колонки изоляторов, и крепится оттяжками гирлянд изоляторов, рассчитанных в соответствии с напряжением системы. Типовые схемы размещения конденсаторных установок представлены на рис. 4 и 5.

#### Механическая конструкция

Конденсаторная установка должна выдерживать усилие при КЗ, усилие ветра, обледенения, снегопада и землетрясения. Расчет этих механических усилий производится методом конечных элементов

Для случаев жестких сейсмических условий в проекте конденсаторной установки обязательно должно быть предусмотрено использование специальных пружинных амортизаторов в составе натяжных изоляторов. Естественная частота последовательных конденсаторных установок близка к частоте землетрясения. Естественная частота конденсаторной установки понижается с помощью соответствующих элементов пружинных амортизаторов, специально разработанных фирмой Nokian Capacitors для таких случаев применения.

### Система управления и защиты

Схема защиты и управления для последовательных конденсаторов рассчитывается как интегрированная система, в состав которой входят измерительные датчики, системы передачи сигнала, системы защиты, установленной на земле, и системы управления, в комплекте с интерфейсом человек-машина, а также соответствующими вспомогательными службами. Концепция проектирования систем защиты и управления заключается в обеспечении защиты конденсаторной установки и выполнении определенных требований по эксплуатации с учетом обеспечения высокой степени надежности и эксплуатационной готовности установки.

Система передачи сигнала образует неотъемлемую часть системы защиты и управления. Она обеспечивает связь между измерительными датчиками и излучателями сигнала, расположенными на платформе, с приемниками сигнала, расположенными в шкафах контроля и управления, установленными в центральном посту управления. В ее состав входят волоконно-оптическая сигнальная колонна и волоконно-оптические кабели, несущие сигналы от платформы до здания поста управления. На уровне платформы сигналы тока преобразуются в инфракрасные сигналы, передаваемые по сигнальной колонне и волоконно-оптическим кабелям к центральному посту управления, где они затем преобразуются в цифровую форму, приемлемую для системы управления и защиты. На рис.6 представлен типовой пример размещения шкафов управления и MMI - интерфейс человек-машина.

Функции защиты и управления полностью воплощены в виде функций программного обеспечения вычислительной системы на базе контроллеров, вмонтированных на шине VME. Программное обеспечение охватывает реле защиты, программируемые логические схемы управления, модули наблюдения и интерфейса пользователя.

Обычно функции защиты сводятся к защите конденсаторов от несбалансированной нагрузки, к защите конденсаторов от перегрузки, защите конденсаторов от длительного перенапряжения, защите от КЗ на платформу, защите от длительного искрового промежутка, MOV-защите от накопления энергии одного выброса, MOV-защите от накопленной энергии, MOV-защите от скорости нарастания энергии, MOV-защите от перегрузок по току, MOV-защите от КЗ, и защите от субгармоник.



Рис.6. Типовое размещение шкафов контроля и управления, и интерфейс человек-машина в здании поста управления.

Для дистанционного управления последовательными конденсаторными установками, на основании протокола МЭК 60870-5-101, система защиты и управления оснащена устройствами дистанционного управления.

Комплексная система управления и защиты дублирована для обеспечения резерва всех защитных функций.

Особое внимание в конструкции уделено вопросу сведения к минимуму объема технического обслуживания оборудования, для чего обеспечена работа последовательной конденсаторной установки в «необслуживаемом» режиме. Другой важной особенностью конструкции является обеспечение упрощения работ по техобслуживанию и определению неисправностей.

На рис.7 представлена типовая схема защиты и управления последовательной конденсаторной установкой.



Рис.4. Один из секторов последовательной конденсаторной установки 301 МВАр, 400кВ, 50Гц подстанции в г.Кеминмаа, Финляндия



Рис.5. Последовательная конденсаторная установка 105,9 МВАр, 400 кВ, 50Гц подстанции в г. Ууснивала, Финляндия.