



II Международная научно-практическая конференция
«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Аппаратные решения способов подключения батарей статических конденсаторов в электрических сетях высокого напряжения

Хайченко И.А., li740@yandex.ru

16-18 сентября 2020 г
Воронеж, Россия





«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Аппаратные решения способов подключения батарей статических конденсаторов в электрических сетях высокого напряжения

В настоящее время электросетевой комплекс является основой экономического развития и благополучия нашей страны. Развитие крупных городов, мощных промышленных предприятий, увеличение плотности электрических нагрузок ставят перед электросетевыми компаниями новую задачу надежного и эффективного транспорта и распределения электроэнергии. Сети энергоснабжения этих объектов составляют львиную долю всех распределительных сетей (за исключением 0,4 кВ) и являются наиболее приближенными к непосредственным потребителям. Но вопросам интеллектуализации распределительных электрических сетей среднего напряжения (6-35 кВ), уделяется сейчас недостаточное внимания. Однако вопросам интеллектуализации распределительных электрических сетей этого сегмента, уделяется сейчас недостаточное внимания, потребности в высокотехнологичном оборудовании далеко не закрыты. Это касается и широкого использования современных автоматических установок компенсации реактивной мощности. Данные устройства востребованы и могут значительно повысить уровень энергетической эффективности работы распределительных электрических сетей.



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Вопросы компенсации РМ в высоковольтных сетях

Одна из актуальных проблем распределительных высоковольтных сетей 6/10-110 кВ заключается в эффективных аппаратных решениях компенсации реактивной мощности (РМ).

Анализ эффективности предложенных решений был проведен на примере распределительных сетей «Воронежская горэлектросеть» (ГЭС). Она является крупнейшей территориальной сетевой организацией г. Воронежа, занимая около 70% розничного рынка электрической энергии и мощности, имеет сложную техническую инфраструктуру и обслуживает более 9 500 потребителей электроэнергии. Для формирования базы данных, из системы АСКУЭ МУП «Воронежская горэлектросеть» взяты два периода: апрель – июнь 2014-2018 г.г. и декабрь 2014-2018 г.г. Всего по каждому фидеру восьмидесяти трех основных РП были рассмотрены 3 месяца измерений в весенне-летний период времени и один месяц измерений в зимний период (за год).

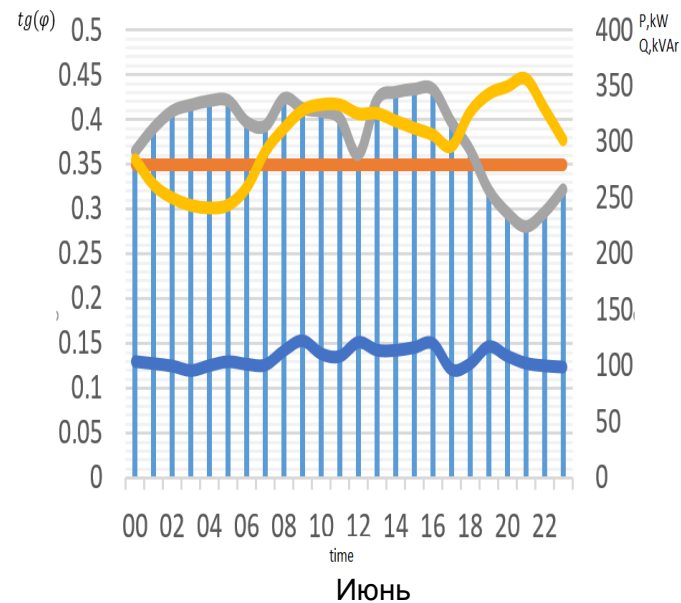
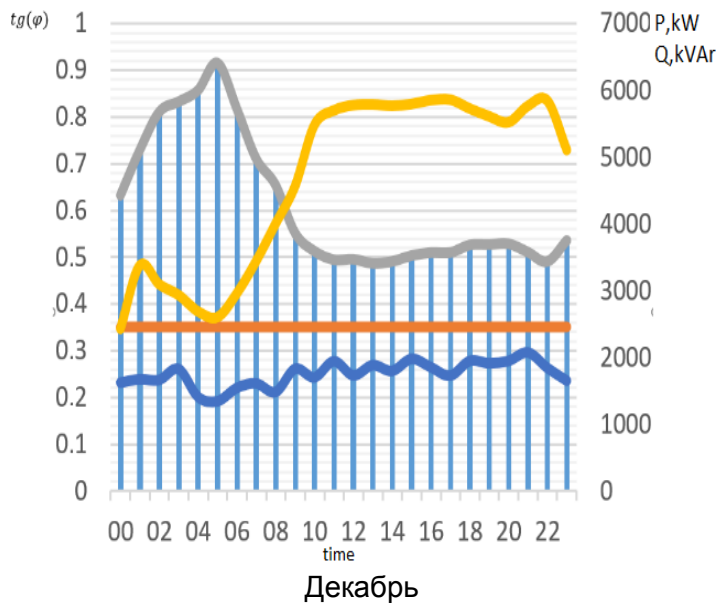
На основании анализа полученной базы данных системных замеров, были проведены расчеты и построения в формате Microsoft Excel суточных графиков колебаний значения коэффициента реактивной мощности на РП, определены необходимые, для нормируемого уровня компенсации, величины требуемой РМ, дискретность регулирования, наиболее эффективные места установки устройств компенсации.



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

На графиках приведены суточные колебания: активной мощности (желтая кривая), реактивной мощности (синяя кривая), текущего коэффициента мощности ($\text{tg } \varphi$ сиреневая кривая) и нормируемый коэффициент мощности ($\text{tg } \varphi = 0,35$ оранжевая прямая).

Аппаратные решения способов подключения батарей статических конденсаторов в электрических сетях высокого напряжения



Суточные графики коэффициента мощности, активной и реактивной мощности РП ГЭС



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Современные технологии компенсации РМ



В настоящее время, вопросы компенсации РМ в распределительных сетях аппаратно решаются с помощью СК и БСК. Но, СК не всегда успешно совмещают свои основные функции электропривода и выработки РМ, имеют недостаточную надежность и большие удельные масса-габаритные показатели. Схемы УШР (TCR) и подключаемых тиристорными ключами, батарей силовых конденсаторов (БСК - TSC) имеют различные вариации (SVC - Static VAR Compensator), хорошие регулировочные характеристики, но большую стоимость в связи с использованием полупроводниковых ключей. Также отметим, что фазоимпульсный способ регулирования тока в реакторе, генерирует в сеть гармоники. Это заставляет реализовывать систему фильтров, предусматривая дополнительные проблемы, связанные с возникновением высших гармонических и возможного резонанса, из-за наличия емкостей в установке SVC.



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Современные статические устройства компенсации РМ

Аппаратные решения способов подключения батарей статических конденсаторов в электрических сетях высокого напряжения

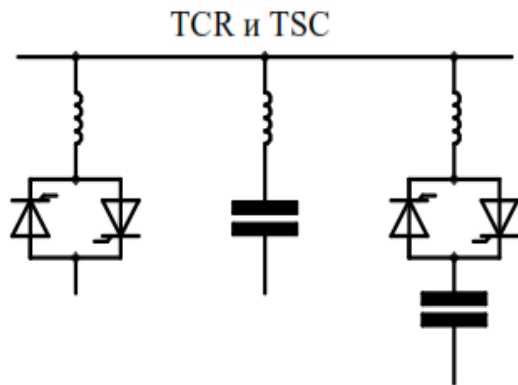


Схема SVC компенсаторов РМ

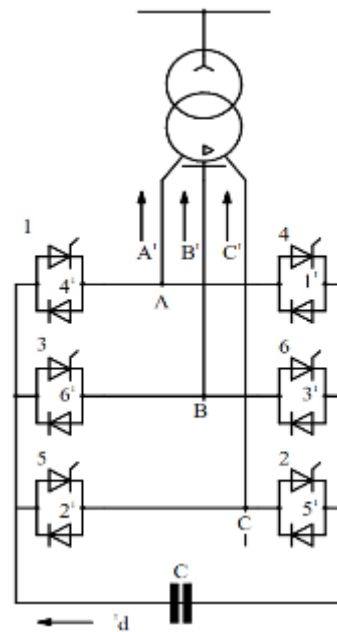


Схема STATCOM



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Гибридный способ коммутации БСК

Проведенный анализ существующих аппаратных решений для распределительных сетей (6-110 кВ), предполагает считать, по критерию «цена-качество», наиболее приемлемыми, использование установок компенсации РМ на основе гибридного способа коммутации БСК с сетью. Он заключается в использовании полупроводниковых силовых ключей, шунтируемых контактором.

Применяя гибридный способ коммутации конденсаторной батареи, можно значительно снизить требования и к самим силовым ключам по току. Благодаря тому, что полупроводниковый прибор (тиристор, симистор, диод), кратковременно может работать в режиме перегрузки, есть возможность снизить значение установленной мощности(стоимости) силовых ключей в 2-10 раз.

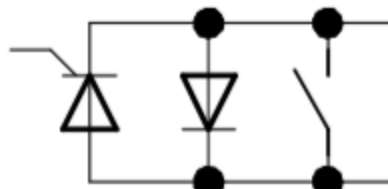
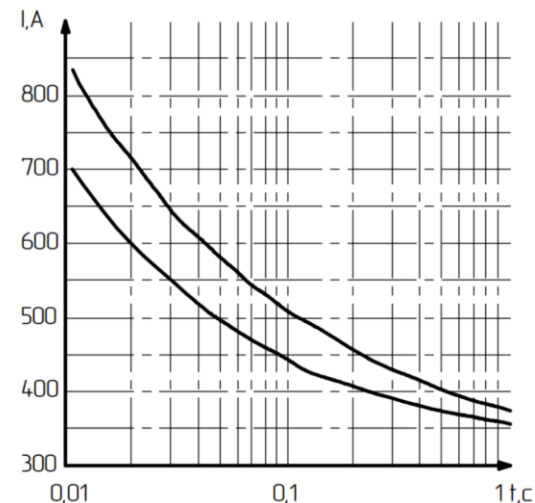
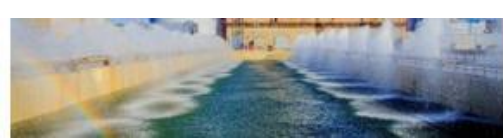


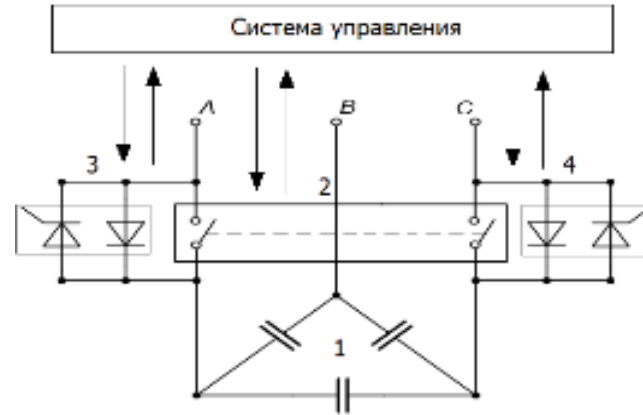
Схема шунтирования полупроводниковых ключей



Перегрузочные характеристики силового тиристора



«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»



Силовые ключи 3,4 выполняют функцию первоначального подключения БСК к сети в наиболее благоприятный момент времени. Далее подается соответствующий сигнал от системы управления СУ на контактор 2 и он шунтирует ключи 3,4, с них снимаются управляющие сигналы. Этот рабочий, долговременный режим ТКУ сохраняется до момента отключения БСК. Тогда подается соответствующий сигнал на включение силовых ключей 3,4, и с небольшой задержкой – сигнал на отключение привода контактора 2. Его отключение происходит, по сути, в обесточенном режиме. Далее поступает сигнал от СУ на гарантированное отключение батареи в течении доли полупериода питающего напряжения. Таким образом, механические ключи 2 работают в крайне облегченном, с точки зрения загрузки, режиме. Поэтому качестве контактора 2 могут использоваться и высоковольтные выключатели (вакуумные) и даже разъединители с быстродействующим электромагнитным приводом.

Аппаратные решения способов подключения батарей статических конденсаторов в электрических сетях высокого напряжения

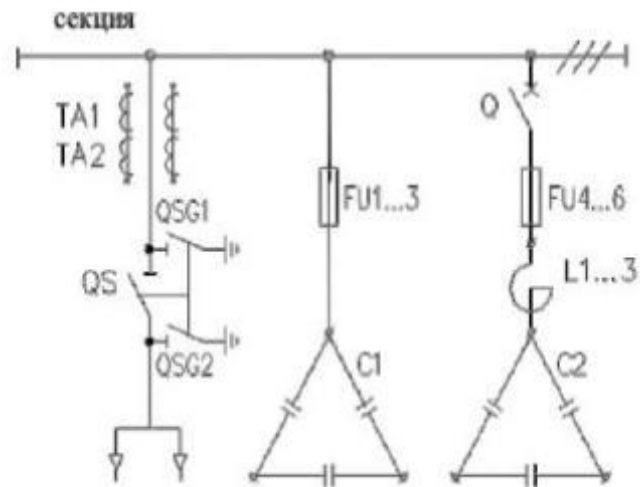


«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Аппаратная реализация гибридной установки БСК

Этот способ может быть легко реализован на типовых установках в место секции с высоковольтными выключателями устанавливаются тиристорные ключи с су. Как правило, подобную структуру и параметры имеют контакторные УКРМ. Например, двух секционная БСК с 4 ступенями мощностей (100 и 200 кВАр) была установлена на одном из РП10 кВ вышерассмотренной ГЭС Воронежа.

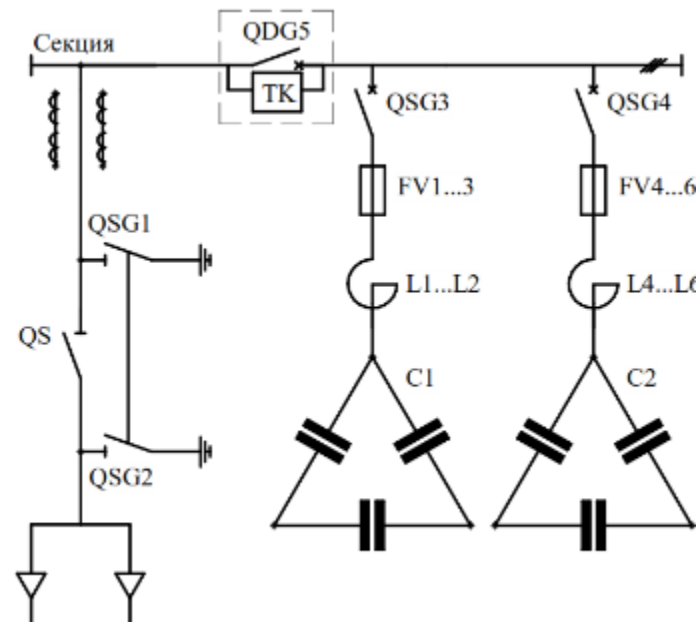
Установка содержит: два вакуумных контактора типа КВТ-10-6,3/630D-3 УЗ, 2 конденсатора КЭП1-6,3-ЗУЗ; 6 предохранителей ПКТ 1СО-VK-6/7,2-31,5-50 УЗ; 6 реакторов RMV-360-60-250; 2 трансформатора тока ТОЛ-10-1-2-0,5/10P-50/5 У2; 4 разъединитель РВЗ-10/400 и СУ.





«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Для реализации на основе такой установки принципа гибридной ТКУ, необходимы минимальные изменения силовой части (убрать два вакуумных контактора и добавить один разъединитель QSG5 и силовой трехфазный ключ ТК) и произвести соответствующее перепрограммирование микропроцессорного регулятора СУ. Учитывая стоимость двух высоковольтных контакторов (87000 руб.), разъединителей (14000руб.) и трехфазного ключа ТК (на основе либо отечественных тиристоров Т471-200 и диодов Д371-250, либо фирмы ABB тиристоры серии 5STP, а диоды 5SDA) - ориентировочно в 32000 руб., можно в первом приближении, оценить снижение затрат при модернизации УКРМ в 476000 руб. в течении ее срока эксплуатации. При этом можно обеспечить требуемый диапазон и точность регулирования РМ, снизить потери ЭЭ в сети, обеспечить нормируемый уровень напряжения в узле нагрузки, повысить надежность и параметры наработки на отказ УКРМ.





«Альтернативная и интеллектуальная энергетика»

Выводы

- В связи с ростом технологических потерь в распределительных электрических сетях напряжения 6-110 кВ, необходимо более широкое применение современных энергосберегающих технологий в рамках концепции SmartGrid.
- Анализ графиков нагрузки типовой городской электросети показывает возможность существенного снижения потерь электроэнергии за счет автоматической компенсации реактивной мощности на шинах 10 кВ распределительных пунктов ГЭС.
- Существующие средства компенсации реактивной мощности имеют недостаточный ресурс работы коммутационной аппаратуры, что не позволяет им обеспечить требуемый, по критерию минимума потерь электроэнергии, коэффициент мощности сети.
- Показано эффективное аппаратное решение в направлении подключения батарей статических конденсаторов к высоковольтной сети на основе тиристорных ключей.
- Предлагаемое использование гибридных тиристорных конденсаторных установок в городских электрических сетях 6-10 кВ позволит, при меньших затратах, обеспечить требуемый диапазон, точность регулирования реактивной мощности и нормируемый уровень напряжения в узлах нагрузки, снизить потери электроэнергии в сети, повысить надежность и ресурс работы силового оборудования.



Спасибо за внимание