

УДК 621.316.016.25

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ С КОМПЕНСАЦИЕЙ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Мохов Е.В., магистрант гр. ЭПмз-211, II курс
Научный руководитель: Беляевский Р.В., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения угольных предприятий на сегодняшний день пока является достаточно редким явлением. Вместе с тем, в данных электрических сетях подключено большое количество электроприемников, которые являются как потребителями, так и источниками реактивной мощности. Кроме того, многие из них имеют резкопеременный характер нагрузки, что также негативно сказывается на режиме потребления реактивной мощности и работе системы электроснабжения в целом.

Более того, на протяжении большого количества времени компенсация реактивной мощности в угольных шахтах производилась исключительно на главной понизительной подстанции (ГПП), ввиду того, что компенсирующие устройства не могли быть установлены непосредственно в лаве из-за отсутствия средств взрывозащиты. Однако эффективность такого способа компенсации реактивной мощности оказывалась крайне низкой, поскольку централизованная, по своей сути, компенсация давала эффект лишь в уменьшении потерь реактивной мощности в трансформаторах ГПП (при установке компенсирующих устройств на стороне низкого напряжения), либо вообще разгрузила лишь сети электросетевой компании (при установке компенсирующих устройств на стороне высокого напряжения).

Однако сегодня производители оборудования предлагают новые типы компенсирующих устройств, которые выполнены полностью во взрывобезопасном исполнении. Это открывает перспективы для реализации как группового, так и индивидуального способа компенсации реактивной мощности. Очевидно, в этих условиях разгрузка шахтных сетей от реактивной мощности будет максимальна. В то же время выбор типа и мест размещения компенсирующих устройств подлежит оптимизации, т.к. данный процесс влияет на уровень разгрузки сетей, величину потерь электроэнергии, напряжения в узловых точках, а также на технико-экономические показатели шахты.

Для оценки эффективности применения компенсирующих устройств в системе электроснабжения угольной шахты была построена имитационная модель, которая полностью соответствует параметрам рассматриваемой сети, и построена на их основе, а также результатах произведенных замеров. Тем самым данная модель выступает как цифровой двойник рассматриваемой сети.

Разработка модели осуществлялась в среде MATLAB Simulink с использованием пакета SimPowerSystem.

Внешняя питающая сеть 6 кВ представлена в виде трехфазного источника напряжения. Для моделирования использовались значения номинальной частоты, напряжения, а также расчетные сопротивления (рис 1).

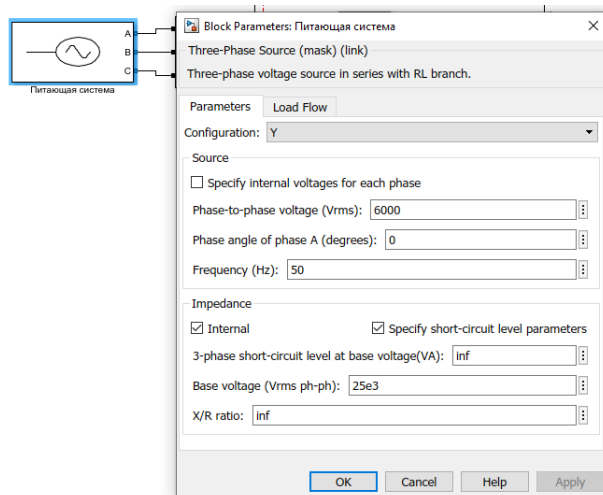


Рис. 1. Модель внешней питающей сети 6 кВ

На ГПП установлен двухобмоточный трансформатор 6/6,3 кВ. Моделирование данного сетевого элемента осуществляется на основании параметров обмоток, номинального напряжения, а также расчетных сопротивлений (рис. 2).

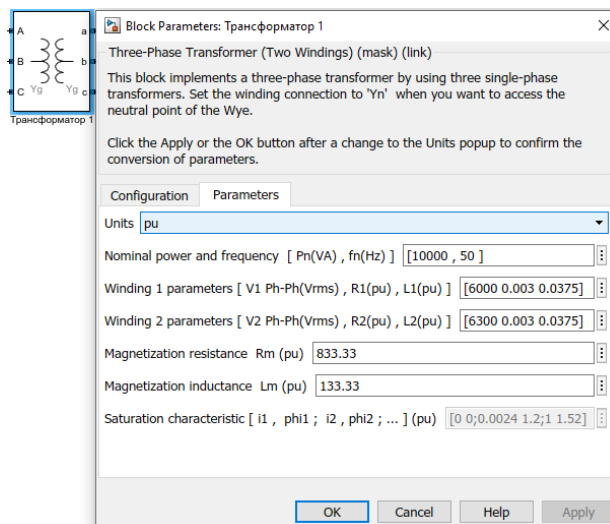


Рис. 2. Модель силового трансформатора ГПП

В качестве коммутационных аппаратов используются выключатели, которые также смоделированы на основе переходных и иных расчетных сопротивлений, как активных, так и реактивных (рис. 3).

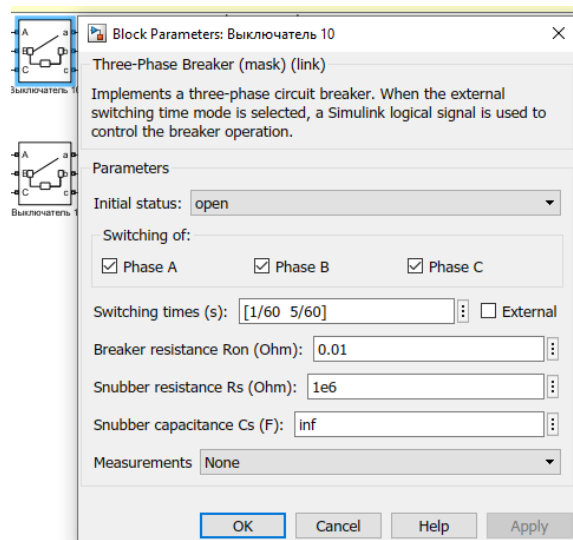


Рис. 3. Модель трехфазного выключателя

Для моделирования кабельной сети использовались ее основные параметры, включая длину, удельные активное и реактивное сопротивления. Также полностью моделируется характер нагрузки, передаваемой по линии (рис. 4).

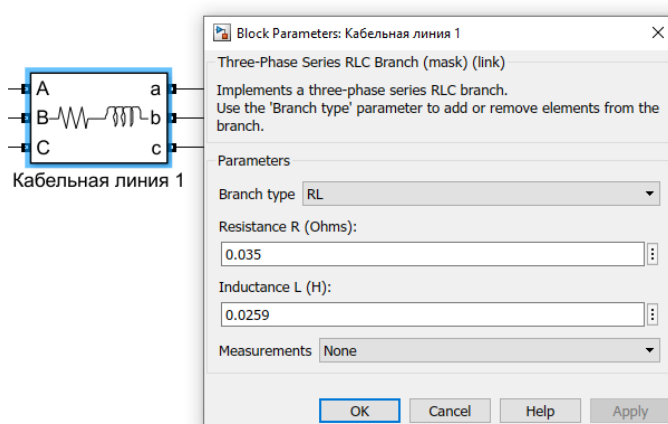


Рис. 4. Модель линии электропередачи

Компенсирующее устройство представляется в виде RLC-цепи на основе выдаваемой и потребляемой мощностей. Тем самым определяется тип компенсирующего устройства. Кроме того, важную роль играют номинальное напряжение и частота, а также удельные потери активной мощности на генерацию реактивной (рис. 5).

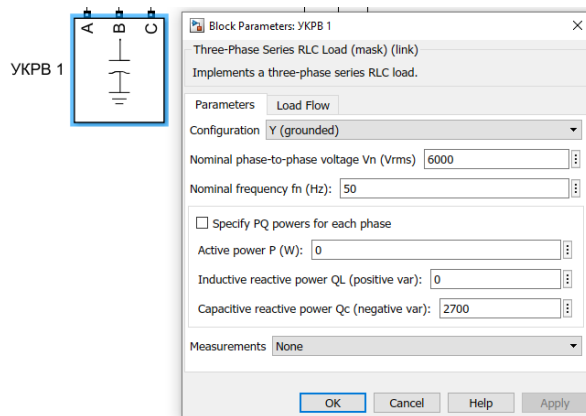


Рис. 5. Модель компенсирующего устройства

Для фиксации перетоков активной и реактивной мощностей, а также напряжений и токов в узлах сети в имитационную модель сети был включен измерительный блок, что позволило оценить результаты подключения компенсирующих устройств в соответствующих узлах.

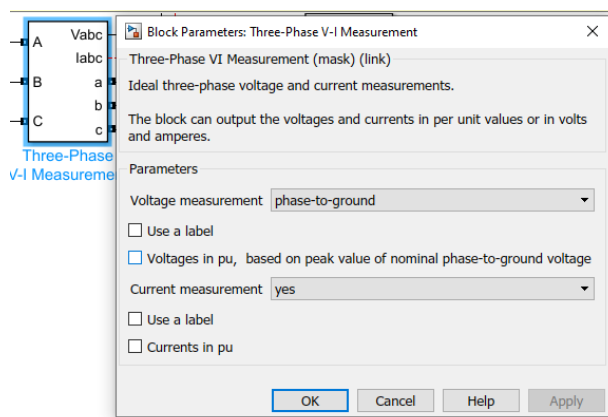


Рис. 6. Схема измерительного блока

Полученный в результате моделирования цифровой двойник электрической сети позволяет эффективно определять перетоки активной и реактивной мощности, а также соответствующим образом конфигурировать установку компенсирующих устройств. При этом в динамике можно фиксировать изменение токов и напряжений в узлах сети, контролировать значение коэффициента реактивной мощности $\text{tg}\varphi$. При этом модель полностью описывает реальную схему электроснабжения шахты.

Разработанная имитационная модель приведена на рис. 7. В настоящее время подключение компенсирующих устройств производится в ручном режиме без применения каких-либо специальных способов оптимизации. Однако следующим этапом работы должен стать выбор соответствующего метода оптимизации и математическая формализация задачи. Тем не менее, главное, что модель доказала свою работоспособность. Получаемые значения перетоков активной и реактивной мощности с учетом моделирования рассмотренных выше

блоков не превышают погрешность в 10%, что говорит об удовлетворительной точности.

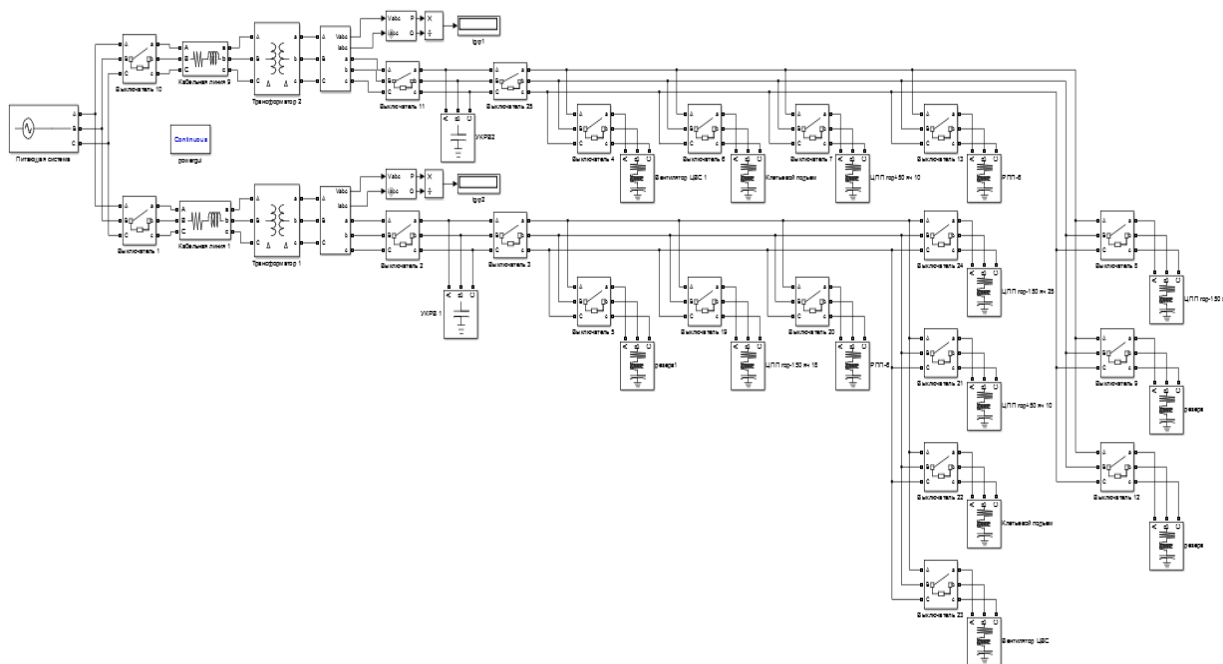


Рис. 7. Модель электрической схемы РП 6 кВ (Ввод с ПС Чертинская)

Оптимизацию процесса компенсации реактивной мощности в рассматриваемой электрической сети планируется провести на основе нормируемых коэффициентов реактивной мощности, определенных Порядком расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности (утвержден приказом Министерства промышленности и энергетики России от 23.06.2015 № 380) для сетей с напряжением 6–20 кВ нормируемого значения равного.

Список литературы:

1. Беляевский, Р.В. Повышение энергоэффективности территориальных сетевых организаций при оптимизации потребления реактивной мощности: дис... канд. техн. наук: 05.09.03: защищена 26.11.2015 / Р.В. Беляевский. – Кемерово, 2015. – 132 с.
2. Костин, В.Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики / В.Н. Костин. – СПб: СЗТУ, 2003. – 120 с.
3. Долингер, С.Ю. Основные подходы реализации системы управления устройствами FACTS с учетом оптимизации режима электрической системы / С.Ю. Долингер, А.Г. Лютаревич, Т.В. Панкрац, В.А. Жданова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований № 11, 2016 [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://applied-research.ru/pdf/2016/11-2/10465.pdf>.